Dr. Mel C. Siff

Dr. Yuri Verkhoshansky

Super entrenamiento

2ª Edición

EDITORIAL PAIDOTRIBO

colección deporte & entrenamiento

Urheberrechtlich geschütztes Material

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del *copyright*, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción parcial o total de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamos públicos.

Título original: Supertraining

Traducción: Pedro Gonzalez del Campo

Director de colección y revisor: Manuel Pombo Fernández

© 2004, Mel C. Siff
Yuri Verkhoshansky
Editorial Paidotribo
C/ Consejo de Ciento, 245 bis, 1° 1ª
08011 Barcelona
Tel.: 93 323 33 11 - Fax: 93 453 50 33
http://www.paidotribo.com
E-mail: paidotribo@paidotribo.com

Segunda edición
ISBN: 84-8019-465-0
Fotocomposición: Laser Punt s.a.
Impreso en España por: A & M Gráfic s.a.

Urheberrechtlich geschütztes Material

Sistema muscular 52
Estructura del músculo 52
Un modelo de sistema muscular 55
Implicaciones del modelo muscular para la flexibilidad 66
Relación entre estabilidad y movilidad 66
Clasificación de las acciones musculares 67
Cocontracción balística 69
Tipos de acción muscular 70
Naturaleza trifásica de la acción muscular 73
Tipos de fibra muscular 75
Mecanismo del crecimiento muscular 83
Aspectos neurofisiológicos del ejercicio 88
Bioenergética y los sistemas de energía 94
Sistemas de energía y tipos de actividad 94
Mecanismos energéticos 97
El sistema de energía a corto plazo 98
El sistema de energía intermedio 98
El sistema de energía a largo plazo 101
Implicaciones del acondicionamiento físico 102
Los factores hormonales y el entrenamiento de la fuerza 104
La adaptación y el efecto del entrenamiento 104
El efecto del estrés 105
El Síndrome de la adaptación general 105
Bioquímica de la adaptación en el deporte 108
Teorías generales sobre el proceso de entrenamiento 111
Un modelo de forma física 114

CAPÍTULO 2. ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA ESPECIAL PARA ALCANZAR LA MAESTRÍA DEPORTIVA, 119
Entrenamiento de la fuerza especial 119

Urheberrechtlich geschütztes Material

Programas para perfeccionar los movimientos 122
Aumento del resultado del trabajo de los movimientos 123
Perfeccionamiento de la estructura motriz de los movimientos deportivos 126
Perfeccionamiento de la estructura biodinámica de los movimientos 133
Especialización para el desarrollo de la maestría deportiva 135
Formas específicas de producir fuerza muscular 136
La topografía funcional del sistema muscular 138
Especialización motora para el desarrollo de la maestría deportiva 140
Características de la forma física 144
La estructura de la forma física 144
Interrelación entre las capacidades motrices 146
Estructura de las capacidades motrices 149
Conceptos generales de la estructura de la forma física 150

CAPÍTULO 3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN DE LA FUERZA, 155
Regímenes de trabajo muscular 156
Características cualitativas de la fuerza 160
Fuerza explosiva 161
Fuerza-resistencia 175
Influencia de las condiciones externas sobre la fuerza 178
La influencia del estado de los músculos antes del trabajo 178
El efecto de la carga sobre la velocidad de contracción de los músculos 181
Efecto de la fuerza sobre la velocidad de contracción muscular 183
Relación entre la fuerza y las palancas articulares 187
Variación de la fuerza con el cambio en las palancas articulares 187
La fuerza y su dependencia de la masa muscular 192
Relación entre la fuerza y la altura 197
Relación entre la fuerza y la edad 197
Relación entre la fuerza y el sexo 198
Incremento de la fuerza en el tiempo 199

Urheberrechtlich geschütztes Material

Factores que aumentan el rendimiento de la fuerza 201
El calentamiento 201
El efecto retardado de la actividad muscular 202
Movimiento adicional 205
Movimiento preparatorio 207
Coordinación del trabajo muscular 207
Eficacia del consumo de energía 208
La emoción y otros factores psicológicos 211
Efecto de la aplicación de frío 212
Respiración y producción de fuerza 213
Desarrollo de la fuerza y la propiocepción 214
Flexibilidad y rendimiento deportivo 215
Definición de flexibilidad 216
Los efectos del estiramiento 218
El componente neuromuscular de la flexibilidad 219
Componentes de la flexibilidad articular 222
Parámetros de la flexibilidad 223
La biomecánica y la flexibilidad de los tejidos blandos 224
Técnicas de estiramiento 227
Flexibilidad baja frente a tensión muscular afuncional 232
El sistema matricial de estiramientos 233
El sistema matricial de movimiento 237

CAPÍTULO 4. MEDIOS PARA EL ENTRENAMIENTO ESPECIAL DE LA FUERZA, 247
El problema de los medios de entrenamiento 248
Características del incremento de la fuerza 248
Efecto de los medios de entrenamiento especiales 251
Estimulación neuromuscular para el desarrollo de la fuerza 255
Efectos fisiologicos de la electroestimulación 257
Entrenamiento de fuerza y resistencia 267

Urheberrechtlich geschütztes Material

La energía cinética y los procesos de la fuerza 271
Entrenamiento isométrico 275
Entrenamiento excéntrico 282
Medios isocinéticos para el entrenamiento 283
Empleo de máquinas en el entrenamiento 291
La eficacia del entrenamiento con máquinas 295
El concepto de entrenamiento simétrico 295
El concepto de aislamiento muscular 297
La correspondencia dinámica como un medio de entrenamiento de la fuerza 298
La amplitud y dirección del movimiento 299
La zona donde se acentúa la producción de fuerza 302
La dinámica del esfuerzo 302
El ritmo y la duración de la producción de fuerza máxima 303
El régimen de trabajo muscular 305
Correspondencia entre los medios de entrenamiento y los movimientos deportivos 306
El entrenamiento de la fuerza y la resistencia general 307

CAPÍTULO 5. MÉTODOS PARA EL ENTRENAMIENTO ESPECIAL DE LA FUERZA, 315
El problema de los métodos 315
Principios generales del entrenamiento especial de la fuerza 319
Desarrollo de la fuerza máxima 320
Ejercicios de resistencia progresiva y autorregulada 324
Desarrollo de la fuerza velocidad 328
Desarrollo de la fuerza explosiva y la capacidad reactiva 332
Desarrollo de la fuerza resistencia 354
Aplicación de los medios para el entrenamiento especial de la fuerza 357
Interacción entre los distintos medios de entrenamiento 361
Sistema secuencial de los medios de entrenamiento 363
El sistema de secuencias conjugadas de los medios de entrenamiento 364
Objetivos principales de la organización especial del entrenamiento de la fuerza 366

Urheberrechtlich geschütztes Material

Convergencia de los efectos parciales de los medios de entrenamiento de la fuerza 367
Aceleración de la adaptación específica 369
Correspondencia específica del efecto de entrenamiento 369
Mantenimiento del efecto de entrenamiento de la fuerza 370
Cross training como variación del acondicionamiento 371
Entrenamiento en circuito 374

CAPÍTULO 6. PROGRAMACIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL ENTRENAMIENTO , 391
Desarrollo de la organización del entrenamiento 391
La periodización como forma de organización 394
Periodos preparatorias del entrenamiento 396
Tipos de periodización 399
Cálculo de los parámetros de periodización 400
Relación entre intensidad y volumen 405
El entrenamiento como problema de dirección 406
Requisitos previos para organizar el entrenamiento 408
Clasificación de los deportes 410
Características del proceso de entrenamiento 412
Adaptación al trabajo muscular intenso 412
Especialización funcional y estructural en el entrenamiento 417
La estructura de la preparación física especial 419
La preparación y la carga de entrenamiento 420
La carga de entrenamiento y su efecto 420
Factores que determinan el efecto de entrenamiento 423
Los contenidos de la carga 424
La organización de las cargas de entrenamiento 429
El efecto retardado en el entrenamiento a largo plazo 434
Dinámica del entrenamiento en el ciclo anual 439
Principios de la programación y organización del entrenamiento 441
Formas de construir el entrenamiento 441

Urheberrechtlich geschütztes Material

Aspectos organizativos de la estructuración del entrenamiento 442
Objetivos primarios de la organización del entrenamiento 454
Modelos para estructurar el entrenamiento anual 455
Modelo para deportes que requieren fuerza explosiva 459
Modelo para los deportes de resistencia de duración media 460
Modelo para los deportes de larga duración 462
Modelo para los deportes que requieren una periodización tricíclica 463
Principios prácticos de la programación 465
Secuencia para la programación del entrenamiento anual 467
Dirección del proceso de entrenamiento 469
El futuro de la programación del entrenamiento 470

CAPÍTULO 7. MÉTODOS PARA EL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA, 473
Métodos para el entrenamiento de resistencia 476
La FNP como sistema de entrenamiento 487
Definición y alcance de la FNP 488
Relación entre la FNP y el acondicionamiento físico 489
Fundamentos de la FNP 489
Modificaciones de la FNP 493
Acondicionamiento neuromuscular funcional 494
Entrenamiento muscular 495
Resumen de los movimientos articulares 495
Examen de algunas acciones articulares 497
Empleo del compendio para el entrenamiento de la fuerza 498

CAPÍTULO 8. DISEÑO DE PROGRAMAS PARA MEJORAR LA FUERZA ESPECÍFICA DE LOS DEPORTES, 501
Consideraciones preliminares 502
Análisis de las necesidades y modelación de los deportes 503
El programa de entrenamiento 508

Urheberrechtlich geschütztes Material

Ejercicios de resistencia típicos 510

Clasificación de los ejercicios para el entrenamiento deportivo 513

Principios de la clasificación de los ejercicios 513

Clasificación de los ejercicios de halterofilia 514

Sobreentrenamiento 521

Recuperación y tratamiento del esfuerzo 523

Empleo de pruebas 530

Ratios de fuerza muscular 533

Principios de la seguridad en el entrenamiento de la fuerza 533

Prevención de lesiones mediante el entrenamiento dedicado a las condiciones imperfectas 535

Seguridad e indumentaria en el entrenamiento 536

Seguridad y entrenamiento con máquinas 540

Protección ejercida por los músculos 543

De camino hacia el futuro 545

Aplicación de nuevos métodos 550

Avances en los métodos de trato con los deportistas 554

Bibliografía 555

Urheberrechtlich geschütztes Material

Prefacio

Los grandes progresos originados en el deporte en las últimas décadas son un importante tributo a la aplicación práctica de la ciencia del ejercicio y del entrenamiento sistemático. De acuerdo con el lema olímpico, el ser humano en la actualidad es más fuerte y más rápido. Los récords son regularmente superados y el empeño en la exploración de los límites del potencial humano continúa vigente.

UN MODELO ESTE-OESTE DE PLANIFICACIÓN DEPORTIVA

Sin lugar a dudas los éxitos más recientes e importantes en la superación de estos límites en el rendimiento son atribuidos a la antigua Unión Soviética, que desarrolló el conocido sistema de planificación deportiva. La eficiencia al integrar su investigación y su experiencia se refleja claramente en el número de medallas y victorias que este país ha logrado durante varias décadas en numerosos deportes en Campeonatos del Mundo y Juegos Olímpicos. No muchos años después de que la ex-URSS compartiera este modelo de planificación deportiva junto con sus entrenadores como parte del continuo intercambio cultural con países del «Bloque del Este» como Alemania Oriental, Polonia, Rumania, Hungría y Bulgaria, así como con Cuba, Corea del Norte y China, los atletas de estas naciones empezaron a rivalizar y a vencer a sus homólogos occidentales. La introducción en China del sistema del deporte escolar, los métodos de selección de deportistas, los esquemas de periodización individualizados y los regímenes de recuperación específicos ha sido fundamental en la producción de superestrellas chinas que están empezando a dominar en varios deportes hoy en día.

Un componente vital de este modelo ruso fue la utilización de un entrenamiento de fuerza especial como complemento del entrenamiento técnico en cualquier deporte. Los pocos conceptos innovadores y métodos de entrenamiento como la periodización, el modelo deportivo y la pliometría que fueron filtrados a occidente se adoptaron rápidamente, revolucionando el entrenamiento en muchas especialidades deportivas. Sin embargo, la amplia familiarización internacional con otros métodos de fuerza especializados no ha sido todavía desarrollada. Este libro ha sido escrito con el propósito de divulgar muchas de estas técnicas de acondicionamiento de la fuerza especial para los científicos del ejerci-

Urheberrechtlich geschütztes Material

cio, entrenadores, profesionales de la medicina del deporte en países que no han sido expuestos a los conceptos y métodos más importantes del entrenamiento ruso. Este libro no se confina a unos métodos puramente rusos, porque existe un cuerpo de investigación y de experiencia occidental igualmente valioso que se complementa admirablemente y extiende el modelo ruso. Así pues, el texto resultante sintetiza la más avanzada ciencia de la fuerza en oriente y occidente.

FUERZA SIN DOPAJE

Los deportistas que luchan cerca de los límites de su capacidad buscan cualquier método, científico o mítico, que les permita sobrepasar su potencial físico y mental. Es en este punto donde el deporte a menudo degenera hacia métodos que invocan al uso de pociones mágicas, ahora clasificadas eufemísticamente como ayudas ergogénicas. Éstas son sustancias o mecanismos que pueden mejorar el rendimiento.

Entre las drogas ergogénicas ilícitas se encuentran los esteroides anabolizantes, que son productos químicos derivados de la hormona de crecimiento masculina para facilitar el crecimiento del volumen muscular y de la fuerza. Las proporciones epidémicas alcanzadas por el abuso de sustancias anabolizantes de fuentes farmacéuticas y supuestamente «naturales» es una consecuencia de la explotación comercial y de la preocupación, predominantemente masculina, por la talla y la fuerza. Resulta irrelevante argumentar cualquier aspecto más acerca de este fenómeno. Se ha mencionado su existencia para remarcar el hecho de que la mejora de la fuerza es de enorme importancia para el hombre y que éste recurrirá a cualquier medio para conseguirla. La extensa utilización de esteroides y otros complementos químicos es admitir que uno ha agotado las ideas de entrenamiento para progresar de forma natural. Esto no es sorprendente cuando virtualmente el mismo repertorio de ejercicios y técnicas tradicionales de culturismo son aplicados con frecuencia a programas modernos concebidos por innumerables héroes culturistas. El usuario normalmente no llega a apreciar la individualización de cada programa y, cuando el progreso se estanca, recurre a los complementos anabólicos. Incluso en este punto, el usuario utiliza invariablemente dosis excesivas de diferentes esteroides anabolizantes androgénicos (AA), guiado más por la experiencia de culturistas concretos que por una base científica de suministro de modestas dosis durante unas semanas, dentro de un cuidadoso programa periodizado que incluye diferentes métodos de recuperación, entrenamiento autógeno mental y entrenamiento «de shock».

La cantidad de sobredosis de esteroides AA se ve reforzada por la creencia de que es imposible llegar a ser «grande» y fuerte sin ellos. A pesar de las muchas pruebas de que ha habido siempre personas enormemente fuertes y grandes en la historia, este punto de vista persiste. Se debe admitir que estas sustancias aceleran el progreso, pero se pueden conseguir unos resultados comparables y más duraderos utilizando métodos más éticos a lo largo de un período de tiempo mayor, aunque probablemente estos métodos los utilizan menos deportistas.

Aunque sea deseable examinar y eliminar el uso ilícito de drogas en el deporte, este propósito está probablemente destinado al fracaso, ya que siempre existirán deportistas de elite bien informados sobre la utilización de drogas que mejoren su rendimiento y sobre cómo evitar que les sean detectadas. Más aún, las grandes sumas de dinero pagadas a equipos y jugadores de elite para la adulación del público y de la prensa aseguran que los deportistas destacados que recurren al dopaje nunca serán severamente penalizados. En definitiva, deportistas de elite de hoy en día, especialmente en deportes importantes para los medios de comunicación como el baloncesto, fútbol americano, fútbol, tenis y golf son animadores especializados y no sólo estrellas deportivas. La ayuda a través de las drogas sólo cesará en el deporte cuando la ciencia produzca una forma igualmente satisfactoria y legítima para la mejora

Urheberrechtlich geschütztes Material

del rendimiento entre todos los deportistas, y no cuando los tests antidopaje sean suficientemente sensibles y económicos para su aplicación rutinaria. La información para este libro se ha recogido de fuentes fidedignas occidentales y orientales con el fin de proporcionar una guía científica y práctica en esta dirección.

La existencia de un concepto innovador que los autores han denominado crononutrición establece que unos regímenes nutricionales científicamente periodizados pueden desempeñar un importante papel en la mejora de una adaptación a largo plazo, así como en el rendimiento del deportista. La crononutrición establece que no es sólo el contenido de la comida, sino también el momento de su ingestión junto con los efectos interactivos de los componentes nutricionales, los que determinan la efectividad de cualquier régimen alimentario. En Occidente, se sabe que ciertas drogas tienen unos efectos más potentes cuando son administradas en un cierto momento del día y unos efectos muy diferentes cuando se prescriben con otras drogas; aun así, este hecho no se ha extendido formalmente al terreno de la nutrición general o de la preparación deportiva.

La reciente proliferación de artículos occidentales acerca del valor ergogénico de sustancias como la creatina o los aminoácidos tiende a crear la impresión de que estos resultados son modernos y originales. Incluso una rápida revisión de revistas rusas como *Theoriya i Praktika Fizicheskoi Kultury, Legkaya Atletika* y publicaciones especializadas en fisiología, adaptación, nutrición y bioquímica revelan que estas sustancias fueron ya investigadas y utilizadas en Rusia antes de 1970. Está claro que la falta de familiarización de la mayoría de los científicos del ejercicio occidentales con la investigación rusa ha derivado con frecuencia en una considerable duplicación del trabajo, un desperdicio de recursos financieros y un retraso del progreso de la ciencia del deporte. Este hecho es también un fuerte factor motivante para la realización de este libro basado en la colaboración entre un científico ruso y uno occidental.

OBJETIVOS Y AUDIENCIA

Uno de los objetivos de este libro es mostrar cómo un mayor conocimiento del fenómeno de la fuerza puede permitir a un deportista desarrollar de forma consistente y segura todos los tipos de «fuerza especial» sin tener que recurrir al dopaje.

Aunque su título parezca implicar que está dirigido sólo al desarrollo de la fuerza en la competición deportiva, este libro ofrece una información que es relevante para todos los deportistas que requieran mejorar las cualidades relacionadas con la fuerza para una efectiva participación en cualquier forma de ejercicio físico. El término «entrenamiento de fuerza especial» empleado en este libro tiene un significado preciso para científicos y entrenadores rusos; su equivalente más cercano en occidente es «entrenamiento de fuerza específico de un deporte». Este concepto abarca todos los significados y métodos para desarrollar la «fuerza especial». Fuerza especial se refiere a la cualidad condicional particular que comprende una serie de factores relacionados con la fuerza y que determina un rendimiento motor eficiente y lleva a la excelencia deportiva (ver Capítulo 1).

De esta forma, este texto es claramente valioso no sólo para el deportista, entrenador, profesor de educación física y entrenador personal, sino también para los fisioterapeutas y médicos deportivos, cuya tarea es proporcionar formas específicas de rehabilitación musculoesquelética, las cuales requieren, en último término, mejorar la estabilidad y la movilidad a través de alguna forma de acondicionamiento físico basado en la fuerza. Por esta razón, en uno de los capítulos del libro se relaciona el entrenamiento especial de la fuerza con el sistema fisioterapéutico conocido como facilitación neuromuscular propioceptiva (FNP)

Uno de los principales fines de este libro es el de llenar uno de los vacíos en el campo aplicado del entrenamiento de la fuerza, esto es, la falta de una metodología científica para aplicar sistemáticamente los diferentes tipos de entrenamiento de fuerza

Urheberrechtlich geschütztes Material

que permitan la mejora del rendimiento deportivo, en particular al nivel internacional más elevado.

Otro importante fin es ampliar los limitados conceptos de fuerza y de condición física (fitness) que se han perpetuado en muchos libros de entrenamiento y textos de fisiología en Occidente. Estos libros identifican la mayoría de los componentes de la condición física tales como resistencia cardiovascular, resistencia muscular, fuerza y flexibilidad, pero generalmente no reconocen la existencia de componentes más específicos, como por ejemplo velocidad-fuerza, velocidad-resistencia, flexibilidad-fuerza y velocidad-fuerza-resistencia.

En consecuencia, los programas de entrenamiento deportivo que se han basado en estos simplistas modelos de condición física han padecido serias deficiencias en aspectos clave de la preparación deportiva.

Numerosos libros de entrenamiento de la fuerza y de culturismo han tenido también un profundo impacto en la utilización del entrenamiento de fuerza en el deporte. Algunos de ellos cubren los principios generales de un entrenamiento con pesas inespecífico tradicional de forma muy adecuada, mientras otros ofrecen el mismo compendio de ejercicios de acondicionamiento físico que se han venido utilizando desde principios de siglo. La proliferación de los centros de fitness dentro del sector comercial y de las revistas deportivas populares en occidente ha creado la, a menudo errónea, impresión de que en estos centros conocidos culturistas e instructores acreditados en academias privadas están suficientemente preparados como para proporcionar el entrenamiento de la fuerza a cualquier persona, incluyendo a los deportistas de elite. Más aún, muchos de los libros más populares acerca de la ciencia del ejercicio aplicada han sido escritos por científicos con un considerable conocimiento de fisiología cardiovascular, pero con una menor experiencia en el entrenamiento de la fuerza especial en el deporte.

Al mismo tiempo, algunos de los mejores expertos en entrenamiento de la fuerza se encuentran en Rusia y en los países del Este europeo, por lo que la gran mayoría de los profesores de educación física, entrenadores o científicos deportivos occidentales ven limitado su acceso a ellos. Donde existen traducciones al inglés de estos libros, éstas son normalmente literales y no interpretan adecuadamente la a menudo desconocida terminología y fisiología de los lectores occidentales. Que la información que transmiten es definitivamente valiosa está garantizado por el dominio de deportistas de estos países en la mayoría de los deportes olímpicos.

Por las razones aquí expuestas, la necesidad de un libro más amplio que versara sobre el acondicionamiento de la fuerza aplicado resultó obvio, especialmente si se pudieran sintetizar los resultados científicos y prácticos de Oriente y Occidente. La nueva era de glasnost o «apertura» de la antigua Unión Soviética también parecía determinar que éste era el momento oportuno para llevar a cabo una empresa de este tipo.

LOS AUTORES

Este trabajo de cooperación única empezó cuando los autores se conocieron en Moscú en 1990 y llegó al punto culminante en 1991 cuando el Dr. Siff permaneció varias semanas en esta ciudad con su colega ruso, discutiendo sus mutuos intereses investigadores con otros científicos del deporte en un importante instituto de investigación ruso. Un miembro e intérprete científico en uno de estos institutos, Linna Moratcheva, sirvió de valioso enlace entre los dos autores, organizando reuniones de trabajo y dedicando gran parte de su tiempo a traducir muchos de los difíciles conceptos.

El escenario, que culminó con el inevitable encuentro de los autores, se estableció en 1969, cuando el Dr. Siff, un halterófilo olímpico y estudiante de postgrado en matemática aplicada en la Universidad de Witwartersrand, empezó a recibir traducciones de publicaciones de ciencia deportiva soviéticas del Dr. Michael Yessis, un profesor de

Urheberrechtlich geschütztes Material

educación física en la Universidad de California, Fullerton. Este material, aumentado por las regulares visitas del Dr. Yessis a los EEUU, facilitó al Dr. Siff una amplia familiarización con el trabajo en ciencia del deporte soviética y finalmente le decidió a visitar Rusia en julio de 1990 y en noviembre de 1991.

Posteriormente, el Dr. Siff invitó al Dr. Verkhoshansky a visitar Sudáfrica en un ciclo de conferencias en marzo de 1992. Durante el mes que pasó en casa del Dr. Siff, pudo discutir ampliamente con éste el material para su libro y los resultados de sus investigaciones mutuas, ayudados por Linna Moratcheva como su eficaz traductora.

El Dr. Yuri Verkhoshansky, reconocido como uno de los expertos mundiales más respetados en el entrenamiento de la fuerza especial y en la programación científica del entrenamiento deportivo, es posiblemente más conocido en Occidente por su concepto de entrenamiento de «shock» o pliometría, tal y como se conoce popularmente hoy. Ha sido investigador y profesor de ciencia del deporte durante muchos años en el State Central Institute de cultura física de Moscú y sus métodos, únicos para la preparación deportiva, han sido utilizados con gran éxito por algunos de los mejores deportistas de la antigua Unión Soviética. La contribución al deporte de su país fue reconocida con el premio de la medalla de oro del Año Olímpico 1988, por sus avances científicos en el deporte soviético. Tiene numerosas publicaciones científicas y ha impartido clases a lo largo y ancho de la geografía de los EEUU y en otros países.

El Dr. Mel Siff es profesor en la Escuela de Ingeniería Mecánica en la Universidad de Witwatersrand en Johannesburgo, Sudáfrica, en la cual los principales campos de investigación son la biomecánica, la ergonomía, el acondicionamiento de la fuerza, la rehabilitación de lesiones y la electroestimulación. Obtuvo su máster (en matemática aplicada) con una calificación de «summa cum laude» en investigación cerebral y realizó su doctorado en fisiología sobre un tema relacionado con el análisis biomecánico de los tejidos musculares. Ha presentado artículos, a nivel internacional, en conferencias de ciencias del deporte, fisiología, fisioterapia, medicina del deporte, psicología, ingeniería, ergonomía, educación física, lingüística y comunicación. Al igual que su coautor, ha publicado de forma extensa y ha sido profesor en varios países entre los que se incluyen EEUU, Inglaterra, Israel y Australia. Antiguo halterófilo que recibió premios universitarios, provinciales y estatales durante muchos años, fue presidente de la Federación de Halterofilia de las Universidades Sudafricanas durante más de dos décadas y manager-entrenador del equipo nacional sudafricano en 1983 y 1984. Recibió dos premios al Mérito por el Servicio por su «excepcional contribución al deporte» en su universidad, cuyo Consejo Deportivo paso a resolución (20/78) agradeciéndole que «hiciera más por el deporte en Wits (su universidad) que ningún otro individuo en la historia de la universidad».

EL LIBRO

Superentrenamiento es un libro de texto que en primer término fue titulado *Biomecánica y Fisiología del entrenamiento de fuerza específico para cada deporte* cuando los autores empezaron a poner en común sus conocimientos; este título describe todavía más su contenido y objetivos de forma precisa. El contenido de la obra se fundamenta en los numerosos años de investigación y de enseñanza en las respectivas instituciones académicas de los autores. La contribución del Dr. Verkhoshansky proviene de la impartición de clases a estudiantes de educación física, ciencias del deporte y entrenamiento deportivo en Rusia y en el extranjero, y la del Dr. Siff de sus investigaciones y presentaciones en conferencias y apuntes de las clases impartidas a estudiantes de carrera y postgraduados en ingeniería mecánica, fisioterapia, educación física y ergonomía.

Este texto no pretende ofrecer una lista de los ejercicios especiales y de los programas de entrena-

Urheberrechtlich geschütztes Material

miento para cada deporte específico, ya que ello es una tarea con un alto grado de individualización que depende del cercano contacto entre un entrenador experimentado y el deportista. En su lugar, está pensado para proporcionar al científico, entrenador y deportista de nivel competitivo unos fundamentos investigadores, una metodología sistemática y unos principios teóricos que puedan ser aplicados adecuando las necesidades de los deportistas, cuya preparación incluye el entrenamiento de fuerza especial en su afán por mejorar el rendimiento deportivo.

También pretende proporcionar al fisioterapeuta y al médico deportista un completo conocimiento de los matices del acondicionamiento musculoesquelético de forma que se facilite la administración de regímenes de rehabilitación de lesiones efectivos, con particular énfasis en las necesidades de la condición física de los deportistas de alto nivel.

En este contexto y a lo largo del libro, el término neutro «deportista» se refiere a cualquier persona que practique deporte o cualquier otra forma organizada de movimiento, como las danzas. Términos menos familiares (como la heterocronicidad y la secuencia conjugada), que rara vez se encuentran en libros similares, aparecen regularmente y no se han simplificado de forma deliberada, ya que derivan de una terminología rusa sin un equivalente inglés (o español) satisfactorio. Así pues, han sido definidos como nuevos términos para su utilización en el campo del entrenamiento especial deportivo. En algunas ocasiones, términos tradicionales como «aerobio» o «anaerobio» se han mantenido en lugar de sus más pedantes equivalentes, es decir, «oxígeno-dependiente» y «oxígeno-independiente», simplemente porque al lector le serán más familiares.

Este texto no sólo revisa la actual investigación en el fenómeno del acondicionamiento físico y de la fuerza, sino que también incluye un amplio trabajo inédito de los autores. El segundo expresa su agradecimiento al Dr. Yessis, a Andrew Charniga (un halterófilo ex-campeón de EEUU) y a Linna Moratcheve, cuyas indispensables traducciones al inglés del trabajo del Dr. Verkoshansky facilitaron considerablemente el trabajo. Cuando fue necesaria una interpretación más amplia de la terminología biomecánica rusa, el recientemente fallecido profesor S. Smoleniec, de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Witwatersrand, ofreció desinteresadamente su tiempo y experiencia.

Una base indispensable para los métodos y la filosofía de entrenamiento de la fuerza rusos tratados en este texto puede obtenerse a partir de un vasto compendio de artículos científicos soviéticos traducidos entre 1966 y 1991 en la *Soviet Sports Review* (anteriormente titulada *Yessis Review of Soviet Physical Education and Sports*) del Dr. Yessis, y en la *Fitness and Sports Review International* (1992-1995), así como en el libro del Dr. Yessis *Secrets of Soviet Sports Fitness and Training*. Todo este material fue extensamente utilizado para ayudar a interpretar muchos de los conceptos soviéticos, únicos en entrenamiento deportivo, y para facilitar la cooperación entre los dos autores de este texto. Sin lugar a dudas, si esta fuente de información no hubiera estado disponible, las ocho versiones de este libro se hubieran incrementado y su publicación se habría retrasado considerablemente. A pesar de la dificultad de mantener un contacto regular entre Rusia y Sudáfrica, el reto de dicha empresa junto con el mutuo interés por los trabajos de uno y de otro ha permitido que los autores cooperaran con éxito durante el relativamente corto espacio de tres años para sintetizar la terrorífica cantidad de información producida por sus investigaciones individuales.

Los autores esperan que el producto final permita al lector compartir la excitación y el placer que ellos han experimentado al intentar comprender la complejidad y las maravillas de la fuerza humana y del rendimiento deportivo.

Urheberrechtlich geschütztes Material

La fuerza y el sistema muscular

OBJETIVO

El objetivo de este libro es explorar el fenómeno de la fuerza y aplicar al acondicionamiento físico los descubrimientos que florezcan de este afán investigador, con un énfasis particular sobre el desarrollo de la condición física especial y de la preparación para el rendimiento deportivo al más alto nivel. Consiguiendo este objetivo, los conceptos de capacidad de trabajo, condición física y preparación, así como los diferentes tipos de fuerza son examinados en detalle para proporcionar el marco de referencia necesario para la investigación y la aplicación práctica de todos los resultados.

Este libro analiza los diferentes tipos de fuerza, su rol en el movimiento humano y cómo pueden desarrollarse de forma eficiente. Ilustrando cómo puede aplicarse la investigación científica al entrenamiento o la rehabilitación, se exponen los diferentes medios y métodos del entrenamiento de la fuerza, que van desde el entrenamiento con pesas hasta la carga impulsiva («pliométrica») sin pesas. Se identifican también los tipos específicos de acondicionamiento de la fuerza que son necesarios en un deportista en particular, las formas en que se produce la fuerza a lo largo del recorrido de un movimiento deportivo determinado y las secuencias más apropiadas para desarrollar los diferentes tipos de fuerza durante un período de entrenamiento prolongado.

Puesto que muchas investigaciones revelan que la fuerza no es el único factor de la condición física, como puede ser la resistencia cardiovascular, tal y como dan a entender numerosos autores, este libro introduce al lector en la exquisita complejidad de la fuerza a través de la comprensión de la biomecánica, la anatomía funcional y la fisiología del sistema del movimiento humano. El objetivo no es simplemente la realización de un ejercicio intelectual, sino el evitar que el lector establezca programas de entrenamiento específicos para un deporte basados en periodizaciones deficientes, creadas por muchos de los entrenadores tradicionales que no están al corriente de los matices de los diferentes tipos de fuerza y de la especificidad del entrenamiento para un deporte determinado y/o para un individuo en particular.

Urheberrechtlich geschütztes Material

Este texto, aunque dirigido primordialmente al científico del ejercicio, el entrenador especialista de alto nivel y el profesor de educación física, tiene también una relevancia directa para el fisioterapeuta, quien puede estar implicado en la rehabilitación de atletas cuyo retorno al más alto nivel de competición depende de la recuperación de un determinado tipo de fuerza.

¿QUÉ ES LA FUERZA?

La fuerza es un componente esencial para el rendimiento de cualquier ser humano y su desarrollo formal no puede ser olvidado en la preparación de los deportistas. Un acondicionamiento satisfactorio de la fuerza depende de una comprensión completa de todos los procesos que intervienen en la producción de fuerza en el cuerpo. Así pues, parece apropiado que este libro empiece con un resumen de la estructura y de la función de los sistemas que participan en la producción de todos los tipos de fuerza.

La fuerza es producto de una acción muscular iniciada y orquestada por procesos eléctricos en el sistema nervioso. Tradicionalmente, la fuerza se define como la capacidad de un músculo o grupo de músculos determinados para generar una fuerza muscular bajo unas condiciones específicas. De esta forma, la fuerza máxima es la capacidad de un determinado grupo muscular para producir una contracción voluntaria máxima en respuesta a la óptima motivación contra una carga externa. Esta fuerza se produce normalmente en competición y podemos referirnos a ella como la fuerza máxima en competición, CFmáx. No es equivalente a la fuerza absoluta, que normalmente alude a la mayor fuerza que puede ser producida por un determinado grupo muscular bajo una estimulación muscular involuntaria a través de, por ejemplo, una estimulación eléctrica de los nervios que abastecen al músculo, o bien por el reclutamiento de un potente reflejo de estiramiento en una carga repentina. Por razones prácticas, la fuerza absoluta puede concebirse como similar a la fuerza excéntrica máxima. Sin embargo, debe remarcarse que la fuerza absoluta se utiliza en ocasiones para definir la fuerza máxima que puede realizar un atleta independientemente de su masa corporal.

Resulta vital comprender el significado de la fuerza máxima en entrenamiento, TFmáx o 1RM (una repetición máxima) en entrenamiento, que es siempre menor que la fuerza máxima en competición, CFmáx. en deportistas experimentados, ya que el grado de motivación óptima se produce invariablemente bajo condiciones de competición (Fig. 1.1). Zatsiorski afirma que «el entrenamiento máximo es la carga más elevada que uno puede levantar sin una sustancial excitación emocional», indicada por un significativo aumento de la frecuencia cardíaca (FC) antes del levantamiento (Medvedev, 1986). Es importante señalar que, en la persona no entrenada, condiciones involuntarias o hipnóticas pueden incrementar el nivel de fuerza hasta un 35%,

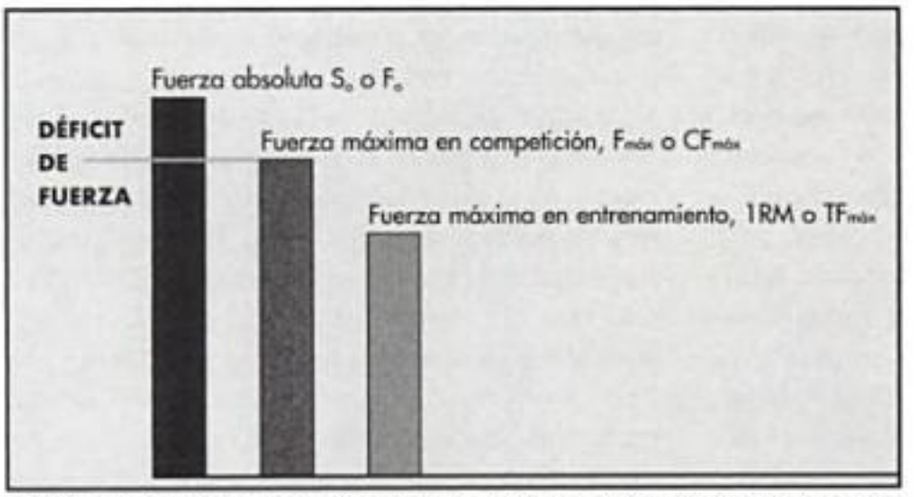


FIGURA 1.1 *Diferentes tipos de fuerza máxima. La fuerza absoluta se produce bajo condiciones involuntarias, mientras que las otras dos máximas son resultado de una acción voluntaria. El déficit de fuerza y la diferencia entre la fuerza absoluta y la fuerza se exponen más adelante en este mismo capítulo.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

pero menos de un 10% en el deportista entrenado. La diferencia media entre la TFmáx. y la CFmáx. es aproximadamente 12,5 (2,5% en halterófilos experimentados, con una mayor diferencia mostrada por los halterófilos de categorías más pesadas (Zatsiorski, 1995).

La identificación de los diferentes tipos de fuerza o rendimiento máximo facilita la determinación de la intensidad de entrenamiento de forma más eficiente. La intensidad se define normalmente como un cierto porcentaje del máximo de uno mismo y resulta más práctico escoger este máximo en base al máximo competitivo, que tiende a permanecer más constante durante un mayor período de tiempo. La máxima de entrenamiento puede variar a diario, de forma que puede ser importante en la programación del entrenamiento para deportistas menos cualificados, pero es de valor limitado para el deportista de elite. Hay que destacar que las competiciones conllevan muy pocos intentos de llegar al máximo; aun así, son mucho más extenuantes que entrenamientos intensos con muchas repeticiones, ya que comportan niveles extremadamente elevados de estrés psicológico y nervioso. Estos elevados niveles de estrés nervioso y emocional en los que se incurre al intentar una máxima en competición requieren muchos días o incluso semanas para conseguir la recuperación total, incluso cuando la recuperación física parece completada, razón por la cual no se recomienda este tipo de cargas como una forma regular de entrenamiento.

En otras palabras, cualquier intento por exceder el límite de la carga requiere un incremento de la excitación nerviosa y, si se emplea este tipo de entrenamiento con frecuencia, puede llegar a interferir en la capacidad de adaptación del deportista. Al intentar comprender la intensidad de la carga programada por los en apariencia extremistas entrenadores búlgaros que tienen la reputación de estipular la utilización de cargas máximas en el entrenamiento con frecuencia o incluso a diario, debe observarse que el entrenamiento *con el máximo de en entrenamiento* (que no sitúa al sistema nervioso bajo un estrés máximo) es muy diferente del entrenamiento con el máximo de competición (que produce un gran estrés en los procesos nerviosos).

La fuerza es un fenómeno relativo que depende de numerosos factores; es, por tanto, esencial que éstos se describan de forma precisa al valorar los niveles de fuerza. Por ejemplo, la fuerza muscular varía con el ángulo articular, la orientación de la articulación, la velocidad del movimiento, el grupo muscular y el tipo de movimiento, de modo que no tiene sentido hablar de fuerza absoluta sin especificar las condiciones bajo las que ésta es generada. En ocasiones, se incorpora el concepto de fuerza relativa para comparar la fuerza de sujetos con diferente masa muscular. En este contexto, la fuerza relativa se define como la fuerza por unidad de masa muscular producida por un individuo bajo unas condiciones específicas (por ejemplo, realizando un levantamiento o combinación de levantamientos bien definidos, como la sentadilla o el levantamiento en un tiempo).

Resulta también útil reconocer que uno puede definir la fuerza isométrica, concéntrica o excéntrica máxima, ya que cada deporte requiere unos niveles diferentes de cada uno de estos tipos. La importancia de estas máximas se expone posteriormente en la subsección «Déficit de fuerza». Como aspecto interesante, el orden por su magnitud de estas máximas es: excéntrica, isométrica, concéntrica.

Tambien se analizarán con detalle otros importantes conceptos relacionados con la fuerza como la fuerza explosiva, la fuerza inicial, la fuerza de aceleración y la fuerza rápida. En particular, este texto trata acondicionamiento de la fuerza y musculoesquelético en base a los siguientes aspectos:

- fisiología de la acción muscular;
- biomecánica de la producción de fuerza;
- estimulación y control neuromusculares;
- adaptación a la carga física;
- diferentes tipos de fuerza;

Urheberrechtlich geschütztes Material

- especificidad del entrenamiento muscular y neuromuscular.

ORÍGENES DE LA CIENCIA DEL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA

La fuerza ha sido siempre sinónimo del denominado «juego de hierro», un genérico y amplio término que describía la competición del levantamiento de objetos pesados por hombres fuertes en el siglo pasado. Las hazañas de levantamientos con la fuerza como protagonista aparecen en la historia de la mayoría de las naciones, pero hasta tiempos muy recientes el entrenamiento para la mejora de los niveles de fuerza no se ha convertido en una disciplina científica. Esta ciencia no emergió en una noche: es el punto culminante de miles de años de métodos de entrenamiento establecidos por ensayo-error.

Las primeras referencias del entrenamiento formal de la fuerza aparecen en textos chinos que datan del año 3.600 a.C. cuando los emperadores obligaban a sus súbditos a ejercitarse diariamente (Webster, 1976). Durante la dinastía Chou (1122-249 aC), los aspirantes a soldados debían pasar exámenes de levantamiento de pesas para poder entrar en las fuerzas armadas. Existe evidencia abundante del entrenamiento con pesas utilizado en Egipto y en la India, mientras que los griegos dejaron numerosas esculturas e ilustraciones de sus atletas entrenando con pesas en forma de piedra. De hecho, el siglo VI a.C. fue conocido como la «Edad de la fuerza» y las competiciones de levantamiento de pesas conllevaban el levantamiento de enormes piedras. El célebre médico de la antigüedad, Galeno, se refería con frecuencia al ejercicio con pesas (halteras), en su tratado *Preservación de la salud* clasificando incluso los ejercicios en «rápidos», sin la utilización de fuertes pesas, y en «violentos», realizados con pesas. El poeta romano Marcial (40-104 d.C.) escribió: «¿Por qué los hombres fuertes trabajan con las estúpidas pesas? Una tarea mucho mejor para el hombre es cavar en un viñedo». El entrenamiento con pesas no estaba únicamente confinado a los hombres: una pared de mosaico de una villa romana en Piazza Almeria en Sicilia representa a una niña ejercitandose con pesas.

No debería sorprender, pues, que el afán por conseguir una fuerza superior llevara a numerosos sistemas de entrenamiento de la fuerza, estableciendo, por consiguiente, una sólida base experimental para los mucho más refinados métodos de la actualidad. Durante el siglo XVI, en Europa, empezaron a aparecer libros acerca el entrenamiento con pesas, publicándose el texto de Sir Thomas Elyot acerca de este tema en Inglaterra en 1531. Varias universidades de Francia y Alemania ofrecían estudios sobre entrenamiento con pesas, y en 1544 Joachim Camerius, profesor de la Universidad de Leipzig, escribió varios libros recomendando el entrenamiento con pesas como una actividad esencial para un modelo de escuela. En 1728, John Paugh publicó *Tratado fisiológico, teórico y práctico sobre la utilidad del ejercicio muscular para restaurar la fuerza de las extremidades*, el cual revelaba que, incluso en aquel tiempo, se conocían los beneficios terapéuticos que ofrecía el entrenamiento con pesas. En la década del 1860, el escocés Archibald MacLaren recopiló el primer sistema de entrenamiento físico con mancuernas y con pesas en barra para la Armada Británica y formalizó una tosca forma de sobrecarga progresiva. Estos sistemas de entrenamiento crearon, en último término, la estructura para la aparición del culturismo y la halterofilia como deporte, con algunas de las técnicas y máquinas de ejercicio adoptadas por la fisioterapia y para las programaciones de entrenamientos en otros deportes. De cualquier modo, una investigación científica rigurosa del entrenamiento de la fuerza no se desarrolló completamente hasta el siglo XX, e incluso en la actualidad la investigación sobre el entrenamiento cardiovascular atrae considerablemente más la atención de los científicos.

Sin embargo, la evolución del entrenamiento de la resistencia en diversas direcciones ha producido una inestimable base de datos de las siguientes

Urheberrechtlich geschütztes Material

fuentes (el texto entre paréntesis se refiere al propósito de cada disciplina):

- Halterofilia (modalidad deportiva contra una resistencia máxima).
- Culturismo (entrenamiento de resistencia para maximizar la hipertrofia muscular).
- Entrenamiento de pesas adicional (ejercicio de pesas para mejorar la condición física en otro deportes).
- Fisioterapia (ejercicio de pesas para la rehabilitación).
- Investigación científica (análisis para la comprensión científica del ejercicio con pesas).

La información para este libro se ha seleccionado a partir de las fuentes mencionadas antes con el fin de presentar un enfoque integral de la utilización del entrenamiento de fuerza para mejorar el rendimiento al más alto nivel en todos los deportes. El planteamiento del libro se ha basado en reconciliar el levantamiento de competición y el rendimiento deportivo con la investigación científica, ya que la teoría sin la práctica es tan limitada como la práctica sin la teoría. Sin embargo, sería prematuro mantener que todas las cuestiones acerca del entrenamiento de la fuerza han sido ya respondidas: por el contrario, la búsqueda de una ciencia y arte del entrenamiento de la fuerza definitivos se encuentra aún en su infancia.

PRINCIPIO FUNDAMENTAL DEL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA

La producción y el incremento de la fuerza dependen de procesos neuromusculares. La fuerza no depende fundamentalmente del tamaño muscular, sino de los adecuados músculos potentemente contraídos por una estimulación nerviosa efectiva. Ésta es la base para todo entrenamiento de la fuerza. La estructura es una consecuencia de la función, donde la hipertrofia es una respuesta de adaptación a la estimulación neuromuscular a un determinado mínimo de intensidad. De esta forma, la estimulación nerviosa produce dos efectos básicos de adaptación en el cuerpo:

- Una acción muscular funcional (efecto funcional).
- Una hipertrofia muscular (efecto estructural).

Así pues, el principio fundamental del entrenamiento de la fuerza se basa en que todo aumento de fuerza es iniciado por la estimulación neuromuscular. Aunque la hipertrofia es un resultado a largo plazo de un cierto régimen de estimulación neuromuscular, no es la consecuencia inevitable de todos los tipos de trabajo contra una cierta resistencia. Se pueden establecer dos tipos básicos de entrenamiento de pesas:

- El entrenamiento de pesas funcional.
- El entrenamiento de pesas estructural.

Al realizar esta distinción, debe destacarse que el entrenamiento puramente estructural no existe, ya que todo el entrenamiento es esencialmente funcional, y bajo ciertas condiciones, pueden también obtenerse cambios estructurales. Por otra parte, la producción de una fuerza máxima depende en gran medida de la existencia de un grado óptimo de hipertrofia muscular.

Mientras que el entrenamiento de pesas estructural pretende básicamente producir una hipertrofia muscular (junto con algunos aspectos de flexibilidad del tejido), el entrenamiento de fuerza funcional se asocia con muchos y diferentes objetivos de rendimiento, que incluyen la mejora de la fuerza estática, la fuerza rápida, la resistencia muscular y la capacidad de reación. En otras palabras, el primero produce un aumento del diámetro y la fuerza de las fibras musculares individuales, mientras que el segundo implica la contracción de numerosas fibras musculares para producir el adecuado efecto de rendimiento. En detalle, el entrenamiento funcional conlleva los siguientes procesos (Fig. 1.2):

Urheberrechtlich geschütztes Material

1. Coordinación intermuscular entre diferentes grupos musculares. Ésta incluye la sincronización o secuenciación de acciones entre diferentes grupos musculares que están realizando cualquier tipo de movimiento articular. Algunos músculos pueden ser inhibidos en la cooperación, mientras que otros pueden desinhibirse y contribuir al movimiento.
2. Coordinación intramuscular de fibras dentro del mismo grupo muscular. Ello implica uno o más de los siguientes mecanismos de control fibrilar:

- Reclutamiento de fibras, el control de la tensión muscular se realiza a través de la activación o desactivación de cierto número de fibras mucu-lares.
- Grado (frecuencia) de estimulación, el control de la tensión por la modificación de la frecuencia de impulsos de las fibras activas.
- Sincronización, el control de la tensión por la sincronización o secuenciación de los impulsos de los diferentes tipos de fibra muscular (por ejemplo, fibras de contracción lenta o rápida).

3. Procesos reflejos facilitadores o inhibidores en las vías neuronales actuando a varios niveles en el sistema nervioso pueden modificarse para optimizar el desarrollo de la fuerza, tanto con la mejora de la coordinación intra e intermuscular como con la promoción de cambios de adaptación a los varios sistemas reflejos del cuerpo.
4. Aprendizaje motor, que es el proceso de programación del cerebro/sistema nervioso central para ser capaz de llevar a cabo movimientos específicos. Una gran parte de la temprana mejora de la fuerza y el rendimiento es atribuible al aprendizaje motor, siendo éste vital para la eficiencia continuada del entrenamiento posterior. El aprendizaje motor mantiene su protagonismo cuando la intensidad y la complejidad de la carga aumentan progresivamente, ya que la habilidad bajo unas condiciones exigentes es significativamente diferente de la habilidad bajo unas circunstancias menos importantes.

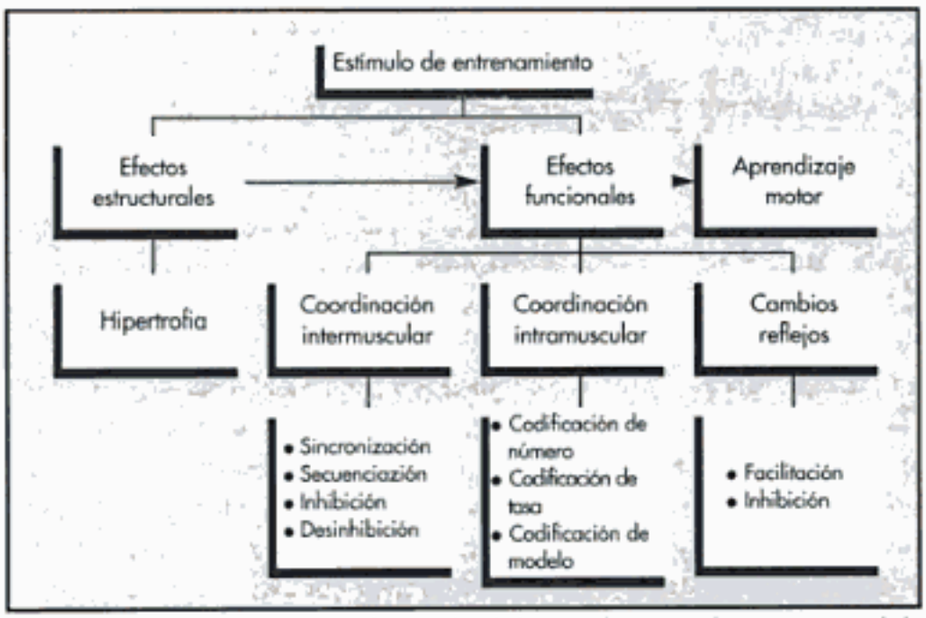


FIGURA 1.2 *Efectos estructurales y funcionales de la estimulación en el entrenamiento de la fuerza. Todo entrenamiento, en mayor o menor grado, afecta a los sistemas mencionados aquí y a todos los demás sistemas físicos, incluyendo los sistemas cardiovascular, endocrino y metabólico. En este libro sólo se mostrarán los efectos del entrenamiento de la fuerza más importantes.*

En las primeras fases del entrenamiento o durante el estancamiento en un nivel avanzado, las fases funcionales deberían preceder a las fases estructurales (ver 1.2 y capítulo 2). De este modo, los estímulos funcionalmente transitorios, incluyendo la habilidad motriz y la coordinación, son importantes para el principiante, y los estímulos funcionalmente potentes, como un incremento de la intensidad y la acción refleja, son apropiados para el deportista más avanzado. La programación de un entrenamiento estructural

versus uno funcional, a cualquier nivel de rendimiento, debe ser dirigida también por la valoración del déficit de fuerza.

CAMBIOS NEURONALES CON EL ENTRENAMIENTO

El hecho de que la estimulación neuromuscular es fundamental en cualquier entrenamiento se destaca en recientes resultados que constatan que la experiencia sensorial produce una ampliación y otros cambios en el córtex cerebral. Las primeras hipótesis basadas en que el sistema nervioso central no puede cambiar después de la adolescencia se ha demostrado que son incorrectas. En general, se consideraba que el cerebro joven tiene una gran capacidad para adaptarse a cambios como una lesión o una enfermedad, pero que el tejido neuronal del animal maduro es incapaz de demostrar esta plasticidad. Rosenzweig (1984) concluyó que la capacidad para los cambios neuronales plásticos está presente no solamente en edades tempranas, sino a través de la mayor parte, si no de toda la vida. Estos cambios llegan a ser particularmente evidentes si uno se expone a un entorno suficientemente rico que proporcione una estimulación nueva, compleja y que comprometa cognitivamente al individuo. Este resultado remarca la importancia de variaciones planeadas utilizando diferentes medios, métodos y ejercicios que recurran a disciplinas que integren todo el cuerpo, como es la fisioterapéutica FNP (facilitación neuromuscular propioceptiva), desarrollada en el capítulo 7.

El trabajo de Rosenzweig, Diamond y sus colegas de Berkeley no sólo ha revelado que los cambios neuronales pueden producirse en la edad adulta, sino también que estos cambios pueden suceder fácil y rápidamente, en minutos y no años. Greenough de la Universidad de Illinois encontró que estas modificaciones del sistema nervioso central incluyen no sólo un aumento de masa, sino también otros cambios estructurales como la formación de nuevas células sinápticas o dendritas (Hall, 1985). Otro trabajo que está siendo realizado con amputados, disminuidos físicos y otros pacientes con daños neuronales revela que, en efecto, el cerebro puede «reentrelazarse» por sí mismo y reclutar las zonas funcional o estructuralmente adyacentes a las lesionadas para llevar a cabo tareas específicas. Por ejemplo, los individuos ciegos que pueden leer braile han aumentado las regiones cerebrales destinadas al control de sus dedos índices.

Algunos de estos resultados enseñan unas estrategias mejores para rehabilitar a pacientes apopléjicos. Convencionalmente, a un paciente con dedos débiles, pero con un eficiente movimiento de brazo y hombro, se le aconseja que ejercite el brazo para ayudar a reforzar los dedos. Sin embargo, el grado de plasticidad del cerebro decreta que las partes no dañadas del cerebro se encargan del funcionamiento más de lo necesario y los dedos crecen más débiles. Una mejor estrategia es restringir el movimiento del brazo y hombro, al mismo tiempo que se obliga a ejercitar los dedos, de forma que las zonas neuronales que controlan las zonas anteriores no las sobrereforzarán, controlando los dedos. Estos resultados tienen unas profundas implicaciones para el entrenamiento de la condición física, en particular:

- El entrenamiento de la condición física no sólo causa cambios fisiológicos y funcionales en el sistema motor y cardiovascular, sino también en el sistema nervioso central.
- El entrenamiento de la fuerza en máquinas que restringen los movimientos articulares para pro-ducir una acción deportiva determinada pueden modificar la programación y la estructura de las conexiones del cerebro y, por tanto, reducir la capacidad funcional de muchos de los músculos utilizados para realizar el movimiento.
- La rapidez con que se producen los cambios en el cerebro a través de repetidos estímulos significa que incluso cortos períodos de modelos de entrenamiento de fuerza inapropiados pue-

Urheberrechtlich geschütztes Material

den ir en detrimento del rendimiento deportivo. La importancia de la comprensión de las complejidades de la programación de métodos de entrenamiento concurrentes y secuenciales a corto y largo plazo resulta, pues, obvia. Ello requiere un completo conocimiento de fenómenos como el efecto de entrenamiento retardado y el método de secuencia conjugada que se describe en capítulos posteriores.

- Una excesiva dependencia en sistemas ergogénicos como los cinturones para el levantamiento de pesas, los guantes, vendajes de las articulaciones, accesorios especiales en el calzado, calzas bajo los talones para la sentadilla y entrenamientos de elasticidad pueden modificar el sistema neuromuscular hasta tal punto, que sin ellos es dificultoso un entrenamiento eficiente y seguro.
- Evitar ciertos ejercicios (como los propuestos por famosas organizaciones para el desarrollo de la condición física) y utilizar acciones musculares compensatorias pueden alterar el equilibrio dinámico entre los grupos musculares interactivos y también los programas neuronales, reduciendo la capacidad para sostener ciertos movimientos funcionales de forma eficiente y segura en el deporte y en las actividades diarias.
- Si la posibilidad de recuperación total de una lesión es remota, puede ser válida la enseñanza de una acción muscular compensatoria para mantener un elevado nivel de capacidad funcional.
- La existencia de estilos individuales revela que cada persona programará el sistema nervioso central de forma sutilmente distinta, de manera que los intentos por imponer modelos de movimiento estereotipados y muy generales puede impedir que el deportista desarrolle todo su potencial.
- Sutiles diferencias aparentemente tan insignificantes como un cambio del agarre, la postura o la posición de la cabeza en un entrenamiento regular pueden provocar cambios neuronales significativos que controlarán la forma en la que el deportista realiza un determinado gesto técnico

DÉFICIT DE FUERZA

Por las razones precedentes, este texto distingue cuidadosamente entre el entrenamiento con pesas para producir efectos funcionales del entrenamiento y para producir efectos estructurales. Al determinar si un deportista requiere un tipo específico de entrenamiento con pesas, es útil introducir el concepto de *déficit de fuerza* (Fig. 1.1), que se define como la diferencia entre la *fuerza máxima* (esfuerzo voluntario) producida en una determinada acción y la *fuerza absoluta* (esfuerzo involuntario) de la que el atleta es capaz en esta misma acción. Este déficit puede definirse bajo condiciones estáticas o dinámicas, dependiendo el déficit del ritmo al que la fuerza debe ser desarrollada en una determinada acción articular.

El déficit de fuerza refleja el porcentaje del potencial de fuerza máxima que no es utilizado durante la tarea motora. Debido a que la contracción dinámica excéntrica también provoca que las fibras musculares sean reclutadas de forma involuntaria, *es conveniente, en el marco del entrenamiento, definir el déficit de fuerza estática como la diferencia del porcentaje entre la fuerza isométrica máxima y la excéntrica máxima* para un grupo muscular específico o para una acción articular. El *déficit de fuerza dinámica* puede definirse como la diferencia del porcentaje entre la fuerza concéntrica máxima y la fuerza excéntrica máxima para un grupo de músculos dado.

La determinación de la fuerza excéntrica máxima es una tarea difícil y potencialmente perjudicial, especialmente cuando los músculos pueden soportar una carga mucho mayor (hasta el 30-40%) durante una acción excéntrica que durante una concéntrica. Puede realizarse una aproximación para la

Urheberrechtlich geschütztes Material

aplicación práctica averiguando la carga máxima que una persona puede descender bajo control sobre una determinada acción articular durante un período no inferior a los 3-5 segundos, dependiendo de los grupos musculares y de la amplitud del movimiento. Un ritmo más rápido de descenso no reclutaría el suficiente número de fibras para producir una fuerza máxima (ver cap. 3), mientras que ritmos de descenso menores producen una fatiga estática que disminuye la producción de fuerza, y, por tanto, se reflejaría la resistencia muscular estática del músculo en lugar de su fuerza máxima. Por otra parte, a este ritmo de 3-5 segundos de descenso, el movimiento es excéntrico cuasi-isométrico y produce unos niveles más elevados de tensión muscular que acciones excéntricas más rápidas.

Verkhoshansky ha demostrado que el déficit de fuerza aumenta cuando la resistencia externa y el tiempo de movimiento disminuyen (ver cap. 3), indicando que el entrenamiento para incrementar la fuerza máxima o absoluta es más importante a medida que el tiempo disponible para el movimiento se prolonga. Contrariamente, el entrenamiento para incrementar la rapidez del movimiento (esto es, acondicionamiento del sistema nervioso) se convierte en más importante cuando la carga externa disminuye. El trabajo de Verkhoshansky implica que el cálculo del *déficit de la fuerza explosiva* es también importante para determinar la programación del entrenamiento de fuerza para atletas cuyos eventos no les permitan suficiente tiempo para producir una fuerza máxima, en otras palabras, para acciones como el correr, saltar o lanzar. En el capítulo 3 se ofrece una más detallada pero esencial información de su trabajo en el estudio del déficit de fuerza y su relevancia en el entrenamiento para incrementar la potencia y la fuerza explosiva.

Antes de intentar estimar el déficit de fuerza, es importante apreciar que el rendimiento deportivo no sólo depende de producir el máximo de fuerza, ya que muchas acciones deportivas tienen lugar de forma tan rápida que es imposible reclutar un adecuado número de fibras. Suponiendo que la técnica deportiva sea la adecuada, el rendimiento puede ser también limitado debido a la incapacidad de producir un nivel óptimo de fuerza en cualquier instante. En otras palabras, el ritmo de desarrollo de la fuerza (RDF) es otro factor vital para la habilidad deportiva. De este modo, resulta muy importante estimar los déficit de la producción de la fuerza máxima, así como del pitmo de producción de fuerza (cap. 2).

El cálculo del déficit de fuerza para los grupos musculares más importantes de un atleta permite al entrenador designar el tipo específico de entrenamiento de fuerza de forma más precisa que basándose en el método más convencional de una programación de varios ejercicios con un cierto número de series y repeticiones, determinadas bastante arbitrariamente, con una carga determinada. El desarrollo del tipo necesario de condición o preparación física para un deporte específico permite mucho más que esto: el programa de entrenamiento debe prestar gran atención a muchos otros factores incluyendo el método de ejecución de cada ejercicio y la forma en que la fuerza se desarrolla en relación con el tiempo y el espacio (en la siguiente sección se enumeran otros factores).

En particular, si el déficit de fuerza es grande para un determinado grupo muscular, podrá producirse un incremento de la fuerza rápida por una estimulación neuromuscular máxima o cercana a ella (por ejemplo, con métodos de halterofilia o pliométricos). Si el déficit de fuerza es pequeño, la hipertrofia debe ser inducida por unos métodos de carga submáxima, como los utilizados frecuentemente en culturismo (ver tabla 1.1 y capítulo 7), seguidos por esfuerzos máximos con grandes cargas. Una tipo más resistente de fuerza resulta de una combinación de entrenamiento, correctamente secuenciada, de resistencia funcional y estructural. Sin embargo, es importante controlar regularmente cualquier cambio de la fuerza relativa para averiguar si la hipertrofia resultante es simplemente un añadido de

Urheberrechtlich geschütztes Material

masa de tejido improductivo que no conlleva un incremento proporcional de la fuerza funcional. Otras formas útiles para determinar la efectividad del entrenamiento son el análisis de los tipos de lesión o dolor y los cambios del tiempo de reacción.

ASPECTOS PRELIMINARES

El entrenamiento de la fuerza se considera sinónimo de entrenamiento contra resistencia o con pesas, ya que el desarrollo de la fuerza depende de la imposición de adecuadas programaciones de ejercicio contra una resistencia externa.

ENTRENAMIENTO CON PESAS PARA DIFERENTES OBJETIVOS

Las programaciones de resistencias clásicamente utilizadas para producir fuerza, potencia, resistencia muscular o hipertrofia muscular están resumidos en la tabla 1.1, con recomendaciones basadas en la investigación y experiencia, (es importante destacar que esta tabla se refiere a programaciones de entrenamiento dinámicas y no isométricas).
Sin embargo, este esquema no tiene en cuenta la complejidad del fenómeno de la fuerza o de otras cualidades de rendimiento neuromuscular relacionadas con la fuerza, como por ejemplo la fuerza rápida, fuerza explosiva, fuerza-flexibilidad y fuerza-resistencia.

TABLA 1.1 *Entrenamiento de resistencia para lograr diferentes objetivos de rendimiento. La resistencia se refiere a la resistencia muscular.*

VARIABLE	FUERZA	POTENCIA	HIPERTROFIA	RESISTENCIA
Carga (% de 1RM)	80 - 100	70 - 100	60 - 80	40 - 60
Repeticiones por serie	1 - 5	1 - 5	8 - 15	25 - 60
Series por ejercicio	4 - 7	3 - 5	4 - 15	2 - 4
Descanso entre series (en min)	2 - 6	2 - 6	2 - 5	1 - 2
Duración (seg por serie)	5 - 10	4 - 8	20 - 60	80 - 150
Rapidez por repetición (% del máx.)	60 - 100	90 - 100	60 - 90	6 - 80
Sesiones de entrenamiento por semana	3 - 6	3 - 6	5 - 7	8 - 14

El principal objetivo de este libro es investigar el alcance del entrenamiento deportivo específico con una profundidad mucho mayor que el implicado en el esquema general de la tabla 1.1 y, por ello, permitir el ejercicio profesional para aplicar esta información a la práctica.

Más adelante, se mostrará que la administración de un efectivo y seguro ejercicio de pesas debería empezar con una comprensión de la relación fuerza-tiempo y las curvas relacionadas en relación con los modelos de producción de fuerza en el entrenamiento deportivo y con pesas. En base a ello, podemos identificar varios objetivos importantes en el entrenamiento de la fuerza:

- incrementar la fuerza máxima o absoluta
- incrementar la fuerza explosiva (gran fuerza en un tiempo mínimo)
- incrementar el ritmo de producción de la fuerza
- permitir que los músculos generen grandes fuerzas en un período determinado
- permitir que los músculos mantengan pequeñas fuerzas durante un período prolongado
- incrementar la hipertrofia del tejido muscular y conectivo.

El resumen de los métodos de entrenamiento ofrecido en la tabla 1.1 puede ser adecuado para el entrenador personal medio que trata con un cliente medio o con un deportista de bajo nivel, pero necesita ampliarse para tener en cuenta los objetivos establecidos anteriormente. En particular, se debe distinguir entre los métodos que se basan en la adaptación neuronal y los diferentes tipos de hipertrofia y resistencia musculares. Esta tarea se lleva a cabo en profundidad en posteriores capítulos.

Los métodos que conllevan un gran volumen de entrenamiento (muchas repeticiones con cargas ligeras) se conocen como métodos extensivos y cualquier periodo basado en un elevado volumen de entrenamiento de pesas suave se denomina fase de extensión o acumulación. Por el contrario, los métodos con una elevada intensidad y un bajo volumen se conocen como métodos intensivos, y un periodo que contiene este tipo de entrenamiento se conoce como fase de intensificación. Los primeros estadios del entrenamiento normalmente empiezan con una fase extensiva con el objetivo de establecer los fundamentos para unas mayores demandas impuestas por la fase intensiva subsiguiente, con una gran resistencia y pocas repeticiones (fig. 1.3). De hecho, el sistema de entrenamiento a largo plazo conocido como periodización se basa en la alternancia cíclica de fases extensas e intensivas del ejercicio escogidas para mejorar oportunamente determinados componentes de la condición física como la fuerza, la fuerza-rápida y la fuerza-resistencia (ver cap. 5 y 7).

Los métodos tradicionales de acondicionamiento de la fuerza normalmente hacen referencia a las siguientes variables como las más importantes en un programa de entrenamiento de pesas:

- la magnitud de la carga;
- el número de repeticiones;
- el número de series.

Sin embargo, los programas de entrenamiento basados completamente en estas variables son altamente incompletos y limitados en su efectividad a largo plazo, sobre todo como una forma complementaria de entrenamiento para otros deportes. Factores como los siguientes deben tomarse también en consideración:

- el tipo de fuerza requerida;
- el tipo de acción muscular que comporta (isométrica, concéntrica, excéntrica);
- la velocidad del movimiento en la realización de los diferentes movimientos;
- la aceleración en puntos críticos del movimiento;
- los intervalos de descanso entre repeticiones, series y sesiones;
- los intervalos de descanso/recuperación activos y pasivos;
- la secuencia de los ejercicios;
- la fuerza relativa de los músculos agonistas y antagonistas, estabilizadores y movilizadores;
- el desarrollo de la óptima amplitud de movimiento estática y dinámica;
- el déficit de fuerza de determinados grupos musculares;
- la historia de entrenamiento del individuo;
- la historia de lesiones del individuo;
- el nivel deportivo del individuo.

Este último factor es de excepcional importancia, ya que el atleta de alto nivel responde a un régimen de entrenamientos muy diferente al del novato. Por ejemplo, la exacta secuencia de la fuerza, fuerza-rápida e hipertrofia significa que una sesión o

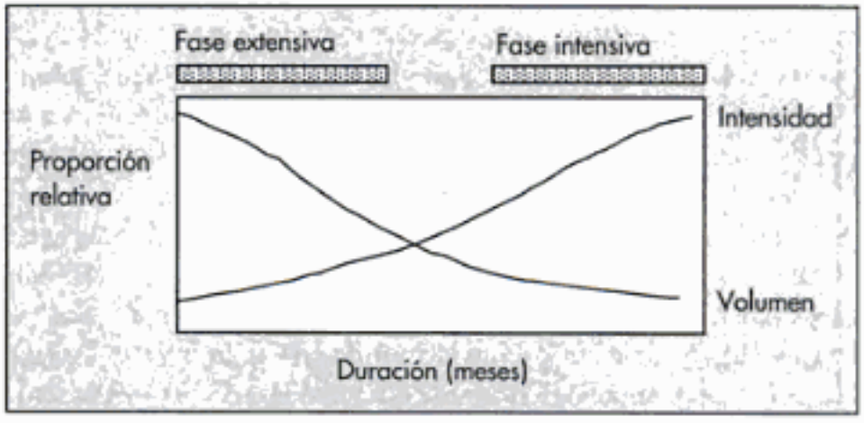


FIGURA 1.3 *Un típico modelo básico de periodización para los entrenamientos iniciales, mostrándose la sustitución de una fase extensiva por una fase intensiva. Intensidad se refiere a la carga media levantada en cada repetición, mientras que el volumen se refiere a la suma de peso x repeticiones para todas las series y todos los principales ejercicios, que es una medida aproximada del total de trabajo realizado por ejercicio.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

microciclo es poco importante en las primeras semanas o meses de un entrenamiento para un deportista novel, sin embargo es muy importante para un deportista más experimentado. Por otra parte, cargas tan pequeñas como el 40% de 1RM pueden mejorar significativamente la fuerza de un principiante pero no tendrán un efecto de mejora de fuerza para un deportista de elite.

FACTORES LIMITANTES DE LA PRODUCCIÓN DE FUERZA

La producción de fuerza a corto y largo plazo depende de los siguientes factores principales:

- entrenabilidad;
- neuromuscular;
- eficiencia biomecánica;
- factores psicológicos;
- dolor y miedo al dolor;
- lesión y miedo a lesionarse;
- fatiga.

Entrenabilidad

Este concepto se refiere al potencial de desarrollar la fuerza en respuesta a un régimen de entrenamiento específico y depende, en gran medida, de los factores genéticos y del estado de pre-entrenamiento. Los factores genéticos determinan el potencial para la hipertrofia, las características de la palanca en cada articulación, la distribución de fibras rápidas y lentas en diferentes grupos musculares y la eficiencia metabólica.

El estado de pre-entrenamiento se refiere al nivel de condición física especial que posee un individuo antes de empezar el entrenamiento regular. La carga física impuesta por el trabajo, juego y deporte esporádico tiene un acentuado efecto sobre la capacidad para aumentar el nivel de fuerza, siendo posible las mayores mejoras relativas en los individuos no entrenados y las menores en deportistas de elite. Sin embargo, la respuesta individual al entrenamiento en un cierto nivel de condición física especial está en gran parte determinado por la predisposición genética a incrementar con facilidad la hipertrofia, fuerza y potencia. Por otro lado, en un entrenamiento a largo plazo los niveles séricos de la ilimitada y biológicamente activa testosterona son también importantes para el entrenamiento (Häkkinen, 1985).

Eficiencia neuromuscular

Se refiere a la habilidad con la que uno ejecuta un determinado movimiento y se relaciona con el nivel de efectividad e intensidad con que se reclutan las fibras musculares en los grupos musculares apropiados para producir un tipo de movimiento adecuado y potente. Todas las acciones motoras son controladas por procesos nerviosos y neuromusculares; por tanto, este factor debe considerarse fundamental para la producción funcional de fuerza.

Eficiencia biomecánica

Está relacionada con factores genéticos como las características de las palancas del cuerpo, la fuerza relativa de diferentes grupos musculares que controlan el movimiento de cada miembro y la eficiencia neuromuscular que orquesta todos los modelos de movimiento del cuerpo. La eficacia con o sin la utilización de equipamiento y ropa deportiva (como bates, raquetas y los instrumentos para lanzar) o en contacto cercano con oponentes (por ejemplo, en lucha, judo, rugby y fútbol americano) es especialmente importante. A diferencia de los inmutables factores genéticos que predisponen a una persona a conseguir un potencial que, con mucho, exceda al de otra persona, tanto la eficiencia neuromuscular como la biomecánica están profundamente influidas por el entrenamiento y constituyen un vehículo para producir grandes incrementos del nivel de fuerza, tal y como se desarrollará en próximos capítulos.

Factores psicológicos

El rendimiento deportivo depende en gran medida de factores psicológicos como la motivación

Urheberrechtlich geschütztes Material

(para conseguir ciertos objetivos), la agresividad, la concentración, la atención, la capacidad para tolerar dolor o mantener un cierto nivel de esfuerzo, la percepción de sensaciones y sucesos en el entrenamiento y en la competición, el efecto placebo, las dotes de comunicación, la capacidad para soportar ansiedad o tensión, la actitud frente a la competición y los otros deportistas, la actitud al ganar o al perder, la capacidad de aprendizaje, el estado de ánimo, la personalidad, el estado de alerta o de vigilancia, la capacidad para controlar las distracciones y la capacidad para relajarse efectivamente.

El papel de un entrenador competente en cuanto a ayudar al deportista no puede ser desestimado en este aspecto, ya que la preparación física ideal en el deporte nunca compensará las deficiencias producidas por la debilidad psicológica que surge durante la competición. La percepción de las cargas de entrenamiento, del rendimiento en la habilidad, de los puntos fuertes y débiles de los adversarios, del lugar en que tiene lugar la competición, del estado de condición física y de los factores deportivos relacionados resulta fundamental para una eficiente preparación psicológica del deportista. El miedo al dolor y a las lesiones son importantes factores mentales que se exponen a continuación.

Dolor y miedo al dolor

El dolor limita seriamente a un deportista en su intento por producir una fuerza máxima en cualquier instante. Aquí distinguimos entre el dolor producido por una lesión y el dolor producido por un esfuerzo (y en alguna ocasión por la fatiga). El dolor por una lesión es una respuesta protectora ante cualquier actividad que provoque o haya provocado cierto daño a algún sistema del cuerpo. Este aviso de dolor debe ser tratado inmediatamente para evitar una lesión más importante, ya que ignorar este tipo de retroinformación puede tener graves consecuencias. El dolor por un esfuerzo no es necesariamente el resultado de una lesión, pero se refiere a la interpretación personal de la intensidad del esfuerzo y, en determinadas ocasiones, se valora mediante una escala subjetiva llamada grado de esfuerzo percibido (GEP). Esta escala se utiliza con mayor frecuencia para juzgar la exigencia del ritmo del ejercicio cardiovascular, pero puede aplicarse también a la resistencia muscular y a las actividades de fuerza máximas (fig. 1.4).

GEP fue ideado por Borg para permitir la estimación de la intensidad del ejercicio cardiovascular en una escala que originalmente se desarrollaba de 6 a 22. Se escogió esta escala porque la frecuencia cardíaca (FC) media en los adultos varía aproximadamente de 60 latidos en reposo hasta un máximo de 220 latidos por minuto. Posteriormente, Borg simplificó esta escala y la clasificó entre 0 y 10, teniendo lugar el acondicionamiento cardiovascular entre 3 y 5. Esta escala puede adaptarse como una escala de grado de esfuerzo subjetivo (GES) para valorar el nivel de esfuerzo experimentado en actividades de resistencia muscular, fuerza y potencia. La FC no sólo es característicamente más alta en actividades de resistencia muscular; es incluso mayor en movimientos de fuerza intensos, ya que la resistencia muscular se desarrolla con cargas de entre el 40 y el 60% de 1RM, y la fuerza y la potencia con cargas del 70-100% de 1RM (ver tabla 1.1). Por tanto,

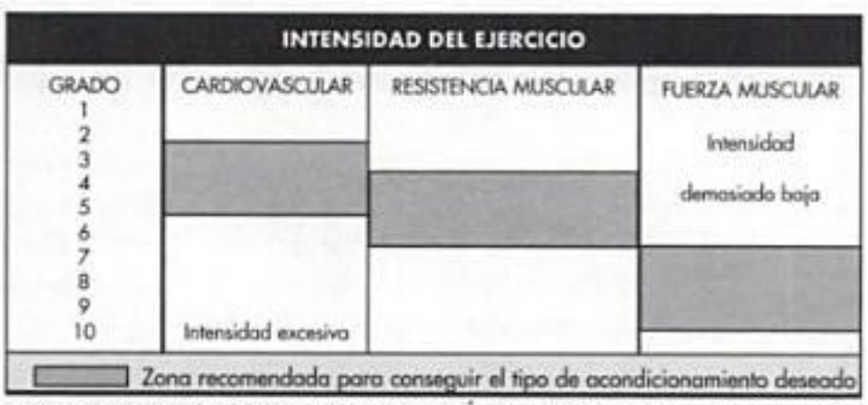


FIGURA 1.4 *Escala del Grado de Esfuerzo Subjetivo (GES) para juzgar la intensidad en tipos diferentes de ejercicio.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

si el esfuerzo máximo es 10 y la ausencia de esfuerzo es 0, la escala puede ser utilizada para clasificar diferentes niveles de esfuerzo muscular y de esfuerzo cardiovascular.

Este hecho puede ser particularmente útil para evitar el sobrentrenamiento, ya que la tensión está determinada no sólo por la magnitud objetiva de la carga, sino también por el grado de dificultad con que la carga es sentida por el deportista durante una serie o sesión de entrenamiento. La tensión física se relaciona más con la magnitud objetiva (esto es, la carga y las repeticiones) del ejercicio, mientras que la tensión mental se relaciona más estrechamente con la percepción subjetiva de uno sobre el nivel de exigencia de la carga, de forma que una sesión de entrenamiento que detalle el grado de carga objetiva y subjetiva ofrece unos medios más completos para ajustar el programa de entrenamiento a la capacidad de cada deportista, minimizando la posibilidad de sobreentrenamiento y lesión por sobreentrenamiento.

Lesión y miedo a la lesión

No se requieren sofisticados análisis para confirmar que una lesión aguda o crónica puede imposibilitar la movilización de un miembro o la producción de una fuerza máxima. En particular, la inhibición refleja de la contracción es un fenómeno conocido que produce debilidad muscular cuando se lesiona una articulación (Stokes y Young, 1984). Por ejemplo, resulta imposible generar la fuerza máxima en una sentadilla si uno sufre un deterioro de la articulación de la rodilla como en la condromalacia rotuliana o en cualquier otra forma de lesión perirotuliana. La importancia de preparar un entrenamiento efectivo y seguro para desarrollar la fuerza resulta obvia, así como la utilización de adecuados programas de rehabilitación para permitir el retorno del deportista lesionado a la competición de alto nivel. El miedo a la lesión debe entenderse como un importante factor inhibidor en la producción de fuerza o de cualquier otra cualidad motriz. Normalmente, es poco importante que la valoración médica establezca que la rehabilitación se ha completado; el retorno a la competición de alto nivel sólo se producirá con éxito si el deportista percibe que la rehabilitación se ha completado y el miedo al dolor o a una nueva lesión es mínimo.

Fatiga

La fatiga determina la capacidad para mantener un tipo específico de esfuerzo, que va desde grandes exigencias cardiovasculares en carreras ultramaratonianas a los breves picos de fuerza máxima de los halterófilos. La fatiga rápida es provocada por los esfuerzos máximos y cercanos al máximo asociados con deportes de fuerza (como la halterofilia) y a una fatiga más lenta que conlleva bajas intensidades de producción de fuerza (como las carreras de larga distancia y el ciclismo).

La resistencia se puede definir como la capacidad para resistir la fatiga, siendo la resistencia estática la capacidad para mantener una actividad isométrica y la resistencia dinámica como la capacidad para mantener una contracción muscular dinámica. Debe destacarse que la resistencia dinámica no es la misma para los diferentes tipos de acción muscular (auxotónica, isotónica o isocinética), como tampoco lo es la resistencia a diferentes velocidades de movimiento. Ésta es una de las razones por la que se recurre a determinar cualidades condicionales como la fuerza rápida, la resistencia de la fuerza estática y dinámica y la resistencia a la fuerza rápida.

Es necesario distinguir entre fatiga central y fatiga periférica; la primera se asocia con el sistema nervioso central, esto es, con factores externos al sistema muscular, y la segunda se refiere a los procesos de fatiga en el sistema nervioso periférico y en el sistema neuromuscular. La fatiga central se relaciona con una disminución de la motivación, una transmisión alterada de los impulsos nerviosos medulares y un reclutamiento debilitado de las motoneuronas medulares (Bigland-Ritchie y Woods, 1984).

Urheberrechtlich geschütztes Material

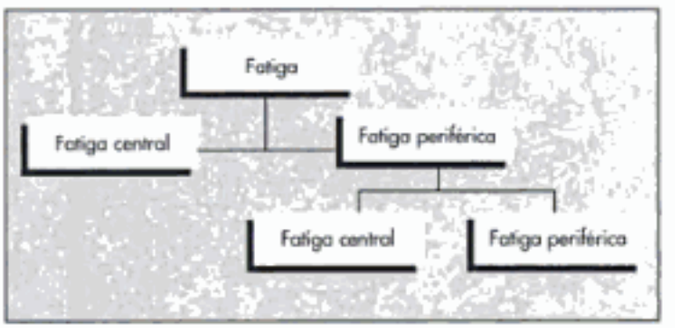


FIGURA 1.5 *Clasificación de los distintos tipos de fatiga.*

La fatiga a nivel de la célula muscular puede afectar a uno o más de los muchos procesos de excitación-contracción que empiezan con la despolarización de la célula muscular en la unión neuromuscular y finalizan con un golpe de potencia mecánica, la acción final involucrada en una interacción de actina-miosina y de generación de fuerza. La alteración de alguna fase de esta secuencia de procesos disminuirá la capacidad de la célula muscular para realizar su potencial de fuerza máximo. Los lugares periféricos principales implicados en la fatiga de la célula muscular incluyen la placa terminal motora, el sarcolema, los túbulos T, el retículo sarcoplasmático, las proteínas reguladoras y las proteínas contráctiles (Green, 1988).

La fatiga periférica se ha subdividido en fatiga de frecuencia baja y fatiga de frecuencia elevada, relizando la distinción en base a la frecuencia en la que la fatiga tiene lugar en respuesta a la estimulación eléctrica de los músculos (Edwards, 1981). Si en la estimulación eléctrica que se aplica a un músculo directamente después de la contracción la alteración de la producción de fuerza se detecta a una frecuencia baja (menos de 20 Hz) se denomina fatiga de frecuencia baja, nombre aplicado por Edwards. Si la disminución de fuerza se detecta a frecuencias mayores de 50 Hz, se conoce como fatiga de frecuencia elevada (fig. 1.5).

La fatiga de frecuencia baja (FB) se produce al inicio del ejercicio, sin relación alguna con las características de la contracción muscular, y exhibe un prolongado periodo de recuperación que persiste después de 48 horas. Se ha atribuido a la imposibilidad de excitación en el emparejamiento debido a una menor liberación de iones calcio (Edwards, 1981). No tiene por que afectar necesariamente al resultado de la fuerza a una frecuencia elevada, ya que la frecuencia de excitación alta puede ser compensada por la liberación alterada y activar, de forma máxima, la fibra muscular.

En lo que se refiere a las contracciones máximas de corta duración, la reducción del índice de transmisión neuromuscular puede ser el resultado de una reducción de la transmisión central y no de una alteración eléctrica periférica (Bigland-Ritchie y Woods, 1984). Esto se ha sugerido debido a que la reducción del nivel de impulsos puede ser beneficiosa para evitar una alteración eléctrica y facilitar una respuesta mecánica máxima desde el músculo. La activación intensiva del sistema nervioso central a través del entrenamiento con cargas máximas, potencia máxima o pliometría requiere un período de recuperación mínimo de 48 horas si no se utilizan métodos de recuperación.

La secuencia de reclutamiento de las diferentes fibras musculares está determinada en gran medida por la intensidad y duración de la carga, siendo reclutadas primero las fibras de bajo umbral, contracción lenta y elevada resistencia durante una baja intensidad de estimulación, y las fibras de contracción rápida y de baja resistencia sucesivamente a medida que la intensidad de la activación aumenta (ver fig. 1.21).

Otros estudios revelan que se producen cambios tanto del tipo de reclutamiento como de la frecuencia de impulsos cuando se intenta retrasar la aparición de la fatiga (Maton, 1981). Sin embargo, músculos diferentes pueden utilizar estrategias distintas para soportar la fatiga, ya que el tipo de reclutamiento y la frecuencia de impulsos varían entre músculos cuando se genera una fuerza isométrica (Deluca, 1985).

La disminución del riego sanguíneo a los músculos con una mayor intensidad de la contracción

Urheberrechtlich geschütztes Material

muscular tiene también un importante efecto en la resistencia muscular local. El libre suministro de oxígeno a los músculos por los capilares tiene lugar sólo con cargas que provocan un nivel inferior al 15% de la tensión muscular máxima. A niveles mayores de tensión, el riego sanguíneo se ve progresivamente dificultado por la compresión de los vasos sanguíneos por parte de los músculos en contracción, hasta que cesa completamente cuando un músculo genera más del 50% de su fuerza isométrica máxima. En este punto, el músculo debe confiar en procesos independientes del oxígeno (anaerobios) para conseguir sus necesidades energéticas. Si la actividad dinámica a este nivel de tensión muscular conlleva fases alternadas de contracción y relajación, como es el caso en la mayoría de los entrenamientos con pesas repetitivos, el riego sanguíneo tendrá lugar durante las fases de relajación y disminuirá la probabilidad de fatiga muscular. Sin embargo, si el ejercicio comporta contracciones isométricas o cuasi isométricas con una duración superior a 6 segundos, esta causa circulatoria de fatiga será muy significativa. Ello explica por qué la actividad isométrica provoca una mayor y más rápida fatiga que la actividad dinámica (figs. 1.6a y b).

Esta subsección se ha centrado en la fatiga que se desarrolla en actividades de fuerza de corta duración, dejando en segundo término la fatiga asociada a actividades cardiovasculares. El sistema nervioso central juega un papel decisivo en la generación de fuerza y potencia máximas y cuasi máximas, de forma que el desarrollo de la resistencia a la fatiga bajo estas condiciones requiere una adecuada estimulación del sistema nervioso central.

La capacidad para realizar ejercicios intensos de resistencia también depende de la utilización del tipo adecuado de entrenamiento crónico. En este caso, el entrenamiento comprende una gran parte de trabajo de larga duración y de baja resistencia, que produce una amplia respuesta cardíaca, respiratoria y circulatoria. Sin embargo, la mejora de la resistencia ha sido atribuida en gran parte a la adaptación periférica en los músculos y, en segundo lugar, a cambios cardiovasculares, en particular el aumento de la eficacia del metabolismo energético, de la actividad enzimática y de la utilización de combustible (Saltin y Rowell, 1980; Gollnick y Saltin, 1982).

La relevancia de los cambios enzimáticos y metabólicos todavía no se conoce con precisión, pero se coincide en señalar que los ácidos grasos son un importante combustible para la actividad muscular, reduciendo por tanto la dependencia del glucógeno muscular almacenado. Se considera que el poco glucógeno muscular que persiste en el entrenamiento crónico es la principal razón para la resistencia a la fatiga, aunque cualquiera de los otros cambios periféricos puede ser también el responsable. Un elevado nivel de excitación-emparejamiento y adaptaciones intracélulares también tienen lugar con el entrenamiento. Por ejemplo, la investigación ha comprobado que el entrenamiento produce tanto cambios eléctricos como mecánicos, medidos por una respuesta muscular a la electroestimulación a corto plazo (Duchateau y Hainaut, 1984).

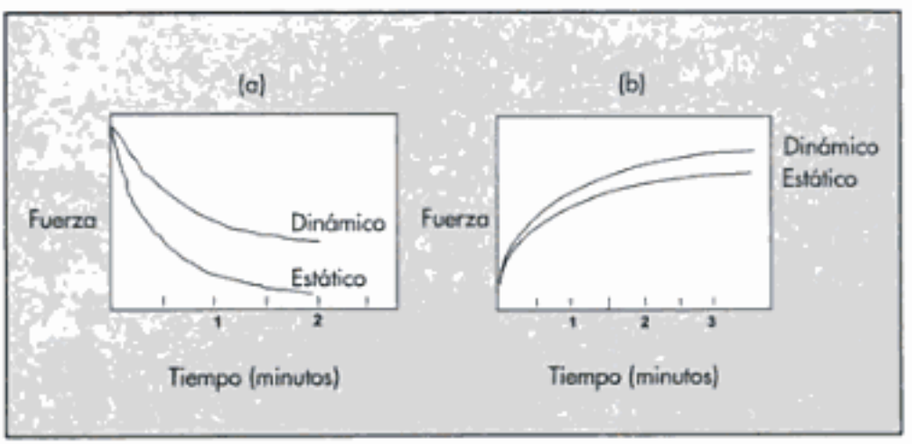


FIG. 1.6 *(a) y (b) Curvas del principio de la fatiga y de recuperación en el trabajo estático y dinámico.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

Se han planteado varias razones para explicar la resistencia a la fatiga, por ejemplo, como consecuencia de un aumento del potencial aeróbico (Kugelberg y Lindegren, 1979), o una mejor eficiencia energética a nivel periférico, expuesta antes. Sin embargo, también pueden tener lugar alteraciones de la transmisión nerviosa central, tal y como se ha observado en el entrenamiento de la fuerza (Sale et al. 1982; Davies et al. 1985). A este respecto, ha habido poca investigación acerca del papel que desempeña la retroalimentación aferente y la orden supraespinal en la modulación de la actividad de la motoneurona tanto en situación de entrenamiento como de ausencia de entrenamiento.

Fuerza y biomecánica

Normalmente no se toma en consideración el hecho de que el entrenamiento contra resistencia es realmente un entrenamiento de fuerza que requiere que los músculos produzcan una fuerza contra una resistencia externa (por ejemplo, pesas, bandas elásticas, agua o máquinas especializadas). Si la resistencia externa la constituyen pesas, puede describirse mediante la Segunda Ley del Movimiento de Newton, expresada en su forma más simple como: fuerza F = ma, donde m es la masa de la carga y a su aceleración. De este modo, es irrelevante establecer programas de entrenamiento simplemente en términos de carga. Las cargas ligeras pueden ser aceleradas de forma mucho más rápida que las cargas pesadas, de forma que la mayor fuerza no tiene por que estar necesariamente asociada con cargas más pesadas.

El par de fuerzas o torque (rotación = F x d, donde F es la fuerza y d es la distancia perpendicular desde la línea de acción de la fuerza y el punto sobre el cual la fuerza tiende a producir torque) que actúa sobre esta carga también varía a lo largo de la amplitud de un movimiento determinado, de forma que la tensión muscular varía constantemente y son realmente la tensión muscular y el grado de activación neuromuscular coordinada, en lugar de la carga levantada, los que determinan la eficacia de un ejercicio.

Este hecho establece una interesante y muy importante cuestión en el entrenamiento de la fuerza: ¿Se debería levantar un carga pesada con una pequeña aceleración o se debería levantar una carga ligera con una mayor aceleración para producir la fuerza de forma más efectiva? o ¿es preferible entrenar isométricamente para mejorar la fuerza máxima? En todos estos casos, el nivel de fuerza producida puede ser exactamente el mismo, pero el efecto del entrenamiento puede ser completamente distinto.

Para responder a estas cuestiones es necesario dibujar una curva de fuerza en relación con el tiempo y examinar cómo cada curva fuerza-tiempo o una adecuada porción de esta curva se empareja mejor con la cualidad de fuerza requerida, como son la fuerza estática, velocidad-fuerza, fuerza-resistencia o fuerza rápida. En otras palabras, la curva fuerza-tiempo debe ser considerada como el punto de partida para entender todo el fenómeno de la fuerza específica para cada deporte y para determinar los entrenamientos de fuerza en cada deporte. Esta curva se utilizará en capítulos posteriores para responder a las cuestiones planteadas anteriormente y para actuar como marco de referencia para resolver otros importantes aspectos del entrenamiento de la fuerza.

Otras curvas que proporcionan una incalculable información para entender y aplicar el entrenamiento de fuerza específico para cada deporte son la fuerza-desplazamiento angular (para cada articulación), fuerza-velocidad, resistencia-fuerza y resistencia-velocidad. Esta información, junto con un conocimiento de cuáles son los músculos involucrados estática y dinámicamente en un movimiento determinado, componen los mínimos requerimientos para establecer un programa efectivo y seguro de entrenamiento de fuerza para cualquier deporte. Uno de los principales propósitos de este texto es proporcionar al lector una sólida compren-

Urheberrechtlich geschütztes Material

sión de éstos y otros procesos esenciales que son básicos en la programación de los ejercicios para la mejora del rendimiento o para la rehabilitación después de una lesión.

FILOSOFÍA DEL ENTRENAMIENTO FÍSICO

El éxito de cualquier programa de entrenamiento está muy relacionado con la filosofía del entrenamiento físico en el que está incorporado. Como este texto se fundamenta en la ciencia de ejercicio rusa, es útil examinar el sistema educativo ruso que ha producido generaciones de deportistas de talla mundial en todas las especialidades deportivas. El alto nivel de sus deportistas en competiciones internacionales es un resultado directo de programas educacionales cuidadosamente diseñados para utilizar el deporte, junto con otras actividades, para promover fines nacionales. El deporte ruso, como cualquier otro tipo de educación, sigue los mismos principios y fases generales. Los rusos distinguen entre educación física y deporte, de forma que el segundo conlleva la especialización, la competición para la mejora del rendimiento y la adquisición de un máximo potencial físico y mental.

Varios autores (Yessis, 1987; Schneidman, 1979, Matveyev, 1981; Vorobyev, 1978) proporcionan una perspectiva válida del altamente organizado método ruso, en el que se reconocen al menos ocho principios interrelacionados en la preparación deportiva científica:

1. El principio de la conciencia

Éste cubre la ideología y la filosofía del deporte ruso, así como la toma de conciencia de todos los procesos involucrados en la adquisición de un alto nivel en la práctica deportiva. Se requiere del deportista que se conozca a sí mismo y que entienda los procesos psicológicos y fisiológicos que tienen lugar en su cuerpo y que lo capacitan para controlar y evaluar objetivamente sus sensaciones y su capacidad de trabajo.

2. El principio del desarrollo completo

Este principio permite construir unos fundamentos físicos y mentales sólidos sobre los cuales basar otras cualidades deportivas más especializadas. El desarrollo completo comprende fuerza, velocidad, flexibilidad, resistencia, una buena coordinación, una fuerza de voluntad consistente y un desarrollo moral y cultural ejemplar. La preparación psicológica abarca la persuasión, la explicación, el ejemplo, el ánimo, la influencia grupal, la automotivación y la adaptación al estrés.

3. El principio de la sobrecarga

Se refiere al principio de carga sistemática en el que la intensidad y el volumen del trabajo físico, así como el grado de dificultad de las habilidades motoras, se incrementan progresivamente. En todos los aspectos, incluyendo la fuerza, habilidad y estrategia, los deportistas van de lo fácil a lo difícil, de cargas ligeras a cargas pesadas, de lo conocido a lo desconocido. Se aconseja el mismo principio pero a la inversa de forma que las sesiones no finalicen de forma brusca. La armonía del cuerpo debe ser mantenida disminuyendo el ritmo del ejercicio después de cada sesión y de cada ciclo de competición.

4. El principio de la repetición

Este principio se basa en la teoría de las tres fases de Pavlov para el desarrollo de los reflejos condicionados. En primer lugar, las actividades novedosas estimulan grandes zonas del cerebro y reclutan músculos que son innecesarios para realizar un determinado movimiento. Además, una repetición consistente disminuye la falsa actividad neuromuscular y le permite a uno concentrarse predominantemente en la tarea que está siendo aprendida. Finalmente, se establece la habilidad y se automatiza el movimiento. Éstas son las mismas fases que se aplican a la enseñanza de habilidades deportivas, a saber:

a) Desarrollo de la conciencia: el deportista debe entender totalmente qué es. para aprenderlo antes de intentar dominarlo a la perfección.

Urheberrechtlich geschütztes Material

b) Desarrollo de la capacidad motora: el deportista debe adquirir la capacidad de concentrar su atención en el rendimiento de las habilidades físicas requeridas.

c) Desarrollo de la respuesta motora automática: el deportista no necesita concentrarse voluntariamente en los movimientos para llevarlos a cabo eficientemente. La habilidad aprendida se ha convertido en un reflejo condicionado, automatizado.

No sólo la repetición de los ejercicios, sino también secuencias adecuadas de trabajo y descanso, fatiga y recuperación, lesión y rehabilitación, son vitales para lograr un deportista de alto nivel.

5. El principio de la demostración y visualización

El deportista debe ser capaz de visualizar los movimientos correctos para dominar la especialidad deportiva. Debe aprender los modelos del movimiento a través de la observación de demostraciones por parte de su entrenador y otros expertos, estudiando vídeos, diapositivas y diagramas, y escuchando descripciones claras de la cinesiología involucrada. Ello incluye la enseñanza de movimientos completos y de estos mismos movimientos divididos en partes. Se espera también que los entrenadores y los deportistas de elite tengan un comportamiento ejemplar con el fin de conseguir el aprendizaje deseado de los principiantes.

6. El principio de la especialización

Aquí se detectan dos aspectos del entrenamiento especializado:

a) La práctica del deporte específico bajo condiciones de competición. La competición se considera importante en el aprendizaje de la especialización, de forma que los entrenadores aconsejan la participación regular en competiciones seleccionadas.

b) Ejercicios especiales para perfeccionar las habilidades motoras, tácticas y otros aspectos esenciales para rendir eficientemente en el deporte.

Muchos rusos expertos afirman que un buen rendimiento a temprana edad no asegura necesariamente un rendimiento al mismo nivel en la vida adulta. Consideran que la especialización precoz es posible en deportes como la gimnasia deportiva, que requiere coordinación, agilidad, flexibilidad o velocidad, debido a la particular capacidad del preadolescente en estas cualidades. Los deportes de fuerza y resistencia no son recomendables para los jóvenes. Algunos estudios indican que los niños deberían ser admitidos en las escuelas deportivas de acuerdo con la primera columna de la tabla 1.2, esperándose los mayores niveles de éxito en las edades detalladas en las dos últimas columnas.

Los rusos reconocen la existencia de excepciones individuales, pero destacan que la mayoría de sus campeones son adultos. Por ejemplo, en recientes JJOO la media de los participantes soviéticos ha sido de 24 años aproximadamente, con más de la mitad de ellos entre 24 y 30 años, y menos del 10% por debajo de los 20 años.

Una temprana especialización a un nivel intenso no parece producir un deportista longevo, justificándose, por tanto, la aplicación de las pautas marcadas en la tabla citada. Pocos deportistas han conseguido éxitos tan duraderos como los halterófilos Alexeev y Rigert o el pertiguista Bubka. Entre 1970 y 1978, Alexeev ganó 22 medallas de oro en Campeonatos del Mundo y JJOO, mientras que Rigert ganó 17. El fenomenal Bubka continúa rompiendo récords del mundo en varias ocasiones cada año.

7. El principio de individualización

Los regímenes de entrenamiento que se adaptan a un deportista no tienen por que adaptarse necesariamente a otro, de forma que los expertos rusos remarcan la importancia del diseño de programas individuales que se adapten a cada deportista, incluso en deportes de equipo. Ello permite una

Urheberrechtlich geschütztes Material

TABLA 1.2 *Edades para el inicio, especialización y máximo rendimiento en diferentes deportes (en años).*

Deporte	Iniciación al Deporte	Edad de Especialización	Alto Rendimiento
Baloncesto	7 - 8	10-12	20-25
Boxeo	9 -10	15-16	20-25
Ciclismo	9 -10	16-17	21-24
Saltos de Trampolín	5 - 6	8-10	18-22
Esgrima	7 - 8	10-12	20-25
Patinaje Artístico	5 - 6	8-10	16-20
Gimnasia Deportiva Femenina	4 - 5	10-11	14-18
Gimnasia Deportiva Masculina	5 - 6	12-14	18-24
Remo	12 -14	16-18	22-24
Esquí	6 - 7	10-11	20-24
Fútbol	5 - 6	11-13	18-24
Natación	3 - 7	10-12	16-18
Tenis	6 - 8	12-14	22-25
Atletismo	6 - 7	13-14	18-23
Voleibol	11 -12	14-15	20-25
Halterofilia	10 -11	17-18	21-28
Lucha	10 -11	15-16	24-28

buena comunicación entre deportista y entrenador, la aplicación de una evaluación científica, la ayuda de médicos deportivos, etc.

En todos los deportes, los rusos destacan el importante papel que desempeña el cerebro y el sistema nervioso central en general. Subrayan que la condición física está determinada en primer lugar por el funcionamiento del sistema nervioso central. El sistema nervioso central, a diferencia de los sistemas hormonal, muscular y otros de control lento, muestra un estado que se modifica rápidamente en cada instante. Por tanto, es esencial estructurar las sesiones y los ciclos de entrenamiento cuidadosamente para mantener la intensidad del ejercicio y la estimulación nerviosa en unos niveles beneficiosos para un deporte específico. Los niveles de estimulación óptima son particularmente importantes durante el entrenamiento de precompetición. Los expertos rusos asumen que el máximo nivel de preparación para la competición o la mejor condición deportiva en un periodo determinado se conseguirá si, junto con un elevado nivel de todos los componentes de la condición física, la capacidad de trabajo del sistema neuromuscular aumenta en la última semana antes de la competición y si, en el momento de la competición, su sensibilidad aumenta también de forma considerable.

8. El principio del entrenamiento estructurado

Todo entrenamiento comprende los periodos preparatorio, competitivo y de transición, de diferente duración, junto con otras subfases como las de preparación general, preparación especial, estabilización, intensificación y ampliación. Esta misma estructura es seguida al nivel del trabajo individual y de la programación a largo plazo. El proceso de entrenamiento sistemático a largo plazo se conoce como periodización y consiste en microciclos, mesociclos y macrociclos planeados cíclicamente, que exploten los ritmos de adaptación, recuperación y desarrollo naturales del cuerpo humano para optimizar el rendimiento (ver cap. 5 y 6). Dentro de toda la estructura pedagogica, la sesión de entrenamiento se concibe como la unidad de desarrollo básica para cada deporte. Una sesión de entrenamiento típica consta de tres partes principales:

a) *fase inicial* que normalmente comprende dos etapas:

1. Parte introductoria (5 minutos), en la que el grupo se organiza y se explican los objetivos y las actividades de la sesión por medio de instrucciones educacionales generales.
2. Parte preparatoria (15-25 minutos), en la que se realiza la preparación física y mental a dos niveles:

- calentamiento general para una preparación global del cuerpo para el trabajo físico
- calentamiento específico para adaptarse a las habilidades técnicas del deporte.

b) *fase principal* (60-90 minutos) que comprende una serie de ejercicios cuidadosamente secuenciados para aumentar la condición física general y específica, para enseñar habilidades técnicas y tácticas, y para impartir la capacidad de trabajar independientemente. Si se realizan varios tipos de entrenamiento en una sesión, la secuencia generalmente recomendada de componentes de entrenamiento es la detallada en la figura 1.7. Sin embargo, posteriormente se explicará que un entrenamiento de fuerza con pocas repeticiones puede preceder, en ocasiones, al entrenamiento de velocidad o de velocidad-fuerza debido a que el postefecto de una carga pesada puede mejorar el desarrollo de la velocidad.

c) *fase final* (5 minutos), en la que el cuerpo del deportista generalmente se relaja para poder retornar a su condición inicial y, de esta forma, facilitar la recuperación, el desarrollo y la retención de las habilidades motoras.

El entrenamiento diario puede dividirse en dos o más sesiones de menor duración, cada una con un énfasis diferenciado y separado por intervalos de recuperación para optimizar los procesos de adaptación.

A pesar del hecho de que el entrenamiento deportivo ruso es una operación cuidadosamente planeada en la que el entrenador comparte equitativamente la culpa si el deportista no consigue los resultados esperados, el sistema todavía recibe críticas. Por ejemplo, Dembo afirmó en 1974 que los médicos deportivos (y había más de 3.900 de ellos en aquel momento) no se utilizaban suficientemente. Afirmó que «ello se constata por el hecho de que el número de deportistas en condiciones patológicas y de enfermedad ha incrementado en los últimos años» (Schneidman, 1979). Con el gasto en deporte reducido debido a los cambios que actualmente tienen lugar en Rusia, este problema ha empeorado y muchos expertos del deporte buscan trabajo en Occidente.

Reconociendo las limitaciones de los entrenadores y educadores físicos, los rusos recomiendan que «la responsabilidad para guiar el proceso de entrenamiento no esté bajo un único entrenador, sino en un consejo de entrenadores. Es necesario adjuntar a cada consejo de entrenadores, junto con otros comités, un comité para la incorporación de los resultados de investigaciones a la práctica del entrenamiento deportivo. Se recomienda incluir en este comité, además de a educadores, a especialistas en fisiología, biomecánica, medicina, bioquímica, psicología y matemáticas, quienes deberían ser capaces de solucionar los problemas del entrenamiento deportivo con un elevado nivel cualitativo» (Schneidman, 1979).

ESPECIFICIDAD DEL ENTRENAMIENTO

La principal razón de la programación del entrenamiento con resistencias para la mejora del rendimiento deportivo no es, en ningún caso, sencilla, ya que el entrenamiento de fuerza presenta, de por sí, una especificidad definida. Ésta es la razón por la que el concepto «entrenamiento de fuerza específico para un deporte» se destaca en este libro: todas las formas de entrenamiento de fuerza son diferentes y producen unos efectos significativamente distintos en el rendimiento neuromuscular.

El entrenamiento de la condición física en un deporte determinado no consiste simplemente en seleccionar varios ejercicios populares de una revista de culturismo o en programar sentadillas con grandes cargas, levantamientos de potencia, flexiones de piernas, press de banca, entrenamientos en circuito, extensiones de pierna isocinéticas o programaciones mixtas. Este método puede produ-

Urheberrechtlich geschütztes Material



FIGURA 1.7 *Secuencia de entrenamiento recomendada para cualquier sesión de entrenamiento.*

cir unos resultados estéticos para el cliente de un gimnasio medio, pero es de limitado valor para un deportista en competición. No es sólo el ejercicio el que modifica el cuerpo o más específicamente, el sistema neuromuscular, sino también la forma en que se realiza el ejercicio. A este respecto, resulta de vital importancia recordar que todo ejercicio involucra una información que es procesada en los sistemas nervioso central y neuromuscular, de forma que todo entrenamiento debería ser considerado como una vía donde los extremadamente complejos sistemas corporales de recogida de información son programados y aplicados para la producción de tareas motrices (entre otros muchos roles).

Durante muchos años, ha habido dos teorías opuestas sobre el entrenamiento complementario de fuerza en el deporte. Una teoría propone que el entrenamiento de fuerza debería estimular los movimientos deportivos de forma tan parecida como sea posible al modelo de movimiento, velocidad, curva fuerza-tiempo, tipo de contracción muscular, etc., mientras que la otra mantiene que es suficiente entrenar con los músculos relevantes sin tener en cuenta mayor especificidad. Una práctica separada de las habilidades técnicas permitiría luego transmitir la fuerza ganada en el entrenamiento no específico a los movimientos deportivos. Ambos métodos de entrenamiento de fuerza mejorarán el rendimiento la actual investigación científica mantiene la superioridad del principio de especificidad en, al menos, diez aspectos:

- tipo de contracción muscular;
- modelo de movimiento;
- región del movimiento;
- velocidad del movimiento;
- fuerza de contracción;
- reclutamiento de fibras musculares;
- metabolismo;
- adaptación biomecánica;
- flexibilidad;
- fatiga.

En el contexto del entrenamiento, la especificidad no debería confundirse con la estimulación. La especificidad del entrenamiento significa ejercitar para mejorar de una forma muy específica la expresión de todos los factores anteriores en un deporte determinado. Mientras que la estimulación en un movimiento deportivo con una pequeña resistencia añadida sobre la amplitud total del movimiento o con una mayor resistencia sobre una parte restringida de la amplitud del movimiento es desaconsejable, ya que puede confundir los programas neuromusculares que determinan la especificidad de los factores anteriores.

Incluso si uno es cuidadoso en aplicar la estimulación del entrenamiento utilizando instrumentos o cargas que son similares a los encontrados en el deporte, normalmente existirán cambios del centro de gravedad, de los momentos de inercia, del centro de rotación, de los centros de percusión y rigidez mecánica del sistema que alterarán las habilidades neuromusculares requeridas en el deporte. Las características de los diferentes factores de especificidad se detallan a continuación.

Urheberrechtlich geschütztes Material

Especificidad del tipo de contracción muscular

Los aumentos de la fuerza voluntaria son en gran medida específicos del tipo de contracción muscular utilizada en el entrenamiento. Por ejemplo, el entrenamiento concéntrico-excéntrico en halterofilia aumenta la fuerza requerida para la competición de forma considerable, pero produce sólo una pequeña mejora de la fuerza isométrica (Dons et al., 1979; Thorstensson et al., 1976) o en la fuerza isocinética concéntrica (Fabey y Brown, 1973). El ejercicio isocinético concéntrico aumenta la fuerza y la potencia isocinética, sin un remarcable aumento de la fuerza isométrica (Kanehisa y Miyashita, 1983a). A la inversa, el entrenamiento isométrico incrementa notablemente la fuerza isométrica, pero no la fuerza isocinética concéntrica (Lindh, 1979).

El entrenamiento de extensión del codo con pesas aumenta la fuerza del tríceps y el perímetro del brazo, pero la exploración isocinética de los mismos músculos no revela cambios significativos (Sale y MacDougall, 1977).

Se ha establecido también que los ejercicios isométricos, así como los de levantamiento de pesas rápido, provocan diferentes efectos en las propiedades tetánicas isométricas y del impulso nervioso de la contracción muscular evocadas, junto con la velocidad máxima de acortamiento muscular (Duchateau y Hainaut, 1984). Por otra parte, los entrenamientos estático y dinámico causan cambios estructurales diferentes en el músculo. El *entrenamiento estático* produce los siguientes cambios: el contenido sarcoplasmático de muchas fibras musculares aumenta, las miofibrillas se agrupan en fascículos, el núcleo se redondea, las placas terminales motoras se expanden transversalmente en relación con las fibras musculares, los capilares ondulan más marcadamente y las capas del endomisio y del perimisio se hacen en más gruesas. En el caso del *entrenamiento dinámico*, las estrías transversas de las miofibrillas quedan más prominentes, el núcleo se torna oval y fusiforme, las placas terminales motrices se extienden hasta la longitud de las fibras musculares y las membranas del endomisio y perimisio se vuelven más delgadas (Bondarchuk et al., 1984).

Especificidad del patrón de movimiento

Las diferencias del modelo de movimiento producen resultados significativamente distintos, aunque los grupos musculares involucrados sean virtualmente los mismos. Por ejemplo, el entrenamiento de flexión del hombro en la posición de pie aumenta considerablemente la fuerza dinámica en esta posición, pero sólo ligeramente en posición supina. El entrenamiento de sentadilla con barra durante 8 semanas aumentó sensiblemente la fuerza de 1RM, pero provocó una mejora mucho menor del press de piernas isométrico sentado (Thorstensson et al., 1976).

Sale y MacDougall (1981) concluyeron que la mejora del rendimiento es básicamente el resultado de un aumento de la capacidad neuromuscular y que el aumento del nivel de fuerza es sólo tangible cuando se calcula con el mismo tipo de movimiento de entrenamiento. También remarcaron que la especificidad del movimiento parece que se puede aplicar con igual validez a habilidades simples y complejas.

Las diferencias entre los efectos bilaterales (por ejemplo, con una barra de pesas) y unilaterales (por ejemplo, con mancuernas) del entrenamiento también han sido calculadas. La fuerza producida con contracciones bilaterales es normalmente menor que la suma de fuerzas producida individualmente por los miembros izquierdo y derecho (Coyle et al., 1981, Vardervoort et al. 1984). Este fenómeno se conoce como el *déficit bilateral*. La reducción de fuerza registrada en el caso bilateral se acompañó de una reducción del EMG integrado, lo que sugiere que los principales movilizadores se activaban en menor grado (Vandervoort et al., 1984). Este déficit bilateral es insignificante entre deportistas como los halterófilos, quienes siempre utilizan sus

Urheberrechtlich geschütztes Material

miembros simultáneamente en su deporte. Se recomienda que los deportistas involucrados en deportes con una acción bilateral de los mismos grupos musculares entrenen bilateralmente para minimizar este déficit bilateral (Secher, 1975).

Si la contracción de los agonistas es precedida inmediatamente por una contracción máxima de los antagonistas, la fuerza y el registro EMG producido por los agonistas aumentan. Este fenómeno es denominado pre-tensión por los culturistas y de inervación (inhibición) recíproca por los fisioterapeutas y se utiliza regularmente en la FNP (ver Capítulo 7). Esta pre-contracción de los antagonistas disminuye aparentemente la actividad inhibidora y facilita una acción agonista potente en la contracción subsiguiente. Las mejoras de la fuerza isocinética concéntrica a baja velocidad que se han observado en ausencia de hipertrofia muscular han sido atribuidas por algunos autores a la adaptación neuronal que modifica la actividad inhibidora (Caiozzo et al., 1981). Los programas de entrenamiento de fuerza utilizando la técnica de pre-tensión son más efectivos para desarrollar la fuerza a una velocidad moderada que aquellos que únicamente se basan en la contracción de los movilizadores primarios (Caiozzo et al., 1982)

El ejercicio isométrico aumenta la fuerza voluntaria máxima

Especificidad de la velocidad del movimiento

Una de las primeras observaciones sobre la especificidad de la velocidad en el entrenamiento de fuerza fue realizado por Moffroid y Whipple (1970). Descubrieron que el entrenamiento isocinético con una velocidad moderada mejora la fuerza de velocidad lenta, pero tiene un efecto mínimo sobre la fuerza a elevada velocidad. Aunque un entrenamiento isocinético a gran velocidad mejora igualmente la fuerza a elevada velocidad, ofrece un mejor efecto de transferencia a la fuerza de velocidad lenta, en comparación al que un entrenamiento de velocidad moderada proporciona a la fuerza de velocidad elevada. (Moffroid y Whipple, 1970; Perrine y Edgerton, 1981; Kanehisa y Miyashita, 1983b).

Debido a que la curva fuerza-velocidad para una contracción muscular revela que la fuerza disminuye con la velocidad en la contracción concéntrica, un entrenamiento a elevada velocidad puede no producir una fuerza suficientemente grande para estimular una adaptación máxima en el músculo. La ventaja especial del entrenamiento concéntrico a elevada velocidad es que condiciona al sistema nervioso, mientras que un entrenamiento con una velocidad menor resulta más adecuado para el desarrollo de la hipertrofia muscular y para la fuerza de velocidad lenta.

Sin embargo, la curva de fuerza-velocidad para la contracción excéntrica muestra cómo la fuerza excéntrica aumenta con el aumento de la velocidad sugiriendo, por tanto, que el entrenamiento excéntrico a elevada velocidad (por ejemplo, el producido durante la fase de amortiguación en pliometría) puede ser muy efectivo para estimular la adaptación muscular. Al mismo tiempo, este beneficio que reporta el entrenamiento excéntrico puede verse contrarrestado por el incremento del riesgo de lesión asociado con las mayores fuerzas de la actividad excéntrica.

Especificidad de la fuerza de contracción

El nivel de fuerza de la contracción muscular está en función de la carga. Si esta carga es insuficiente, el aumento del nivel de fuerza será insignificante. Se reconoce que es posible realizar muchas repeticiones con pesos ligeros y muy pocas repeticiones con cargas cuasi máximas. El primer método se utiliza frecuentemente para la «definición muscular» o para el entrenamiento de resistencia muscular y el segundo para la hipertrofia o desarrollo de la fuerza (ver figs. 1.8 y 1.9).

De hecho, en ocasiones se utiliza el número de repeticiones, en lugar de la magnitud de la carga,

Urheberrechtlich geschütztes Material

como el indicador más importante del tipo de efecto de entrenamiento que se producirá. Por tanto, hablamos de al menos 25 RM para la resistencia muscular, de 8-12 RM para la hipertrofia muscular y de 1-3 RM para un entrenamiento de fuerza o potencia máxima (ver tabla 1.1) En otras palabras, la magnitud de la carga y, por tanto, el número resultante de repeticiones, tiene un efecto muy específico en el acondicionamiento físico, un hecho conocido por culturistas y halterófilos desde hace muchos años.

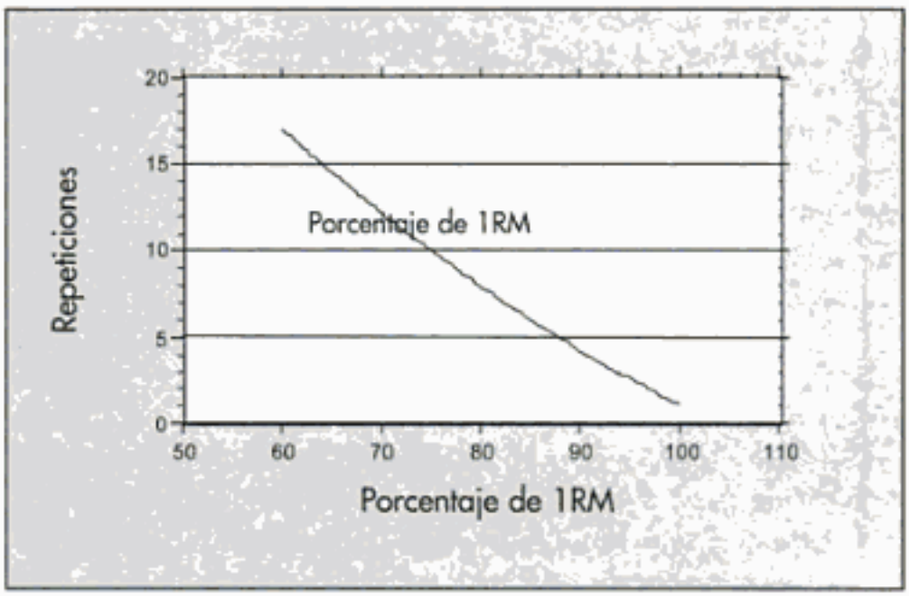


FIGURA 1.9 *Relación entre repeticiones y carga para la zona de entrenamiento de la fuerza (>60% de 1RM).*

Una función polinómica de cuarto orden y con la siguiente estructura proporciona un cálculo muy preciso de acuerdo con datos experimentales:

$a_0 = 173{,}5249$;
$a_1 = -6{,}310$;
$a_2 = 9{,}5759 \times 10^{-2}$;
$a_3 = -6{,}742 \times 10^{-4}$ y
$a_4 = 1{,}74962 \times 10^{-6}$
(Coeficiente de correlación $R = 0{,}9997$).

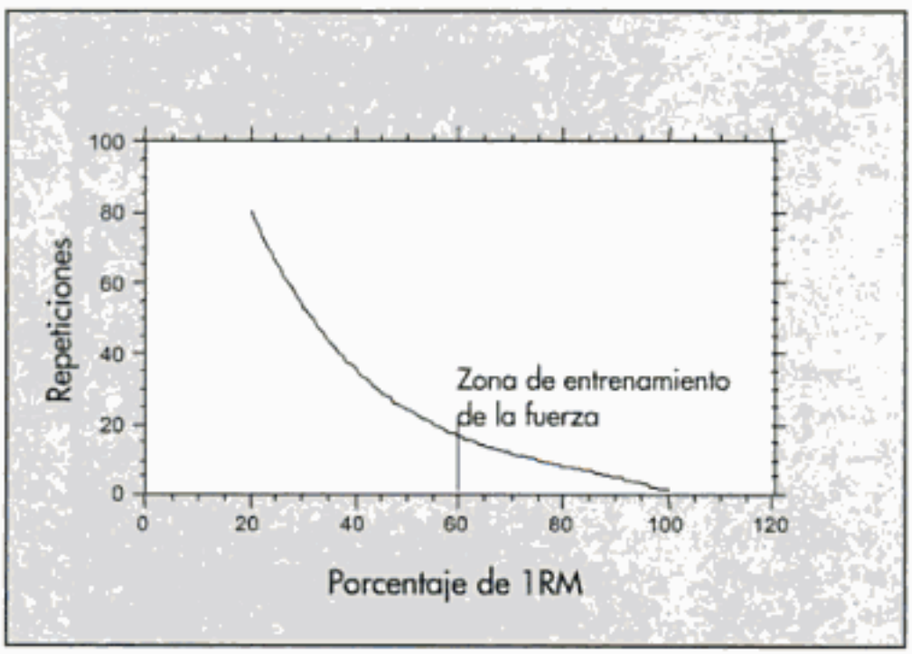


FIGURA 1.8 *La relación entre repeticiones y la carga en términos de 1 repetición máxima. El gráfico para la zona de entrenamiento ha sido ampliado en la figura 1.9 para permitir al lector visualizar las repeticiones interelacionadas y la carga con mayor facilidad*

La ecuación precedente puede ser programada en un ordenador para determinar el número de repeticiones esperado para una carga determinada, la carga determinada para un número de repeticiones establecido o para 1RM de un deportista. Al aplicar este tipo de ecuaciones, debe destacarse que cargas relativamente pequeñas (cerca del 40% de 1RM) pueden producir un desarrollo de la fuerza significativo en un individuo que se inicia en el entrenamiento con pesas, pero normalmente se requerirán cargas considerablemente mayores (superiores al 85% de 1RM) para mejorar el

nivel de fuerza de un deportista de alto nivel, tal y como se detalla posteriormente (por ejemplo, en el capítulo 5). Por otra parte, un determinado porcentaje de 1RM se corresponderá con un número diferente de repeticiones para formas de levantamiento distintas y para deportistas con diferentes historias deportivas, de forma que es esencial establecer *respuestas individuales* a las cargas.

Especificidad del reclutamiento de las fibras musculares

El músculo esquelético contiene diferentes tipos de fibras de contracción lenta y rápida. La intensidad, duración y tipo de carga impuesta al músculo determinan la proporción de participación por parte de los diferentes tipos de fibras y el grado en el que cada una es condicionada por un determinado régimen de entrenamiento (ver figs. 1.21-1.23). Por otra parte, las fibras de contracción lenta y rápida tienen unas propiedades viscoelásticas y unos puentes cruzados diferentes, de forma que utilizan el ciclo de estiramiento-acortamiento de forma diferente.

Especificidad metabólica

El metabolismo del cuerpo se adapta de forma diferente a los principales tipos de actividad física: acciones de fuerza máxima a corto plazo, actividad de resistencia muscular intermedia y esfuerzos de resistencia cardiovascular a largo plazo . El metabolismo se adapta de forma muy específica a la intensidad y a la duración de la modalidad deportiva, hasta tal punto de que un excesivo desarrollo de un tipo de capacidad física puede tener un efecto negativo sobre otro tipo de capacidad física. Por ejemplo, un entrenamiento aerobio regular, en plena temporada, puede disminuir significativamente la fuerza y la potencia de halterófilos y velocistas. Es esencial entender la especificidad metabólica de cada deporte si se pretende realizar una programación de entrenamiento efectiva y segura (ver tablas 1.3 y 1.4).

Especificidad de la adaptación bioquímica

La especificidad metabólica, aunque de naturaleza completamente bioquímica, debe ser distinguida de la adaptación bioquímica que tiene lugar en los músculos del cuerpo (Platonov, 1988). Estos cambios bioquímicos inducidos por el entrenamiento dependen de las características de las cargas, tal como sus componentes de intensidad, duración y capacidad para soportar la carga (estática).

El entrenamiento de resistencia que incluye un ejercicio prolongado provoca cambios significativos en el nivel de glucógeno de los músculos esqueléticos y en el nivel y la actividad de muchas enzimas mitocondriales que proporcionan una resíntesis oxidativa del ATP. En esta situación, el tamaño y el número de mitocondrias aumentan. La relación (ratio) de las diferentes enzimas y de la actividad enzimática en las mitocondrias también cambia, ya que los distintos tipos de enzimas sufren modificaciones a distintos niveles.

El potencial de las enzimas clave en los músculos esqueléticos aumenta: el nivel y las propiedades catalíticas de las protein-cinasas cAMP-dependientes aumentan, la resistencia del metabolismo del cAMP a la carga física aumenta. Además, la adaptación bioquímica de los músculos a los ejercicios de resistencia no afecta el nivel de miosina ni la actividad de sus ATP-asas y sólo se producen aumentos insignificantes de la actividad de la creatina-fosfocinasa, de los niveles de fosfocreatina (CP) y de la intensidad de la glucólisis.

El entrenamiento provoca la actividad de la enzima actomiosín ATP-asa en el músculo cardíaco y la contractilidad del miocardio para aumentar de forma concomitante. Bajo la influencia del entrenamiento general de la resistencia se produce una hipertrofia del músculo cardíaco; por el contrario, un programa de entrenamiento enfocado a la mejora de la fuerza de los músculos esqueléticos les causa hipertrofia.

El entrenamiento con *cargas de velocidad* de intensidad máxima o cuasimáxima incrementa sen-

Urheberrechtlich geschütztes Material

TABLA 1.3 *Contribución de los distintos sistemas de energía en diferentes deportes. Adaptado de Fox E. & Mathews D. (1974)* Interval Training for Sports and General Fitness *W.B. Saunders Co.*

Deporte	Sistema a corto plazo	Sistema intermedio	Sistema a largo plazo
Bádminton	80	10	10
Béisbol	80	20	0
Baloncesto	85	15	0
Cricket	80	20	0
Esgrima	90	10	0
Hockey hierba	60	20	20
Fútbol americano	90	10	0
Golf	95	5	0
Gimnasia deportiva	90	10	0
Hockey sobre hielo: delanteros, defensas	80	20	0
Hockey sobre hielo: portero	95	5	0
Lacrosse: portero, defenso, ataque	80	20	0
Lacrosse: mediocampistas	60	20	20
Remo	20	30	50
Rugby	90	10	0
Esquí: eslálom, saltos, alpino	80	20	0
Esquí: nórdico	0	5	95
Esquí: hobby	34	33	33
Fútbol			
- portero, laterales, delanteros	80	20	0
- mediocampistas o medios punta	60	20	20
Squash	50	30	20
Natación y saltos de trampolín			
- 50 m saltos	98	2	0
- 100 m	80	15	5
- 200 m	30	65	5
- 400 m	20	40	40
- 1.500 m 1 milla	10	20	70
Tenis	70	20	10
Atletismo			
- 100 m, 200 m	95	5	0
- Pruebas de campo	90	10	0
- 400 m	80	15	5
- 800 m	30	65	5
- 1.500 m 1 milla	20	55	25
- 3.000 m	20	40	40
- 5.000 m	10	20	70
- 10.000 m	5	15	80
- Maraton estándar	0	5	95
Voleibol	90	10	0
Halterofilia	95	5	0
Lucha libre	90	10	0

siblemente la actividad de las enzimas glucolíticas (especialmente la fosforilasa, la piruvato-fosfocinasa, la lactato-deshidrogenasa y la hexocinasa). El nivel de glucógeno, la intensidad respiratoria, la actividad deshidrogenasa y los niveles de miosina, miostrominas y miosín-ATP-asa muestran pequeños incrementos.

Durante el entrenamiento con cargas de fuerza estática, el nivel de miosina y miostrominas, el corte transversal de las fibras musculares y la actividad de la miosín-ATP-asa y la aspartato-amino-transferasa en los músculos esqueléticos aumenta muy significativamente. La intensidad de la glucólisis y de la respiración, de la actividad deshidrogenasa y de los niveles de fosfocreatina y de glucógeno aumentan en menor grado que durante el entrenamiento con cargas a elevada velocidad y con cargas prolongadas de moderada intensidad.

Los cambios bioquímicos dependen del tipo de fibras musculares y del carácter del entrenamiento. Por ejemplo, la actividad de la enzima b-hidroxibutirato deshidrogenasa aumenta en varios pliegues en las fibras de contracción lenta, pero permanece inalterable en las fibras de contracción rápida durante un entrenamiento con cargas de resistencia prolongada. De este modo, los cambios bioquímicos que se producen en el cuerpo bajo la influencia del entrenamiento son específicos y dependen del carácter de las cargas de entrenamiento. Entre las diferentes formas de adaptación del músculo esquelético, es habitual seleccionar tres básicas en las que predominan modificaciones bioquímicas específicas:

- Incremento de la resíntesis oxidativa del ATP para el trabajo de resistencia con una carga prolongada.

Urheberrechtlich geschütztes Material

- Incremento de la resíntesis no oxidativa del ATP para el trabajo con cargas a elevada velocidad.
- Desarrollo de la hipertrofia muscular para el trabajo de fuerza.

TABLA 1.4 *Efecto de los distintos tipos de entrenamiento sobre los sistemas de energía corporales. De Fox E. & Mathews D. (1794).*

Tipo de entrenamiento	Sistema a corto plazo	Sistema intermedio	Sistema a largo plazo
Caminatas largas, correr, nadar o montar en bicicleta lentamente	2	5	93
Alternancia de 50 m de esprint y 50 m de trote a lo largo de 5 km	20	10	70
Entrenamiento con intervalos; tandas repetidas de trabajo en alternancia con periodos de descanso (cuanto más largo sea el reposo, más aerobio es el ejercicio)	0-80	0-80	0-80
Trote, pasear sin parar o correr a paso lento durante 3 km	0	0	100
Fartlek, alternancia de carreras rápidas y lentas con descanso incompleto intermedio	20	40	40
Fartlek, esprints repetidos a velocidad máxima con recuperación completa entre las series (p. ej., caminar de vuelta al punto de partida en el intermedio)	90	6	4

Especificidad de la flexibilidad

La flexibilidad es una medida de la máxima amplitud de movimiento de la que es capaz una articulación. Normalmente se calcula en el marco de la educación física por medio de la prueba en posición de sentado con las piernas estiradas e intentar alcanzar los pies con las manos, pero esta medición resulta de poco valor, ya que cada articulación es capaz de moverse en varias diferentes direcciones y planos. Por otra parte, un mayor grado de flexibilidad en una articulación no implica necesariamente una flexibilidad similar en las restantes de articulaciones. La flexibilidad es específica de cada articulación, de cada modelo de movimiento y respecto al tipo de carga. Existen diferentes tipos de flexibilidad, incluyendo la estática activa, estática pasiva, balística y de flexibilidad activa, cada una de las cuales se desarrolla con diferentes tipos de entrenamiento (ver cap. 3). Los programas de entrenamiento deben ser cuidadosamente diseñados para mantener o mejorar el tipo específico de flexibilidad requerida por cada articulación de un deportista dentro del contexto de la modalidad deportiva en la que se participa.

Especificidad de la fatiga

Diferentes tipos de trabajo muscular producen efectos de fatiga específicos, especialmente durante un ejercicio de corta duración. Algunos grupos musculares se fatigan más rápidamente que otros, los diferentes tipos de fibra muscular se fatigan a diferente ritmo. Así pues, la fatiga producida por un esfuerzo máximo es diferente de la fatiga producida por actividades de resistencia de moderada intensidad. Por otra parte, la fatiga nerviosa y la metabólica son dos fenómenos distintos, la fatiga asociada con la acción muscular difiere de la fatiga asociada al soporte ligamentoso, la fatiga mental producida por un esfuerzo máxima y una concentración en habilidades motoras finas es muy diferente del tipo de la fatiga producida por un tipo de movimiento que difiere significativamente de la producida por otro tipo de movimiento que utiliza las mismas articulaciones y los mismos músculos.

El ritmo de recuperación de la fatiga después de regímenes de ejercicio diferentes o de la utilización

Urheberrechtlich geschütztes Material

de grupos musculares distintos es también muy diferente (p. ej; ver fig. 1.6). De hecho, se puede afirmar que la efectividad de cualquier programa de entrenamiento y del tipo de condición física producida depende de la especificidad de la fatiga como un post-efecto del entrenamiento. En definitiva, la adaptación es la respuesta del cuerpo para soportar la exposición a ejercicios que producen cierta tensión y la fatiga inducida por estos ejercicios. La incapacidad de adaptarse a la fatiga resulta, a largo plazo, en el estancamiento, el deterioro o la lesión. Es especialmente importante entender la imposición de la fatiga y otros postefectos del ejercicio, ya que la repetición de parecidos regímenes de ejercicio de tipo, volumen e intensidad similares puede dejar exhausto al deportista, mientras que la variación del entrenamiento y la utilización de programas con un énfasis fundamental diferente (ver cap. 6) pueden facilitar la recuperación y mejorar la condición física específica del deporte.

Otros tipos de especificidad

Existen posiblemente otras formas de especificidad, así como especificidades que son combinaciones de las formas mencionadas hasta ahora. Una de las observaciones de mayor interés hace referencia a las diferencias entre los halterófilos y los culturistas: todos ellos entrenan con pesas, de forma que pueden parecer similares para el instructor medio. Investigadores finlandeses de la Universidad de Jyväskylä examinaron las características de estos dos tipos de deportistas de fuerza utilizando una sentadilla máxima, sentadillas con saltos, saltos verticales y dinamómetros como parte de la batería del test (Häkinnen et al., 1984), y descubrieron que los halterófilos poseían unos valores mayores de fuerza isométrica y auxotónica por masa corporal que los culturistas, así como un mayor nivel de producción de fuerza y una mayor utilización de energía elástica almacenada.

Aparentemente el entrenamiento de halterofilia produce una capacidad neuromuscular superior para reclutar unidades motoras de forma máxima. Este descubrimiento tiene unas profundas implicaciones para los entrenadores personales que pueden programar ejercicios de sentadillas, peso muerto, press y levantamientos de potencia sin apreciar que la forma de ejecutar este tipo de movimientos puede tener un efecto determinante en el tipo de fuerza producido en sus deportistas.

FUERZA Y CONDICIÓN FÍSICA (FITNESS)

La condición física se concibe vulgarmente como sinónimo de la capacidad para llevar a cabo actividades de resistencia, como, por ejemplo, correr, con un mínimo de fatiga. A lo que se refiere este ejemplo es a la resistencia cardiovascular, uno de los muchos componentes o expresiones de la condición física. De hecho, la condición física comprende muchas y variadas cualidades como la resistencia cardiovascular, la capacidad de la fuerza, la capacidad de la velocidad, etc. Sin embargo, este tipo de distinción disfraza el hecho de que cada cualidad de la condición física contribuye en mayor o menor grado a determinar el tipo específico de condición física requerido para una actividad determinada. Por ejemplo, un atleta de fondo que tenga un nivel de fuerza de sus músculos posturales o estabilizadores inadecuado será un deportista menos competitivo, con tendencia a un agotamiento prematuro o a lesionarse, independientemente de la eficiencia de sus sistemas cardiovascular y respiratorio.

Es importante destacar que los programas de entrenamiento que se sugieren en populares revistas de culturismo y manuales de entrenamiento con pesas se centran, casi por completo, en desarrollar los músculos movilizadores (o fásicos) principales involucrados en un ejercicio determinado, pero no prestan demasiada atención al papel esencial que juegan los músculos estabilizadores (o tónicos) que actúan en el mismo ejercicio. Debido a que todas las acciones motrices conllevan una continua interacción entre los estabilizadores y los movilizado-

Urheberrechtlich geschütztes Material

res, estos programas de entrenamiento simplistas son de limitado valor en el entrenamiento deportivo de competición.

Condición física, preparación y capacidad de trabajo

La capacidad de un deportista para rendir de forma eficiente y segura en un determinado deporte puede describirse en términos de tres factores relacionados:

- capacidad de trabajo;
- condición física;
- preparación (forma).

La *capacidad de trabajo* se refiere a la capacidad general del cuerpo como una máquina para producir un trabajo de diferentes intensidad y duración utilizando los sistemas energéticos corporales adecuados. La *condición física* se refiere a la capacidad específica para utilizar esta capacidad de trabajo para llevar a cabo una tarea determinada bajo unas condiciones específicas. En términos generales, la condición física puede definirse como la capacidad para soportar las exigencias de una tarea específica de forma eficiente y segura. La preparación (forma), a diferencia de la condición física, no es estable, sino que varía con el tiempo. Incluye dos componentes, uno que cambia lentamente y otro que tiene tendencia a cambiar de forma más rápida (Zatsiorski, 1995), donde el componente lento es la *condición física* y el componente rápido es la *fatiga* inducida por el ejercicio.

Aunque el concepto de condición física podría parecer que es intuitivamente obvio y ampliamente aceptado, debería destacarse la distinción entre condición física y forma. El término condición física se refiere al estado funcional de los componentes de modificación lenta relacionados con la actividad motriz. El estado de condición física de un individuo no varía de forma significativa durante un período de varios días, pero la capacidad de un individuo para expresar su nivel de condición física en cualquier instante puede estar afectado positiva o negativamente por el estado mental, la enfermedad, la fatiga, el adormecimiento, y otros factores transitorios. Esta capacidad, o forma instantánea, se define en cualquier instante y varía en cada momento.

La preparación de la forma, o simplemente, la forma, es la resultante de la interacción entre el incremento de la condición física a largo plazo estimulado por el entrenamiento y los opuestos postefectos de fatiga de corta duración producidos por el entrenamiento, excluyendo los efectos de cualquier otro factor modificante como un exagerado estado mental negativo o una enfermedad. Los conceptos de condición física y forma se discuten con mayor detalle posteriormente en este mismo capítulo.

El entrenamiento o el acondicionamiento es el proceso por el cual el cuerpo (y la mente) son preparados para alcanzar un cierto nivel de capacidad de trabajo y de condición física. Ello incluye cinco procesos interdependientes que determinan la preparación para todos los deportes:

El proceso de preparación deportiva

1. preparación física
2. aprendizaje de habilidades motrices
3. preparación psicológica
4. recuperación física y psicológica
5. nutrición adecuada

El primer proceso comprende una fase general (preparación física general: PFG) y una fase específica (preparación física específica: PFE), con varias transiciones o sub-fases (p. ej; las fases de estabilización, intensificación, recuperación, conversión o competición) dentro, entre o después de cada una de estas fases. Este libro se concentra en las fases de preparación general y específica con una referencia especial a todos los tipos de condición física relacionados con la fuerza (como la velocidad-fuerza, fuerza-resistencia y fuerza-flexibilidad, y como se expone posteriormente en detalle).

Urheberrechtlich geschütztes Material

La información sobre el entrenamiento de las habilidades motoras para diferentes deportes y los aspectos de nutricionales son cubiertos en numerosos textos por especialistas, mientras que la recuperación, tal y como la han aplicado expertos rusos durante muchos años, ha sido desarrollada en profundidad en otra parte (Siff y Yessis, 1992).

NATURALEZA DE LA FUERZA

El diseño de un programa de entrenamiento de la fuerza satisfactorio depende de una completa comprensión de los factores que afectan el desarrollo de la fuerza. La tarea siguiente es determinar cuáles de estos factores pueden ser modificados por el entrenamiento físico y qué métodos son los más efectivos y seguros para ello. Algunos de estos factores son estructurales y otros funcionales. Sin embargo, los factores estructurales sólo proporcionan el potencial para producir fuerza, ya que ésta es un fenómeno neuromuscular que explota este potencial para generar actividad motora.

Está ampliamente reconocido que la fuerza es proporcional a las dimensiones del corte transversal del músculo, de forma que los músculos mayores tienen el potencial para desarrollar un mayor nivel de fuerza que los músculos menores. Sin embargo, el hecho de que halterófilos olímpicos puedan incrementar su fuerza de año en año mientras su masa corporal permanece invariable revela que la fuerza depende también de otros factores.

La más obvia observación se basa en que el músculo producirá una fuerza mayor si un gran número de sus fibras se contrae simultáneamente, un hecho que depende de la eficiencia de las fibras nerviosas para enviar impulsos a las fibras musculares. Por otra parte, se desarrollará una fuerza menor en un movimiento en el que los diferentes músculos no coordinen sus esfuerzos. Es también importante destacar que una investigación llevada a cabo por Vredensky determina que la fuerza máxima se produce por una óptima frecuencia, no máxima, de activación nerviosa (Vorobyev, 1978). Además, esta frecuencia óptima se modifica con el nivel de fatiga muscular (Kernell y Monster, 1982).

Determinantes de la fuerza

En general, la producción de fuerza depende de los siguientes factores principales:

Factores estructurales

- las dimensiones del corte transversal del músculo;
- la densidad de las fibras musculares por unidad del corte transversal;
- la eficiencia de la palanca mecánica a través de la articulación.

Factores funcionales

- el número de fibras musculares que se contraen simultáneamente;
- el grado de contracción de las fibras musculares;
- la eficacia de la sincronización de los impulsos de las fibras musculares;
- la velocidad de conducción en las fibras nerviosas;
- el grado de inhibición de las fibras musculares que no contribuyen al movimiento;
- la proporción de fibras de gran diámetro muscular que se encuentren activas;
- la eficacia de la cooperación entre los diferentes tipos de fibra muscular;
- la eficacia de los diferentes reflejos de estiramiento en su control de la tensión muscular;
- el umbral de excitación de las fibras nerviosas que abastecen a los músculos;
- la longitud inicial de los músculos antes de la contracción.

En referencia al concepto de acción sincronizada entre las fibras y los grupos musculares, es importante destacar que la sincronización no parece des-

Urheberrechtlich geschütztes Material

empeñar un papel demasiado importante en el aumento del nivel de producción de fuerza (Miller et al. 1981). La eficacia de la secuenciación en vez de la simultaneidad puede ser de mayor importancia en la generación y el mantenimiento de la fuerza muscular, especialmente si la energía elástica almacenada debe contribuir en los momentos más oportunos durante el proceso del movimiento. En definitiva, deben realizarse unas investigaciónes antes de establecer una respuesta definitiva a la cuestión del aumento del nivel de fuerza con un incremento de la sincronización en la descarga de la unidad motora.

Entrenamiento de choque y Pliometría

Aunque no se ha mencionado en la lista precedente, los tejidos conectivos tienen también un papel estructural esencial en el proceso de la fuerza, ya que proporcionan estabilidad a los músculos, las articulaciones y los huesos, así como la capacidad para almacenar energía elástica para con el fin de aumentar el efecto de trabajo muscular.

La capacidad para estirar los tejidos conectivo y elástico aumenta sensiblemente la eficacia del movimiento humano, en especial cuando numerosas actividades deportivas conllevan el estiramiento-acortamiento del complejo muscular, el correr, saltar, lanzar y el levantamiento con velocidad.

De hecho, el método conocido actualmente como *entrenamiento pliométrico* y desarrollado como un método de entrenamiento especial de velocidad-fuerza de Verkhoshansky se fundamenta completamente en este fenómeno (analizado en capítulos posteriores). En este proceso, el aumento de la fuerza concéntrica en respuesta a una rápida carga de choque es el resultado de un aumento de la tensión muscular provocado por el poderoso *reflejo de estiramiento* miotático y la liberación de forma explosiva de energía elástica almacenada en los tejidos conectivo y elástico del sistema muscular durante la acción muscular excéntrica.

Se debe destacar que el concepto pliometría se ha utilizado más recientemente para designar lo que originalmente se denominaba «método de choque» de Verkhoshansky. Históricamente, recibió esta denominación para referirse a una acción muscular excéntrica. En este esquema de nomenclatura, isometría mantuvo su significado original de contracción muscular bajo condiciones estáticas, miometría («acción muscular de acortamiento») era sinónimo de contracción concéntrica, y pliometría se utilizó para referirse a una acción muscular excéntrica (alargamiento muscular).

Recientemente, se han introducido varios ejercicios de saltos en las sesiones de aeróbic (p. ej; en la forma de «*step aerobics*») y en el entrenamiento deportivo con la pliometría. En ambos casos, los ejercicios entendidos como pliométricos en estos contextos son saltos bastante convencionales que no reproducen las características del verdadero entrenamiento de choque. Los científicos rusos prefieren mantener el término «método de choque» cuando se refieren a métodos generales de rebote explosivo y el término «saltos en profundidad» cuando se trata de métodos de rebote de las extremidades inferiores. Para evitar la confusión con el shock eléctrico, parece preferible referirse a métodos explosivos reactivos como el entrenamiento por impulsión. Sin embargo, el convincente atractivo entre la utilización popular asegura que se continuará utilizando el término pliometría con preferencia a cualquier otra palabra, sin importar si es la adecuada. Por ejemplo, a pesar de la inexactitud del término aeróbic al describir el ejercicio con música y el de entrenamiento mixto para describir el entrenamiento deportivo complementario, el mercado ha decretado que estos términos populares son las palabras que hay que utilizar.

Todo lo que el científico puede hacer es aceptar esta situación pero redefiniendo estas palabras con el máximo de precisión. De este modo, el término pliometría (opuesto a la contracción pliométrica) debería utilizarse para referirse a métodos en los que la acción muscular excéntrica termina súbita-

Urheberrechtlich geschütztes Material

mente en una contracción isométrica explosiva, produciendo, por tanto, un potente reflejo miotático, una extensión aguda de los componentes pasivos del sistema muscular y una subsiguiente acción muscular concéntrica explosiva. Aunque asociado con el saltar, uno no se debería referir al salto ordinario en donde puede existir un significativo retraso y una disipación de la energía elástica durante una fase isométrica más larga entre las acciones musculares excéntrica y concéntrica (ver cap. 5).

Fuerza y tejido conectivo

Además de su rol en movimientos balísticos y rápidos, el tejido conectivo puede también incrementar la masa global del complejo muscular y ayudar en la producción de una fuerza utilizable. Recientemente se ha descubierto que los incrementos en la calidad (o tipo) y cantidad de tejido conectivo pueden mejorar la transmisión de fuerza desde las fibras musculares individuales hasta el sistema esquelético.

Por ejemplo, una vaina del tejido conectivo insuficientemente fuerte o extensa permitirá que el músculo disipe parte de su fuerza en una dirección perpendicular a su línea de acción y, por tanto, disminuya la eficacia al intentar superar la carga.

Los tejidos conectivos que no están unidos estructuralmente a los músculos, como los de los ligamentos, las cápsulas articulares, la piel y los cartílagos, desempeñan el papel esencial de estabilizar las articulaciones, facilitando el contacto entre las partes en movimiento y la absorción del choque. La importancia de este rol pasivo no debe olvidarse en el conjunto del entrenamiento, ya que es inútil desarrollar la masa muscular y la fuerza si el resto del sistema musculoesquelético no se prepara para soportar este aumento del nivel de fuerza. Para mejorar el rendimiento global y disminuir el riesgo de lesión, se debe acondicionar el músculo, el hueso y el tejido conectivo.

Un excesivo énfasis en el desarrollo de la fuerza del músculo a expensas del tendón y del reforzamiento de otro tejido conectivo puede producir un sistema muscular que tienda a lesionarse fácilmente y sea ineficiente en la generación de fuerza reactiva. Ésta es una de las razones por las que la utilización de esteroides anabólicos puede ser perjudicial: éstos tienden a hipertrofiar y a incrementar el nivel de fuerza de los músculos en relación con los tendones, de forma que las lesiones músculo-tendinosas son muchos más frecuentes entre los deportistas que utilizan esteroides.

Por otra parte, el tejido muscular no se adapta al incremento de la carga hasta pasados unos días, mientras que los tejidos conectivos (tendones, ligamentos y cápsulas articulares) o sistemas que contienen una elevada proporción de tejido conectivo (hueso y cartílago) sólo muestran una significativa adaptación e hipertrofia después de varias semanas o meses de carga progresiva (McDonagh y Davies, 1984). Resulta esencial que la programación del entrenamiento tenga en cuenta los diferentes ritmos de adaptación de todos los sistemas involucrados y evite el sobreentrenamiento de los sistemas con ritmos de adaptación más lentos. Un incremento gradual de la carga del entrenamiento y el evitar los métodos de entrenamiento por impulsión o explosivos resulta esencial para minimizar la posibilidad de dolor o lesión del tejido conectivo, en particular durante la fase de preparación física general (PPG) y en los deportistas relativamente principiantes en entrenamientos de la fuerza.

Es importante destacar que la mayoría de los factores mencionados anteriormente esenciales para la producción de fuerza son funcionales y no estructurales. Aquéllos determinados por la eficacia del sistema nervioso son fundamentales para el desarrollo de la fuerza, ya que los «motores» musculares son accionados por impulsos eléctricos sincronizados por los nervios que proporcionan a los músculos. La actual preocupación en torno a la utilización de esteroides anabólicos para producir masa muscular se puede entender, por tanto, como la reacción a una acción equivocada, a no ser que el

Urheberrechtlich geschütztes Material

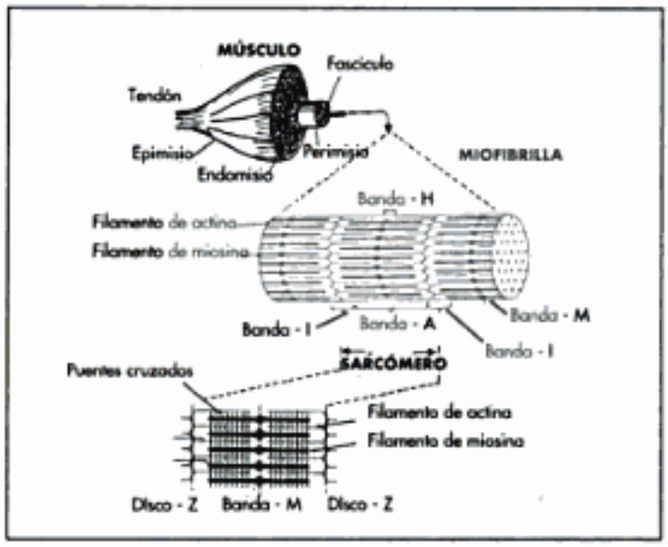


FIGURA 1.10 *Organización del músculo a diferentes niveles.*

único objetivo sea el aumento de volumen muscular para el culturismo. El desarrollo de regímenes de entrenamiento especializados para mejorar el acondicionamiento del sistema nervioso sería más aconsejable bajo una perspectiva científica y moral, particularmente en vista de los efectos secundarios de las drogas y de los aspectos éticos de su utilización.

SISTEMA MUSCULAR

El músculo consta de un componente activo contráctil y de un componente pasivo no contráctil. El primero consiste en un sistema de fibras entrelazadas cuyo propósito se basa en movilizar unas en relación con las otras y producir una contracción global. El segundo comprende una serie de diferentes tipos de tejido conectivo como los tendones, ligamentos y vainas alrededor de las fibras musculares. Éstos proporcionan un marco de referencia estructural para los músculos y una red de conexiones entre las partes del sistema musculoesquelético, que estabilizan y transmiten fuerzas por todo el cuerpo. Funcionalmente, tienen un papel importante en la absorción y liberación de energía elástica para mejorar la eficacia de la acción muscular.

ESTRUCTURA DEL MÚSCULO

El músculo esquelético comprende cientos o miles de pequeñas fibras, cada una rodeada en niveles de tamaño sucesivos por una vaina de tejido conectivo abastecida por fibras nerviosas, junto con un rico suministro de sangre. Cada una de las fibras musculares está rodeada por una vaina llamada *endomisio*. Varias de estas fibras se agrupan para formar unos haces, llamados *fascículos*, encerrados en sus propias vainas o *perimisio*. Grupos de estos fascículos forman el total del músculo, que se encuentra dentro de una fuerte vaina llamada *epimisio* o *fascia* (fig. 1.10).

A un nivel más microscópico, cada celda de fibra muscular contiene de cientos a miles de *miofibrillas* (mio significa músculo) en paralelo en forma de vara, cada una de las cuales, por su parte, contiene una cadena de unidades contráctiles, denominadas *sarcómeros*. Los sarcómeros están compuestos por un complejo de aproximadamente 1.500 filamentos gruesos y 3.000 delgados entrelazado los filamentos gruesos están compuestos por miosi-

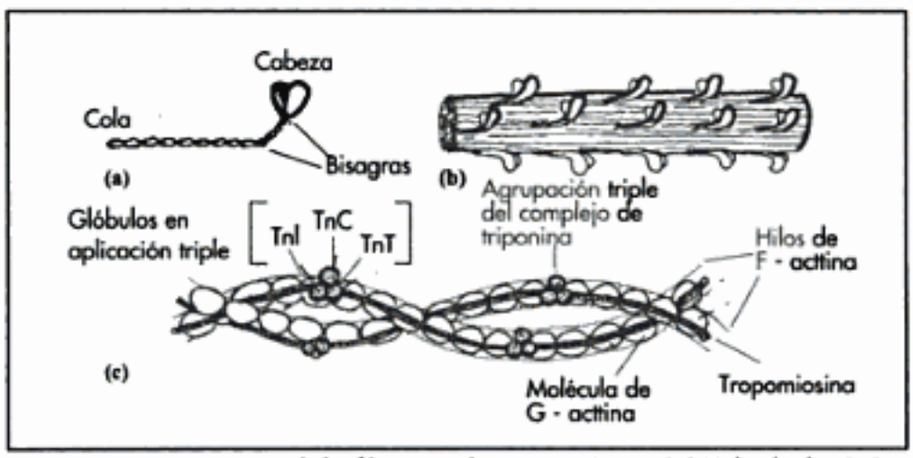


FIGURA 1.11 *La estructura de los filamentos de actina y miosina. (a) Molécula de miosina; (b) Filamento de miosina; (c) Filamento de actina.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

na los filamentos finos por actina. Existen pequeñas proyecciones desde la superficie de los filamentos de miosina llamados *puentes cruzados*. Éstos son las conexiones temporales en lugares específicos de los filamentos de actina que forman la base para la contracción muscular.

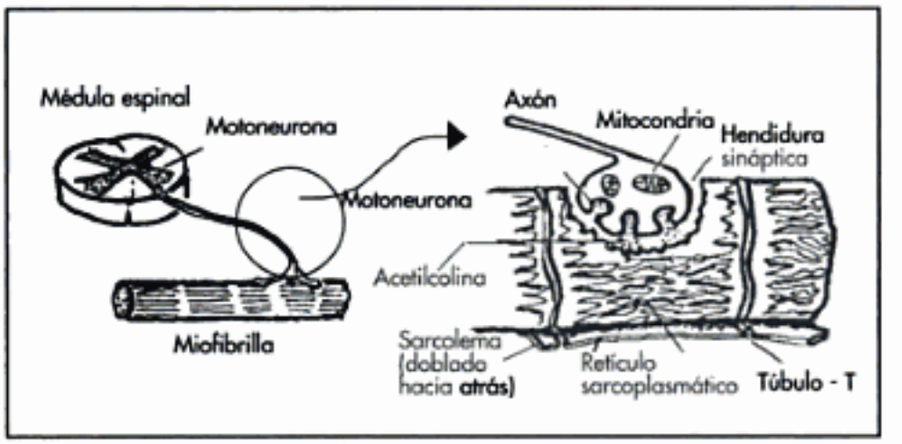


FIGURA 1.12 *Unión neuromuscular.*

Las miofibrillas aparecen estriadas cuando son examinadas ópticamente o teñidas. Algunas zonas rotan ligeramente el plano de polarización de luz y se denominan, por tanto, isotrópicas o *bandas-I*. Otras zonas, que alternan con estas bandas de luz, producen una fuerte polarización de la luz, lo que indica consecuentemente una estructura fuertemente ordenada muy elevado compuesta de las denominadas zonas anisotrópicas o *bandas-A*. Cada una de estas bandas está interrumpida en su sección media por una banda más luminosa o *banda-H* (del alemán «helle» que significa brillante), que es visible solo con el músculo relajado. Cada banda-H se encuentra seccionada por una *banda-M* que interconecta con filamentos de miosina adyacentes.

Las bandas-I están intersectadas transversalmente por unos discos que mantienen los extremos de los filamentos delgados juntos, denominados *discos-Z*. Podemos definir ahora al *sarcómero* como la porción de una miofibrilla que reside entre dos discos-Z sucesivos. Su longitud con el músculo completamente relajado es de cerca de 2,2 mm. Junto con las conexiones transversales realizadas por bandas-M entre filamentos de miosina, el tejido conectivo llamado *desmina* interconecta sarcómeros entre miofibrillas adyacentes. Además, los filamentos elásticos que contienen la sustancia *titina* interconectan los discos-Z y las bandas-M. Estas proteínas no contráctiles son algunos de los tejidos que se incluyen en los componentes elásticos en serie y en paralelo (CES y CEP), así como los elementos de freno y deslizamiento, referidos en el modelo múscular presentado en la sección siguiente.

Durante la contracción, las bandas I y H se estrechan, mientras las bandas-A permanecen invariables. Por tanto, cuando un músculo se contrae, los filamentos delgados son estirados por los filamentos gruesos, incrementando el nivel de superposición entre los filamentos y acortando los sarcómeros. Este descubrimiento produjo la teoría del deslizamiento del filamento en la contracción muscular.

Para comprender el mecanismo de la contracción muscular, resulta útil empezar por el análisis de la construcción de las fibras individuales. Cada molécula de filamento grueso (*miosina*) dentro de un sarcómero consiste en una cola en forma de vara (compuesta de meromiosina fina de doble hilo) doblada por un extremo para formar un cuello globular doble (compuesto de meromiosina de doble

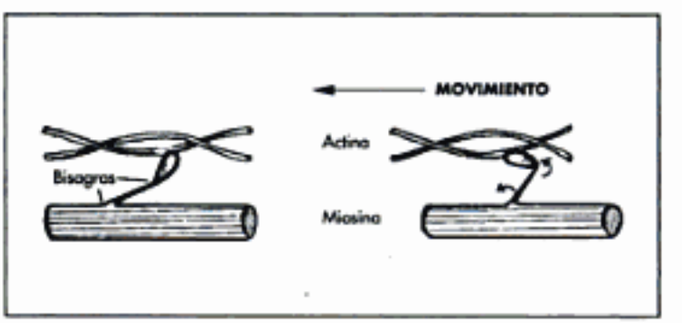


FIGURA 1.13 *Mecanismo del filamento deslizante en la contracción muscular.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

hilo) y una cabeza (hecha de dos masas proteicas globulares). Se considera que existen dos regiones muy flexibles en la base del cuello y en la base de la cabeza denominadas bisagras, que permiten a las protrusiones de cabeza/cuello flexionarse y extenderse sobre unas distancias relativamente grandes cuando interaccionan con las uniones de actina vecinas. Unas 200 de estas moléculas, aproximadamente, se unen para formar un filamento de miosina con las protrusiones de cabeza/cuello situadas a los lados del filamento (fig. 1.11). Son estas protrusiones las que constituyen los puentes cruzados.

El filamento de actina está compuesto por tres materiales: *actina, tropomiosina y troponina*. La columna del filamento tiene forma de hilo de lana entrelazado con dos longitudes de un mismo hilo básico. Este hilo contiene actina fibrosa (*F-actina*) conectada débilmente a un hilo adyacente de tropomiosina. La actina fibrosa, por el contrario, consiste en un polímero de moléculas de actina globular (*G-actina*). Las dos longitudes están enroscadas y a lo largo de la tropomiosina, de forma regular, se encuentra adhiere una agrupación triple de troponina. Esta agrupación consta de tres unidades, cada una con una utilidad diferente (fig. 1.11). Un glóbulo tiene una acentuada afinidad por la actina (troponina-I o TnI), el otro tiene afinidad por la tropomiosina y, por tanto, se denomina troponina-T (TnT), y el tercero es afín al calcio (troponina-C o TnC).

Se cree que los glóbulos de TnT y TnI de esta agrupación triple mantienen la actina-F y los hilos de la tropomiosina juntos, mientras que el glóbulo de TnC se presume que juega un papel determinante en la interacción con los iones calcio que inician la contracción muscular. Se cree que, cuando los iones calcio interactúan con el glóbulo de TnC, se produce un proceso en el que se exponen las zonas activas del filamento de actina donde los puentes cruzados de miosina pueden adherirse por sí mismos.

El filamento deslizante o teoría de la contracción muscular postula que en estado de reposo las zonas activas del filamento de actina están inhibidas por el complejo troponín-tropomiosina (el sistema de agrupación triple) evitando, por tanto, que los puentes cruzados de miosina interactúen con estas zonas. Cuando la concentración del ion calcio (Ca^{++}) es suficientemente grande, se supera esta inhibición. Este hecho se produce cuando un impulso eléctrico se traslada por las fibras nerviosas hasta la fibra muscular y el *retículo sarcoplasmático* que rodea cada miofibrilla libera súbitamente iones calcio al *sarcoplasma* (el «plasma» dentro de las células musculares).

Los nervios que suministran la estimulación se denominan *motoneuronas*. Sus cuerpos célulares se localizan en el cerebro o en la columna vertebral y envían largos cables (axones) a determinadas células musculares. Las terminaciones de estos axones se dividen en varias terminales al entrar en el músculo, cada terminal forma una unión neuromuscular con una única fibra muscular (fig. 1.12). Esta unión o sinapsis comprende un espacio muy estrecho relleno de líquido o *hendidura sináptica* entre las membranas de la terminación axonal y la fibra muscular. El impulso eléctrico provoca que las *vesículas sinápticas* (vasos) dentro de la terminación axonal liberen una sustancia transmisora (un *neurotransmisor*) especial denominada acetilcolina que se traslada a través de la hendidura y da la señal al retículo sarcoplasmático para liberar los iones calcio.

Cuando la concentración iones de calcio liberados alcanza un cierto nivel, aparecen las cabezas de los puentes cruzados para adherirse a los lugares activos de los filamentos de actina, se inclinan en un ángulo más agudo y tiran de los filamentos de actina entre los filamentos gruesos de miosina. Este estado de firme entrelazado entre la cabeza y la zona activa se conoce como el complejo de rigor.

Un proceso de producción de energía que involucra a la molécula de fosfato altamente energética ATP (adenosín-trifosfato) y a su subproducto derivado ADP (adenosín- difosfato) se produce aparentemente para establecer un ciclo de tirones sucesi-

Urheberrechtlich geschütztes Material

vos por parte de los puentes cruzados que provoca en pasos progresivos un acortamiento muscular. La contribución de numerosos y minúsculos tirones realizados por miles de miofibrillas se suman para producir la contracción de todo el grupo muscular. El postulado mecanismo de contracción tiene lugar cuando la cabeza de un puente cruzado se adhiere a un lugar activo cercano en el filamento de actina, realiza un movimiento de «torsión» a través de sus bisagras y arrastra el filamento de actina con ella (fig. 1.13). Esta acción se conoce como estímulo activador. Inmediatamente después de un estímulo completo, la cabeza se libera por sí misma, se inclina hacia adelante hasta su posición original, se adhiere al siguiente lugar activo del filamento y lleva a cabo otro estímulo activador. El proceso es continuo, tirando los filamentos de actina hacia el centro del filamento de miosina (y, por tanto, cerrando la banda-H) y, sumando las acciones similares de miles de otras fibras, se produce la contracción muscular final. La energía para este proceso es suministrada en forma de ATP por los «almacenes activadores», o *mitocondrias*, de las células musculares.

Si el sarcómero se acorta hasta sus límites, los filamentos de actina opuestos se superponen, los puentes cruzados se inhiben y los discos-Z se agolpan en las terminaciones de la miosina, provocando en una disminución de la fuerza de contracción. Cualquier acortamiento mayor debe conseguirse doblando o entrelazando los filamentos de miosina (Guyton, 1984).

Además de que la contracción sea causada por el grado de solapamiento entre los filamentos de actina y miosina, una parte del cambio de longitud del músculo puede ser provocado por un cambio de longitud del área de la hélice de actina (espiral). Este proceso se puede encontrar bajo condiciones de una contracción muscular intensa, sugiriendo, por tanto, que el efecto de acondicionamiento de un entrenamiento de la resistencia máximo o cuasi-máximo puede diferir significativamente de un

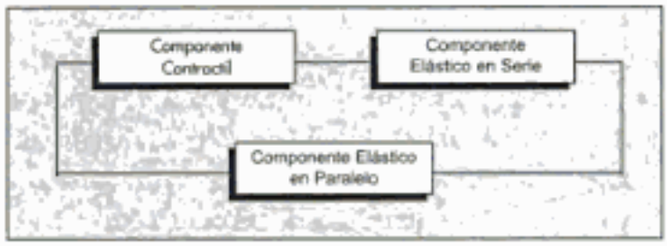


FIGURA 1.14 *Un modelo mecánico simple del complejo muscular.*

entrenamiento cardiovascular de baja intensidad.

El mecanismo de rotura de los puentes cruzados se revela por la situación de «*rigor mortis*» (rigidez muscular) horas después de la muerte. Un cuerpo muerto es incapaz de sintetizar la molécula energética ATP y los iones calcio permanecen en las células musculares, manteniendo los puentes cruzados entrelazados. En otras palabras, la rotura de los puentes cruzados depende de la síntesis de ATP. La situación de calambre muscular puede explicarse de forma similar. Si existe una cantidad inadecuada de ATP en el músculo o se produce una inadecuada reabsorción de iones calcio en el retículo sarcoplasmático después de la contracción para promover la rotura de los puentes cruzados, el complejo de rigor persiste. Si ello ocurre en una escala suficientemente amplia, todo el grupo muscular puede sufrir un «calambre».

Un Modelo de Sistema Muscular

Resulta relativamente fuera de lugar analizar la acción muscular sin considerar el papel que desempeñan los tejidos conectivos asociados al músculo. Estos tejidos tienen la forma de membrana alrededor del músculo y de sus sub-unidades a todos los niveles, como nexos de unión entre los filamentos de miosina, como discos-Z en las terminaciones de los filamentos musculares y como tendones en las terminaciones de los músculos. Éstos no sólo protegen, conectan y encierran el tejido muscular, sino que son esenciales para determinar el grado de amplitud articular (o flexibilidad) y para mejorar la eficacia del movimiento almacenando y liberando la energía elástica derivada de la contracción muscular.

Urheberrechtlich geschütztes Material

Todo músculo comprende un componente contráctil, un sistema de actina-miosina, y un componente no contráctil, el tejido conectivo. En términos mecánicos, el músculo puede ser analizado de forma más detallada (de acuerdo con Levin y Wyman, 1927) en términos de un componente contráctil en serie, con un componente elástico en serie (CES); y, en paralelo, con un componente elástico en paralelo (CEP), tal y como se ilustra en la figura 1.14. A pesar de no haberse identificado la precisa situación anatómica de estos elementos, el CEP contiene probablemente sarcolema, puentes cruzados en reposo y tejidos como membranas alrededor del músculo y sus sub-unidades. Por otro lado, se considera que el CES incluye tendón, puentes cruzados, miofilamentos, filamentos de titina y discos-Z. De todos estos elementos, los miofilamentos probablemente proporcionan una mayor contribución al CES (Suzuki y Sugi, 1983).

El CEP es responsable de la fuerza realizada por un músculo relajado cuando es estirado más allá de su longitud de reposo; por su parte, el CES es colocado bajo tensión por la fuerza desarrollada en el músculo contraído activamente. La cantidad de energía mecánica almacenada por el CEP es pequeña y contribuye poco en el balance final de la energía del ejercicio (Cavagna, 1977). Por otro lado, se produce un considerable almacenamiento de energía en el CES, ya que un músculo contraído activamente resiste el estiramiento con gran fuerza, en especial si el estiramiento se realiza de forma súbita. Esta fuerza resistida, realizada en las extremidades del músculo, y no la longitud del músculo contraído, es la responsable del almacenamiento de energía elástica en el CES.

Además, se ha demostrado que la tensión mecánica impuesta al estirar un músculo contraído es menor en un músculo con preponderancia de fibras ST (de contracción lenta), mientras que la energía elástica almacenada es mayor en las fibras FT (de contracción rápida) (Komi, 1984). El mismo estudio sugiere también que la elasticidad del CES en un músculo lento es mayor que en un músculo rápido. Estas diferencias son debidas en gran parte a que la concentración de colágeno es mayor en el músculo lento en relación al músculo rápido (Kovanen et al., 1984). Estos resultados concuerdan con los análisis básicos de movimientos lentos y rápidos. La elevada rigidez y poca tensión de un músculo lento es claramente más apropiada para la función muscular que realiza un continuo apoyo de la postura. Por el contrario, los bajos niveles de rigidez, mayor complicidad y menor elasticidad de un músculo rápido que realizan una gran contracción se adaptan completamente a mejorar la velocidad y la eficacia del movimiento. Recientes investigaciones indican que las diferencias en las propiedades mecánicas entre músculos rápidos y lentos en respuesta a un estiramiento pasivo se deben, en gran parte a sus respectivos contenidos de colágeno.

Junto con las diferencias que hacen referencia al componente de colágeno del músculo, existen también diferencias en términos de fibras musculares. Aparentemente, las fibras ST son capaces de mantener las uniones de los puentes cruzados durante periodos de mayor duración que las fibras FT. Por tanto, una contracción muscular prolongada tendería a ser mantenida más fácilmente en músculos posturales lentos (tónicos) que en músculos rápidos (fásicos). En consecuencia, los procedimientos de estiramiento deberían aplicarse durante períodos más largos en músculos lentos para mejorar sensiblemente su flexibilidad.

Las fibras musculares también se pueden estirar pasivamente y almacenar energía elástica, como los tendones. En este contexto, los puentes cruzados de miosina, que se considera que tiran de los filamentos de actina entre los filamentos de miosina durante la contracción muscular, son estructuras dependientes que pueden llegar a estirarse considerablemente antes de separarse de los lugares activados en los filamentos de actina. Se cree que esta dependencia puede ser provocada por la rotación de las

Urheberrechtlich geschütztes Material

cabezas de meromiosina de los puentes cruzados y por la elongación de su cola, que goza de una estructura en forma de hélice que facilitaría la extensibilidad (Huxley, 1974). En otras palabras, incluso un músculo contraído se puede estirar, no sólo debido a su componente de colágeno, sino también a su tejido contráctil.

Tal y como se ha afirmado anteriormente, si un músculo relajado se estira más allá de su longitud en reposo, es el CEP el más expuesto a la tensión resultante, mientras que en un músculo activo es el CES el sujeto a la mayor parte de la tensión. Ello implica que un estiramiento balístico y pasivo, estático y relajado tiene un mayor efecto en el CEP, y el estiramiento balístico tenso y activo afecta predominantemente al CES. Las variadas técnicas fisioterapéuticas de flexibilidad con la FNP (facilitación neuromuscular propioceptiva) parecen capaces de estirar y reforzar el CES y el PEC, así como los músculos asociados. Las rutinas de entrenamiento con pesas y otros métodos basados en los mismos principios de la FNP pueden conseguir unos resultados similares.

Información adicional sobre el tejido de colágeno

Los tejidos conectivos comprenden esencialmente tres tipos de fibra: colágeno, elastina y reticulina, constituyendo las dos primeras aproximadamente el 90% del total. Las fibras de colágeno (de las cuales existen al menos 10 tipos distintos) aportan fuerza y rigidez al tejido, la elastina proporciona adaptación o elongación bajo la influencia de una carga y la reticulina, volumen (Fung, 1981). Las fibras elásticas están presentes en pequeñas concentraciones en la matriz intercélular de los tendones y de la mayoría de los ligamentos, pero se desconoce su función. Se sugiere que pueden ser importantes en la recuperación de la configuración en espiral de la fibra de colágeno después de un estiramiento o de una contracción muscular (Minns et al., 1973).

El comportamiento de las fibras de colágeno en respuesta a una tensión mecánica depende de la orientación estructural de las fibras, de las propiedades de las fibras de colágeno y elastina, y de la cantidad proporcional de colágeno y elastina. La orientación estructural de las fibras difiere en los distintos tejidos de colágeno, adaptándose específicamente a las funciones de cada tejido.

En particular, las fibras del tendón permanecen empaquetadas muy cerca unas de las otras y casi en paralelo, debido a los ligeros movimientos ondulatorios en estado de relajación. Esta simple estructura resulta suficiente para el tendón, ya que éste normalmente tiene que transmitir fuerzas de forma lineal desde un punto hasta otro. La organización de las fibras en ligamentos y cápsulas articulares, aunque en general permanece en paralelo, es menos uniforme y normalmente oblicua o en espiral; su estructura exacta depende de la función del ligamento en particular. La mayoría de los ligamentos están constituidos puramente de colágeno, siendo las únicas fibras de elastina las que están asociadas con los vasos sanguíneos. En la práctica, los únicos ligamentos con mayoría de elastina son los ligamentos amarillos de la columna vertebral y el ligamento cervical en el cuello de los animales rumiantes, ambos compuestos de aproximadamente dos tercios de fibras de elastina, por lo que, muestran un

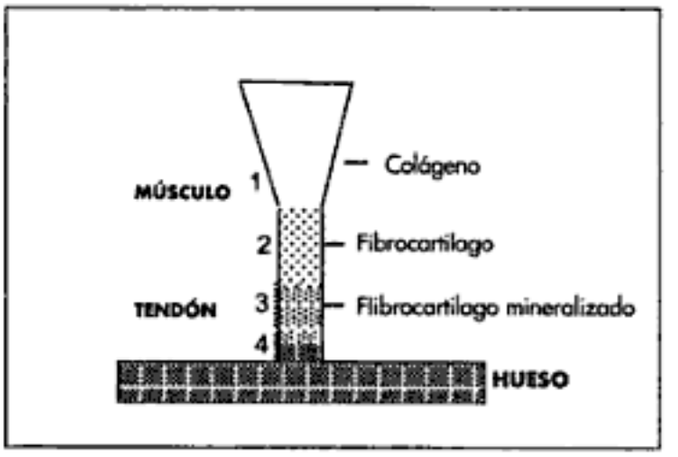


FIGURA 1.15 *La transición estructural de un tejido de colágeno típico al hueso.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

comportamiento casi totalmente elástico (Nachemson y Evans, 1968). La deformación permanente de estos ligamentos con maniobras de estiramiento tradicionales es, por tanto, poco probable. En general, la estructura del ligamento tiene que ser más compleja que la del tendón, ya que los ligamentos articulares tienen que controlar la fuerza durante un mayor número de grados de libertad articular. Así pues, el estiramiento de los ligamentos requiere una mayor variedad de técnicas.

La red de colágeno de la piel es una complicada estructura tridimensional que permite ser deformada considerablemente sin necesitar la elongación de las fibras individuales.

Estructura y función de los ligamentos y los tendones

La alteración gradual de las estructuras de los tendones y de los ligamentos a medida que se acercan a sus zonas de inserción en el hueso resulta similar. Por ejemplo, la transición del ligamento al hueso es gradual, con filas de fibrocitos en el ligamento transformándose en grupos de osteocitos, y luego dispersándose progresivamente en la matriz del hueso a través de una fase intermedia en la que las células se parecen a condrocitos (Fung, 1981). Algunas autoridades han dividido la región de inserción del ligamento en cuatro zonas: las fibras de colágeno al final del ligamento (zona 1) se entrelazan con fibrocartílago (zona 2) y se convierten progresivamente en fibrocartílago mineralizado (zona 3). En la última zona finalmente se une al hueso cortical (zona 4). De este modo, la concentración de tensión en la inserción del ligamento en la más rígida estructura ósea disminuye debido a la existencia de la transición de estos tres compuestos de materiales progresivamente más rígidos (fig. 1.15).

El tendón difiere del ligamento en el hecho de que sólo una terminación se inserta en el hueso, mientras que en la mayoría de los ligamentos ambas terminaciones se insertan en el hueso. La transición de tendón a hueso no está tan bien definida como en el ligamento, y, en breve, el tendón se inserta en la principal membrana fibrosa del periostio. Sin embargo, tal y como sucede en los ligamentos, se puede identificar el mismo tipo de transición gradual en cuatro zonas desde el colágeno hasta el hueso (fig. 1.15). Esta estructura minimiza los efectos negativos de un estiramiento o una carga súbita que se podrían producir si hubiera una brusca transición de músculo a colágeno y después a hueso.

Como los ligamentos están estrechamente relacionados con las cápsulas articulares, los tendones se presentan en dos formas básicas: unos con vainas y otras sin vainas. Las vainas envuelven normalmente a los tendones en presencia de fuerzas de fricción de gran dimensión y realizan una acción de lubricación a través del líquido sinovial producido por sus células sinoviales. De este modo, se puede afirmar que los tendones con vainas tienen un CEP mayor que los tendones sin vaina, y un estiramiento desde un estado de reposo tendrá pro-

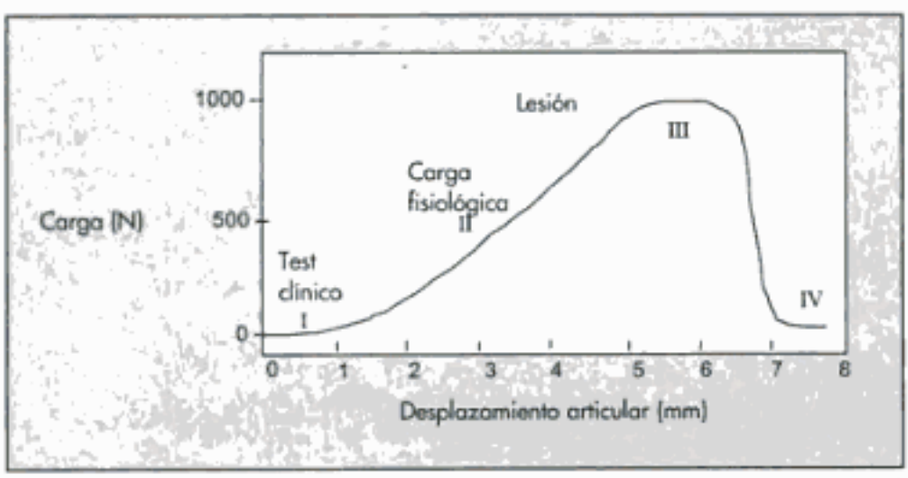


FIGURA 1.16 *Respuesta de un típico tejido de colágeno a un exceso de carga, mostrando las cuatro regiones características observadas en la aplicación de una carga rápida en el ligamento cruzado anterior (Frankel y Nordin, 1980).*

Urheberrechtlich geschütztes Material

blemente un mayor efecto en el tendón con vaina. El tendón básicamente contiene CES que es tensado cuando su músculo acompañante está activo. Ello remarca de nuevo que son necesarias técnicas de estiramiento para mejorar la extensibilidad de los diferentes tejidos.

Carga mecánica en el tejido de colágeno

Debido a que el estiramiento es un tipo particular de carga mecánica, los estiramientos pueden ser aplicados de forma más efectiva si se analizan detalladamente los efectos de la carga sobre el colágeno. De hecho, el estiramiento fisiológico es posible, ya que el colágeno es un material viscoelástico; esto es, bajo una carga rápida se comporta elásticamente, mientras que bajo una carga progresiva es viscoso y se deforma plásticamente.

La figura 1.16 ilustra el comportamiento del tejido de colágeno en respuesta a un exceso de carga. La porción cóncava inicial de la curva (región I) ha sido denominada «región en forma de dedo del pie» y se aplica a la amplitud fisiológica en la que este tejido funciona de manera normal. Probablemente representa un cambio estructural desde un estado en espiral relajado del tejido a un estado más rectilíneo y paralelo (Viidik, 1973). Se requiere un bajo nivel de fuerza para provocar la elongación en la parte inicial de esta región, pero una fuerza continuada produce un tejido más rígido en el que la tensión (esto es, la elongación por unidad de longitud del tejido) está entre 0,02 y 0,04 (Viidik, 1973). La carga cíclica hasta este nivel produce una respuesta elástica, mientras que la descarga desde este estado permite recuperar la forma original en espiral (o zigzag plano), así como la longitud en reposo de este tejido. En otras palabras, un estiramiento suave del tejido de colágeno dentro de la región I no provocará una flexibilidad a largo plazo.

La siguiente región casi lineal (región II) muestra la respuesta al incremento de la carga. Aquí las fibras han perdido su forma de espiral y son claramente paralelas, una situación que se considera que es provocada por la reorganización de los haces de fibras dentro de los tejidos. A veces, se observan pequeñas disminuciones de fuerza en la curva justo antes del final de la región II, que anuncian el temprano y secuencial microfallo de algunas fibras sobreestiradas. En este punto, los peligros de un estiramiento excesivo son definitivamente significativos. La región III corresponde a la fuerza impuesta en los tejidos desde el inicio del microfallo hasta la súbita situación de fallo completo (región IV). Esta situación se producirá si el estiramiento en la región II continúa elongando los tejidos o si se aplican movimientos balísticos en este estado.

Puesto que los tendones y los ligamentos son viscoelásticos, presentan también cierta sensibilidad al grado de carga, y experimentan una relajación en tensión, elongación e histéresis. Por ejemplo, la figura 1.17 muestra el fenómeno de relajación en tensión en el ligamento anterior cruzado mientras se le aplica una carga a un grado finito de tensión, manteniéndose su longitud constante. La característica curva de histéresis (n = 1) de la figura 1.17a corresponde a un ligamento al que se le aplicó una carga de aproximadamente un tercio de su carga de

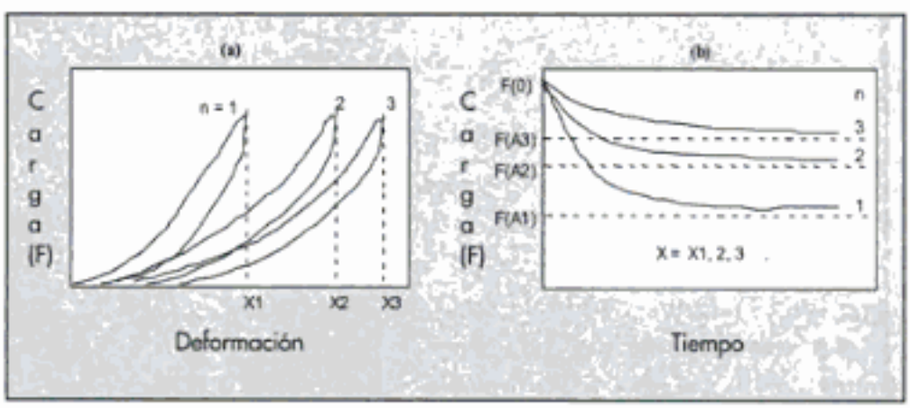


FIGURA 1.17 *Curvas de histéresis y de relajación en tensión de un ligamento cruzado anterior (Viidik, 1973).*

Urheberrechtlich geschütztes Material

fallo, descargandose inmediatamente a un ritmo constante.

El que la curva no consiga retornar a su punto de inicio significa que el material se ha deformado de forma permanente; si este proceso se repite regularmente, puede conllevar laxitud ligamentosa. Un prolongado y excesivo estiramiento de este tipo facilita la movilidad articular a expensas de su estabilidad, de forma que la articulación tiene que confiar más en sus músculos para conseguir estabilidad. A pesar de la opinión general de que los músculos actúan como unos eficientes estabilizadores sinergistas, recordaremos que la musculatura no puede responder lo suficientemente rápido para proteger una articulación contra la lesión si se aplican rápidamente grandes impactos en especial si son en torsión. Debido a que la estabilidad articular implica acciones tridimensionales en varios grados de movimiento, la necesidad de acondicionar de forma adecuada todos los tejidos blandos que interactúan resulta obvia. La estabilización articular y la flexibilidad se exponen después con mayor detalle (ver cap. 3).

La figura 1.17b se refiere al caso en el que el ligamento está sujeto a la misma carga F(0) y luego se mantiene la longitud constante, revelando, con ello, una relajación asintótica hasta el valor limitante F(A). El bucle de la histéresis es generalmente pequeño para el colágeno y la elastina pero grande para el músculo, mientras que la relajación en tensión es de pequeñas dimensiones para la elastina, mayor para el colágeno y muy importante para el músculo liso.

Es importante destacar otro fenómeno de la carga. Por ejemplo, si el tejido de colágeno se examina a través de la imposición de series sucesivas de ciclos de carga-descarga con un período de descanso de 10 minutos entre cada ciclo, se describirán unas curvas como las indicadas por n = 2 y 3 en la figura 1.17. La figura 1.17a muestra que la región inicial en forma de «dedo del pie» aumenta su extensión, mientras las curvas de la histéresis se desplazan progresivamente hacia la derecha. Al mismo tiempo, las curvas de relajación en tensión de la figura 1.17b se desplazan en sentido ascendente. Si el test se repite indefinidamente, la diferencia entre las curvas sucesivas disminuye y finalmente desaparece. En esta situación se dice que el tejido ha sido pre-condicionado, un estado que se consigue debido a la estructura interna del tejido se altera con los ciclos. Este tipo de acondicionamiento con el propósito de asegurar cierta estabilidad es el objetivo de los ejercicios de estiramiento.

La curva de histéresis permite también distinguir entre las contribuciones relativas de la elasticidad y de la viscosidad en el comportamiento del músculo. Si la distancia vertical entre las curvas de carga y descarga (p. ej. en la fig. 1.17) es cero, el gráfico de deformación por la carga se convierte en una línea recta y el tejido es puramente elástico, de acuerdo con la Ley de Hooke (esto es, una elongación x es directamente proporcional a la fuerza F aplicada, o $F = k \cdot x$). Cuanto mayor es la distancia vertical entre las dos curvas, más viscoso es el material, más deformable se hace, y más dispersa los choques impuestos por la carga. Además, la pendiente de la curva de histéresis proporciona una medida de la rigidez del tejido, con una pendiente pronunciada que es característica de un material muy rígido que no se estira demasiado bajo una carga.

El rendimiento biomecánico de los tejidos de colágeno depende en gran medida del nivel de carga. Por ejemplo, si una articulación está sujeta a una carga constante de baja intensidad durante un prolongado período de tiempo, se produce una lenta deformación de los tejidos; este fenómeno se conoce como elongación y es característico de las sustancias viscoelásticas en general. Además, el tejido de colágeno aumenta significativamente en fuerza y rigidez con el aumento del nivel de carga, subrayándose por tanto la necesidad de utilizar inteligentemente los entrenamientos basados en métodos con aceleraciones elevadas. Un estudio describió un aumento de casi un 50% hasta llegar al nivel de

Urheberrechtlich geschütztes Material

carga máximo en los ligamentos de la rodilla al multiplicar el nivel de la carga por cuatro (Kennedy et al., 1976). Es también interesante destacar que con niveles bajos de carga la inserción ósea de un ligamento es el componente más débil del complejo ligamento-hueso, mientras que el ligamento es el componente más débil en cargas muy rápidas. Estos resultados implican que, con un aumento del nivel de la carga, la fuerza del hueso (que también contiene colágeno) aumenta más que la fuerza del ligamento (Frankel y Nordin, 1980). Por otra parte , señalemos que la fuerza de tensión de un tendón sano puede superar el doble de la fuerza llevada a cabo por su músculo asociado, lo que explica que las roturas sean más frecuentes en el músculo que en el tendón (Elliott, 1967).

Estos hechos tienen una influencia directa al determinar las diferencias entre un tipo de estiramiento estático, pasivo y balístico, con unos niveles de carga lentos y rápidos, que provocan unos efectos diferentes en cada uno de los tejidos blandos del cuerpo (ver cap. 3).

El papel de la energía elástica almacenada

En un análisis superficial podría parecer que una contracción dinámica de los músculos de brazos y piernas, en actividades como el correr, contabilizaría una considerable cantidad del gasto energético. A la inversa, se ha descubierto que el coste energético de una actividad como el correr para animales con extremidades pesadas es parecido al de los animales con extremidades ligeras. Ello se produce debido a que mucha de la energía utilizada proviene del almacenamiento de energía elástica en los tendones (Goldspink, 1978). A lo largo de este proceso, se produce un cambio significativo en la longitud de los tendones, pero no en la del propio músculo.

Durante un movimiento activo, la energía mecánica almacenada en el CEP es mínima y contribuye poco en el total de energía utilizado para el ejercicio. Contrariamente, en el CES se produce un almacenamiento considerable de energía, ya que un músculo activamente contraído resiste el estiramiento con mayor fuerza, en particular si el estiramiento se realiza rápidamente. Los tendones desempeñan un papel fundamental en el almacenamiento de esta energía. Un entrenamiento con rebotes explosivos (pliométrico) tiene indudablemente un significativo efecto sobre el CES.

Mientras que el CES participa en la actividad cuando el músculo se contrae, el CEP ejerce una tensión pasiva al estirar el músculo no-estimulado. La contribución del CEP a la tensión total del músculo aumenta con la longitud de éste. Por consiguiente, con este descubrimiento se incide en la importancia de integrar el acondicionamiento de la flexibilidad en un programa completo de desarrollo de la fuerza.

El punto de vista tradicional que concibe los tendones únicamente como nexos de unión entre músculo y hueso presenta sólo una perspectiva parcial de las funciones del tendón. Los tendones, junto con otros componentes elásticos en serie, y en particular después de finalizar potentes contracciones isométricas o excéntricas, tienen un papel esencial en el almacenamiento de energía elástica en el movimiento locomotor y en los actos motrices, ahorrando energía e incrementando su eficacia muscular.

Por ejemplo, se ha descubierto que gran parte de la actividad muscular que conlleva el correr se asocia a la tensión de los tendones, almacenando, por tanto, energía para sucesivos ciclos de movimiento (Cavagna, 1977). Esta tensión o rebobinación de las fibras del tendón mediante grandes acciones musculares isométricas se consigue a través de un pequeño cambio de la longitud de las propias fibras musculares. Las fuerzas participantes derivan principalmente de acciones musculares isométricas, lo que significa una reducción del gasto energético debido a que una acción muscular isométrica termodinámica resulta considerablemente más barata que las acciones musculares dinámicas. Por estas razones, es importante que

Urheberrechtlich geschütztes Material

cualquier ejercicio de estiramiento no comprometa la fuerza o la capacidad de almacenamiento de energía elástica de los tendones en toda su amplitud del movimiento (ver cap. 3). Ello implica de nuevo que los ejercicios de estiramiento del tendón deberían ir acompañados por el acondicionamiento de fuerza contra una resistencia adecuada. De forma similar, los ligamentos no deberían ser sobreestirados hasta el punto de la reducción de la estabilidad articular.

La capacidad de la utilización de energía elástica almacenada depende de la velocidad y magnitud del estiramiento, y de la duración de la transición entre la finalización de la acción excéntrica y el inicio de las fases excéntricas del movimiento. Este retraso entre las dos fases debería ser mínimo; si no, la energía elástica almacenada se disipará rápidamente, ya que un retraso más prolongado permitirá que un menor número de puentes cruzados permanezcan unidos después del estiramiento (Edman et al., 1978). Por otra parte, cuanto mayor sea la velocidad del estiramiento durante la acción muscular excéntrica, mayor será el almacenamiento de energía elástica (Rack y Westbury, 1974).

Una mejora del trabajo asociado con rápidas acciones musculares excéntricas-concéntricas (o pliométricas) se atribuye normalmente al almacenamiento y a la utilización de energía elástica, pero parte de los resultados de esta mejora está probablemente provocada por una pre-carga (o pre-estiramiento) del complejo muscular. Ello se debe a que en la acción impulsiva excéntrica-concéntrica, la tensión en el inicio de la acción muscular concéntrica es mucho mayor que en una acción muscular que hubiera empezado desde el reposo.

La influencia del ejercicio en el tejido conectivo

De varios estudios con animales se han obtenido las siguientes conclusiones en relación con el efecto del ejercicio o de la inactividad en los tejidos conectivos o de colágeno:

- Sesiones de ejercicio aisladas y entrenamientos de esprint no producen incrementos significativos de la fuerza articular, aunque los esprints produzcan sensibles aumentos de la masa ligamentosa y de las relaciones (ratios) masa a unidad de longitud (Tipton et al., 1967; Tipton yotros, 1974). Por tanto, Tipton y sus colegas concluyen que los cambios de la fuerza articular están íntimamente relacionados con el tipo de régimen de ejercicio y no sólo con su duración.
- Un entrenamiento de resistencia regular puede aumentar significativamente las ratios fuerza a masa corporal para los ligamentos y tendones (Tipton et al., 1974; Tipton et al., 1975).
- Los programas de entrenamiento de resistencia a largo plazo pueden provocar aumentos en la fuerza articular de ligamentos recuperados de una lesión (Tipton et al., 1970). A este respecto, Tipton (1975) sugirió que un incremento de la capilarización del tejido asociado con un ejercicio crónico podría mejorar la disponibilidad de las hormonas endógenas y estimular el riego sanguíneo del tejido recuperado.
- Un entrenamiento a largo plazo aumenta significativamente el contenido de colágeno de los ligamentos (Tipton et al., 1970).
- Los ligamentos se hacen más fuertes y rígidos cuando están sujetos a un aumento de tensión, y más débiles y menos rígidos cuando la tensión disminuye (Tipton et al., 1970; Noyes, 1977).
- El envejecimiento revela cambios en los tejidos de colágeno similares a los provocados por la inmovilización, con una reducción de la fuerza y rigidez de los ligamentos en la edad avanzada. Estos cambios pueden deberse no sólo al proceso degenerativo, sino también a una reducida actividad física, estados de enfermedad sobreimpuestos y otros procesos indefinidos (Frankel y Nordin, 1980).

Algunos estudios sobre las propiedades mecánicas y biomecánicas del tendón muestran una estre-

Urheberrechtlich geschütztes Material

cha relación entre la fuerza de tensión y el nivel de colágeno. De forma similar, la concentración total de colágeno es mayor en un músculo lento que en un músculo rápido. Esta diferencia también está presente a nivel de las fibras musculares individuales, siendo la concentración de colágeno en las fibras de contracción lenta el doble que en las fibras de contracción rápida (Kovanen et al., 1984).

Las propiedades tensiles de los tejidos de colágeno están determinadas por el tipo, la estructura y la cantidad de colágeno. Existen al menos diez tipos distintos de colágeno, cada uno con una composición de la cadena diferente y presentándose de varias formas en diferentes subsistemas corporales (Von der Mark, 1981). A nivel microscópico, la característica fuerza mecánica del colágeno depende en gran medida de las uniones cruzadas entre las moléculas de colágeno. Se ha demostrado que el tipo de ejercicio puede afectar las propiedades del músculo, hecho que se relaciona con estas uniones cruzadas de moléculas de colágeno, y no tanto meramente con el complejo actina-miosina. Por ejemplo, el entrenamiento de la resistencia muscular aumenta la fuerza de tensión de los músculos lentos y rápidos, así como la elasticidad de los primeros (Kovanen et al., 1984). Otros estudios han demostrado que una carrera prolongada también aumenta la concentración de colágeno en el tendón, así como la fuerza de tensión total de éste (Woo et al., 1981). Este hecho es importante para la programación limitada en el periodo transitorio o para el entrenamiento de preparación física general.

En contraste con este resultado, la concentración de colágeno en el músculo no se altera por el entrenamiento de la resistencia. Sin embargo, el aumento de la elasticidad y la fuerza de tensión de los músculos lentos, que contienen una mayor proporción de colágeno después del entrenamiento, sugiere que el colágeno podría experimentar ciertos cambios estructurales. A este respecto, es posible que estos cambios de las propiedades mecánicas de los músculos lentos estén relacionados con la estabilización de las uniones cruzadas de colágeno reducibles (Kovanen, 1984).

Con referencia más específica al tejido muscular, se ha propuesto que las fibras ST son capaces de mantener las uniones de los puentes cruzados durante un mayor período de tiempo que las fibras FT (Bosco et al., 1982). De este modo, las primeras utilizarían la energía elástica almacenada en sus puentes cruzados más eficientemente en los movimientos lentos. Además, este proceso puede ser mejorado a través del comportamiento del tejido conectivo en cada músculo, determinando la capacidad de los músculos lentos y rápidos para realizar diferentes tipos de trabajo (Kovanen et al., 1984). Los músculos lentos con un mayor contenido de uniones cruzadas de colágeno fuertemente unidas estarían más adaptados a las contracciones lentas, ya que un tejido conectivo de colágeno rígido ofrecería cierta resistencia a una contracción rápida. Por otra parte, un tejido conectivo menos rígido en un músculo rápido facilitaría los movimientos rápidos con mayores cambios de su forma.

Las diferencias descritas en los componentes de colágeno de los diferentes tipos de músculo implican que un músculo lento puede almacenar relativamente más energía elástica en su tejido de colágeno que un músculo rápido, explicando así la eficacia de un músculo lento en tareas posturales y de resistencia.

Un modelo muscular modificado

Los modernos avances en el entrenamiento hacen necesario modificar el modelo muscular de Levin-Wyman. Resulta demasiado simplista referirse al complejo muscular incluyendo solamente los elementos contráctil y elástico, ya que sus varios componentes muestran otras propiedades mecánicas como el frenado y la deformación. El hecho que varios de los componentes, incluyendo el tejido conectivo y los líquidos intersticiales, del complejo muscular sean viscoelásticos sugiere inmediatamente que el frenado debe ser importante en el mol-

Urheberrechtlich geschütztes Material

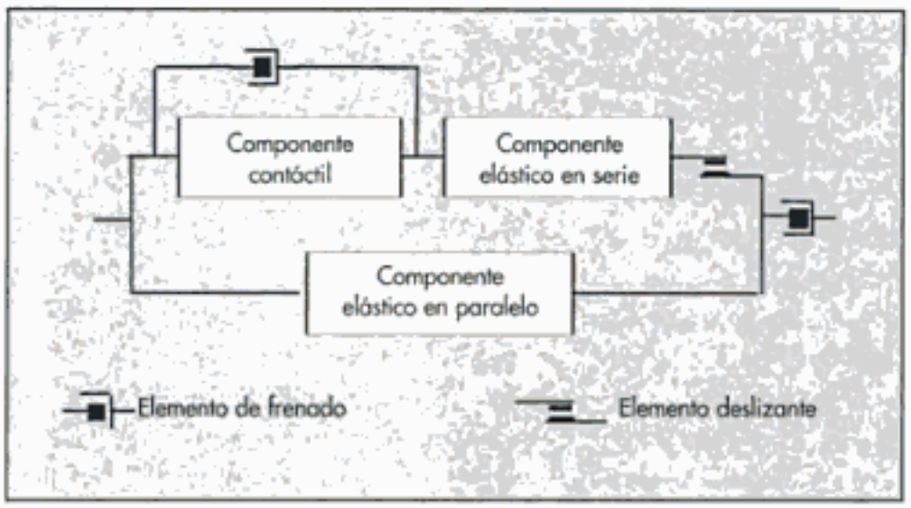


Figura 1.18 *Un modelo ampliado del complejo muscular.*

deado de cualquier músculo.

Por ejemplo, un análisis con plataforma de fuerza reveló que las vibraciones del complejo muscular se disipan en forma de un movimiento decreciente armónico simple, lo cual indica que el CES y el CEP están asociados con unos mecanismos de frenado eficientes que absorben la energía y suavizan los movimientos, protegiendo, por tanto, de lesiones relacionadas con cargas resonantes a determinados niveles (Siff, 1986). Además, el tejido conectivo dentro del complejo muscular tiene una ratio específica de frenado y un nivel determinado de rigidez mecánica que es diferente en los sujetos de diferentes sexo, estado de lesión e historial deportivo (Siff, 1986).

Por otra parte, la rigidez mecánica tiende a disminuir o a permanecer aproximadamente constante después del ejercicio, mientras que la ratio de frenado aumenta siempre después de un ejercicio lento, sostenido o explosivo en hombres y mujeres (Siff, 1986). Este cambio tiene lugar posiblemente para asegurar que los potenciales peligros de la fatiga muscular local o neuromuscular están compensados por un frenado satisfactorio a través de tensiones subsiguientes. La relación de frenado y la rigidez tienden ambas a aumentar en los sujetos cargados con una masa adicional, de nuevo una respuesta adaptativa que tiende a mantener la estabilidad bajo un amplio abanico de condiciones de ejercicio. La ratio de frenado también tiende a incrementarse con la masa corporal y a ser más elevada en las mujeres (Siff, 1986).

Un trabajo similar realizado por Greene y McMahon sobre sujetos que saltaban con diferentes grados de flexión de la rodilla en una tabla flexible a diferentes frecuencias reveló que la rigidez mecánica del tejido blando está determinada por el ángulo articular. Por ejemplo, en la articulación de la rodilla la rigidez disminuye de aproximadamente 120 kN/m, en un ángulo de 0° a 30 kN/m, en un ángulo de 75°, de forma que la aportación del CES desciende espectacularmente a medida que aumenta la flexión de la rodilla. Este hecho tiene unas profundas implicaciones en la programación del entrenamiento pliométrico, en particular al limitar el ángulo articular para asegurar la idoneidad de la carga de choque en el complejo muscular.

La ratio de frenado medida con la técnica de Greene y McMahon (0,34) fue aproximadamente tres veces mayor que el valor obtenido por Siff (0,12), ya que en su método obligaron a los sujetos a mantener un elevado nivel de tensión isométrica en el cuádriceps mientras oscilaban en la tabla flexible. Ello indica que la ratio de frenado varía con la intensidad de la tensión muscular.

Es importante destacar que la vida de los puentes cruzados entre los filamentos de actina y miosina es limitada, variando de 15 a 120 milisegundos. Por lo tanto, para la utilización de la energía elástica almacenada, es vital que el período de estiramiento y el período de transición entre el estiramiento y el subsiguiente acortamiento (acción muscular concéntrica) sean cortos. Un estiramiento largo simplemente provoca un deslizamiento entre los componentes del complejo muscular, desperdiciándose el poten-

cial elástico de los puentes cruzados. Sin embargo, un tiempo de emparejamiento corto provocado por un pre-estiramiento de poca amplitud evitará la rotura de los puentes cruzados y facilitará el mejor uso de la energía elástica almacenada durante la fase de acortamiento, que es de particular importancia en actividades como el salto, la halterofilia y la pliometría.

Parece también que las fibras de contracción lenta (ST) y de contracción rápida (FT) tienen diferentes propiedades viscoelásticas, que les permiten hacer un uso diferente del círculo de estiramiento-acortamiento. Por ejemplo, los tests de salto vertical muestran que una ejecución rápida, con una fase de estiramiento de poca amplitud, optimiza el rendimiento de los músculos vastos medios, que son ricos en fibras FT. Los músculos extensores de la rodilla en los sujetos con una mayor proporción de fibras ST (p. ej; corredores de larga distancia) obtuvieron mejores resultados en saltos más lentos, con una mayor amplitud y con un período de transición entre el estiramiento y el acortamiento más largo. Bosco y otros (1982) consideran que esta diferencia es una consecuencia de las distintas vidas de los puentes cruzados entre las fibras FT y las ST.

Esta investigación sugiere que el modelo de Levin-Wyman debe modificarse como en la figura 1.18 para incluir elementos de frenado no-lineales (ya que los componentes musculares se mueven en un fluido) y un elemento deslizante (elemento éste que permite la no espiralización del tejido conectivo en reposo y el deslizamiento cuando la tensión alcanza valores críticos en el sistema).

Además, la variación del nivel de rigidez en relación con el ángulo articular demuestra que las características mecánicas del CES y del CEP no son lineales. En otras palabras, estos componentes no obedecen simplemente a la Ley de Hooke (esto es, una fuerza F es directamente proporcional a una extensión x producida por una fuerza, o $F = k \cdot x$, donde k es la rigidez mecánica). De este modo, el doble de amplitud de extensión no estará necesariamente asociado con el doble de tensión en los tejidos. El elemento de frenado no ha sido asociado al CEP, ya que existe un movimiento mínimo entre estructuras como el sarcolema y las vainas alrededor de las fibras musculares que se considera que comprenden al CEP.

Los modelos musculares presentados en este texto destacan que el entrenamiento de la condición física no sólo debería centrarse en el desarrollo muscular, sino también en el acondicionamiento de todos los tejidos conectivos asociados con la estabilidad y la movilidad. Recientes descubrimientos confirman este hecho cuando establecen que un *aumento de la fuerza puede no estar únicamente relacionado con un incremento de la densidad de los elementos proteicos contráctiles del músculo, sino también con una mejora de la transmisión de la fuerza desde las fibras musculares al sistema esquelético.* A este respecto, un aumento de la fuerza del tejido conectivo y una mejor rigidez del complejo muscular pueden disminuir la disipación de fuerza generada por los sarcómeros individuales a los tejidos vecinos. La investigación en este

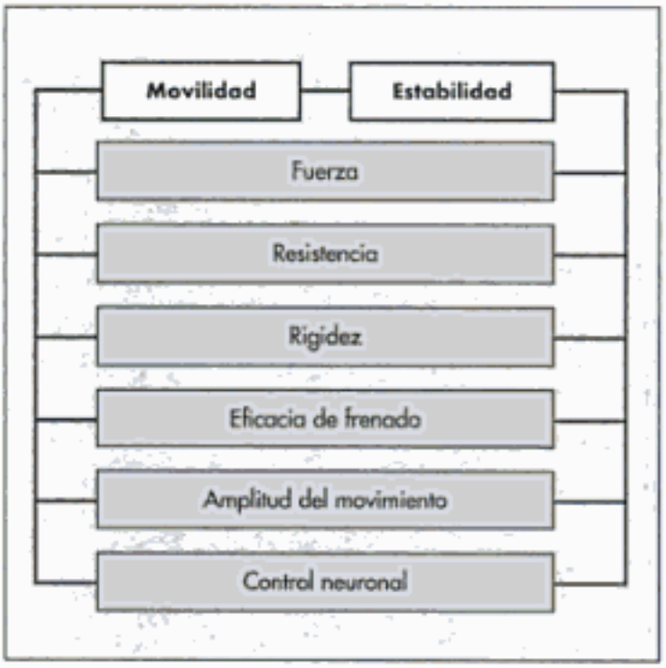


Figura 1.19 *La interelación entre estabilidad y movilidad en la actividad humana.*

aspecto fue instigada para explicar por qué la fuerza muscular puede aumentar sin aumento del la tamaño muscular o de la densidad de los filamentos musculares (ver la sección anterior titulada «Fuerza y tejido conectivo»).

La hipertrofia producida por el acondicionamiento de la fuerza y por la mejora de la eficacia neuromuscular a través de un adecuado entrenamiento de velocidad-fuerza y por impulsión puede también afectar el almacenamiento y la utilización de energía elástica. Puesto que la hipertrofia se asocia con un aumento de la cantidad y la fuerza del tejido conectivo, así como con un incremento del número de puentes cruzados, el potencial para el almacenamiento de energía elástica también aumenta, especialmente si el entrenamiento incluye una adecuada estimulación neuromuscular. Este hecho puede ser de gran importancia para mejorar el rendimiento en deportes de potencia acíclicos como la halterofilia y los saltos y lanzamientos en atletismo, así como en especialidades de resistencia cíclicas como las carreras de fondo y el ciclismo.

Implicaciones del Modelo Muscular para la Flexibilidad

La movilidad y la estabilidad se fundamentan en gran parte en la flexibilidad y en la fuerza-flexibilidad, de forma que resulta importante comprender las implicaciones del modelo del complejo muscular integrado para acciones que involucran el estiramiento del tejido muscular del cuerpo. Este modelo revela que los distintos tipos de estiramiento tienen unos efectos específicos en los diferentes componentes del complejo muscular y que una completa preparación del deportista depende de la utilización de las diferentes clases de estiramientos durante los períodos adecuados. Este aspecto se analiza en detalle en el capítulo 3.

Relación entre Estabilidad y Movilidad

El principio fundamental del movimiento animal se basa en que toda actividad es el resultado de un equilibrio entre estabilidad y movilidad en el cuerpo. Todo deporte, y su entrenamiento, conllevan el aprendizaje y la perfección de procesos que facilitan la adecuada y efectiva interacción de los mecanismos estabilizadores y de aquellos que movilizan las articulaciones en cada instante durante una determinada actividad. Tal y como se argumenta en la siguiente sección, algunos músculos tienen una función fásica como movilizadores primarios o movilizadores asistentes, mientras que otros tienen una función tónica o postural como estabilizadores. En algunas ocasiones se intercambiarán las funciones de los músculos para determinadas actividades, conviertiéndose los estabilizadores en movilizadores y viceversa. El equilibrio entre estabilidad y movilidad depende de la integración neuromuscular de factores como la fuerza, la resistencia y la amplitud del movimiento, así como de las propiedades mecánicas de los tejidos involucrados (en particular, la rigidez mecánica y la ratio de frenado). Este proceso se resume gráficamente en la figura 1.19.

Los procesos neuromusculares, incluyendo los distintos reflejos del cuerpo, orquestan la interacción global entre estabilidad y movilidad para producir habilidad motriz. La amplitud del movimiento y la rigidez están íntimamente relacionados con la flexibilidad, donde la «rigidez» referida aquí es la rigidez mecánica de los tejidos que forman el complejo muscular (la constante de rigidez k en la ecuación de la Ley de Hooke relacionada con una fuerza F y una extensión x: $F = k \cdot x$) y no la rigidez articular, que es un popular sinónimo de poca flexibilidad. La rigidez también determina la capacidad de los tejidos deformables para almacenar energía elástica ($EE = \frac{1}{2} k \cdot x^2$). La eficacia del frenado, la capacidad de absorción y de disipar el choque o la vibración, desempeña un papel determinante en el almacenamiento y la utilización de energía elástica, así como en la prevención de lesiones en actividades que conllevan una rápida aceleración y deceleración. Aunque en la figura sólo se ilustra la fuerza,

Urheberrechtlich geschütztes Material

el término incluye todos los diferentes tipos de fuerza, mientras que la resistencia se refiere tanto a la resistencia muscular como a la cardiovascular, factores que se relacionan directamente con la aparición de la fatiga en la estabilización o la movilización.

La relación entre estabilidad y movilidad forma una parte esencial de la FNP (facilitación neuromuscular propioceptiva) fisioterapéutica, cuyos medios y métodos de acondicionamiento físico pueden ser ampliados con vistas a proporcionar un completo sistema de entrenamiento de la fuerza (ver cap. 6).

CLASIFICACIÓN DE LAS ACCIONES MUSCULARES

Al realizar movimientos en varias direcciones, muchos músculos participan de forma simultánea en el control de la acción desde sus inicios hasta su final. La orquestación de los diversos músculos motiva que cada grupo muscular tenga una función específica que llevar a cabo. Una de las típicas clasificaciones reconoce las siguientes funciones tradicionales:

- *Agonistas*: Son músculos que actúan como movilizadores principales de la acción. Los *movilizadores principales* producen la contribución más significativa en el movimiento, mientras que los movilizadores asistentes desempeñan un papel más secundario en ayuda de esta acción principal. Algunos autores establecen la existencia de *músculos de emergencia* como un tipo especial de movilizadores asistentes que entran en actividad sólo cuando se debe generar una fuerza máxima en un determinado movimiento. En fisioterapia, el fenómeno de movilizadores asistentes reclutados por significativos aumentos de la carga se conoce como *sobreactivación*. El valor de un entrenamiento periódico con una carga máxima o cuasi-máxima resulta, pues, obvio.
- *Antagonistas*: Son músculos que actúan en oposición directa a los agonistas. Tal y como destaca Basmajian (1978), esta acción no acompaña necesariamente a cada contracción agonista, sino sólo bajo ciertas circunstancias. *Los procesos del sistema nervioso central son suficientemente refinados como para controlar la actividad agonista sin depender de forma rutinaria de la oposición de los antagonistas.* Al fin y al cabo, en ingeniería rara vez es necesario utilizar dos motores en oposición para realizar un control sofisticado de cualquier movimiento. Todo lo que se necesita es un único motor suficientemente potente con rápidos procesos de retroalimentación para asegurar precisión, control, fuerza adecuada y una velocidad apropiada a lo largo de todo el movimiento.

  Por otra es, resulta importante destacar que la *inhibición recíproca* del antagonista se produce normalmente siempre que se activa fuertemente un agonista (ver cap. 3). En otras palabras, el antagonista siempre se relajará cuando el agonista se contraiga, excepto cuando la acción sea extremadamente rápida y algunos «antagonistas» entren en juego para evitar el daño articular debido a la gran cantidad de movimiento en el que incurre la extremidad. Sin embargo, una activación inadecuada de los «antagonistas» para oponerse a las importantes contracciones agonistas puede derivar en una lesión músculo-esquelética. Por ejemplo, los isquiotibiales pueden romperse si se contraen para oponerse al cuádriceps en un esprint o en una patada. Investigadores rusos han demostrado que la *inhibición antagonista se produce más fácilmente durante una actividad rítmica asociada al aprendizaje motor.*

Los denominados «antagonistas» pueden actuar de forma continua o a través de esfuerzos periódicos durante todo el movimiento. Además, la pre-

Urheberrechtlich geschütztes Material

sencia de actividad antagonista puede deberse al aprendizaje motor y no a reflejos inherentes. A veces, la existencia de cierta actividad antagonista es señal de movimientos poco habilidosos o de anormalidad nerviosa. Claramente, el etiquetar automáticamente acciones musculares específicas con el nombre de antagonistas requiere cierta precaución, a no ser que sea confirmado a través de una cuidadosa electromiografía (registrando los músculos a través de señales eléctricas).

- *Estabilizadores*: Son los músculos que estabilizan o soportan un segmento corporal de forma estática o dinámica mientras otros músculos llevan a cabo un movimiento que involucra a otras articulaciones. Durante la *estabilización estática*, los músculos se contraen isométricamente o cuasi-isométricamente (muy lentamente). Un ejemplo es la acción de los erectores de la columna durante el ejercicio de flexión de brazos. Mantienen una contracción isométrica para evitar que la columna se hiperextienda (se hunda) mientras los músculos pectorales y deltoides ascienden y descienden, en relación con el suelo, la parte superior del cuerpo. Durante la *estabilización dinámica*, los músculos están en continua contracción mientras se realiza simultáneamente la movilización. Por ejemplo, al correr o al caminar, el cuádriceps se contrae no sólo para extender la rodilla sino también para estabilizarla en la fase de contacto con el suelo en cada zancada. Los músculos estabilizadores a menudo aumentan la acción de los ligamentos, que son estabilizadores pasivos (a diferencia de los músculos que son estabilizadores activos).

De acuerdo con el concepto de músculos de emergencia descrito anteriormente, se puede también describir la existencia de *estabilizadores asistentes o de emergencia* que se activan para ayudar a los estabilizadores «principales» en un esfuerzo muy intenso llevado a cabo por movilizadores principales y asistentes. Este principio se utiliza en rehabilitación por los fisioterapeutas para activar los músculos «perezosos».

- *Neutralizadores*: Son los músculos que contraactúan en las acciones involuntarias de otros músculos intentando realizar movimientos opuestos. Como ejemplo tenemos los ejercicios abdominales, donde los oblicuos interno y externo se contraen simultáneamente para provocar la flexión del tronco. Individualmente, estos músculos tienden a producir una flexión lateral y una rotación del tronco. Contrayéndose simultáneamente, se oponen uno al otro para anular estos movimientos y, por tanto, ayudar a los músculos del recto abdominal en la flexión pura del tronco. De forma similar, las cabezas anterior y posterior del deltoides se neutralizan una a otra en su tendencia a provocar una rotación medial/lateral y una flexo-extensión horizontal, ayudando, de este modo, a la cabeza medial en la producción de una abducción pura (levantando el brazo lateralmente).

Existen variaciones de estas categorías, como la división de los músculos en dos clases: sinergistas, que cooperan para realizar un movimiento, y antagonistas, que actúan en oposición a la dirección del movimiento. Sin embargo, se debe destacar que todos los músculos actúan sinergísticamente en una persona normal; todos cooperan a través de fuerzas en las direcciones más apropiadas para producir el movimiento deseado, aunque no necesariamente con una eficacia máxima. Es preferible recordar que todos los músculos interactúan para producir las dos características fundamentales asociadas con todo movimiento humano: *estabilidad* y *movilidad*. Para ello, el mismo músculo puede actuar como movilizador en un momento dado y como estabilizador en otro. Resulta erróneo clasificar a un mús-

Urheberrechtlich geschütztes Material

culo en una de las categorías anteriores bajo cualquier circunstancia. Hablando con propiedad, *un músculo sólo puede ser clasificado cuando lleva a cabo una función específica en una situación determinada*. De este modo, es impreciso referirse a músculos específicos como agonistas, antagonistas, estabilizadores, sinergistas, etc.: se debe remarcar que cada músculo desempeña un papel específico en un momento determinado (o durante una cierta fase del movimiento) bajo una situación específica.

Los músculos también se pueden clasificar en *tónicos* (posturales o anti-gravitatorios), para proporcionar estabilidad y resistencia a la gravedad, o *fásicos* (dinámicos) para proporcionar movimiento. Los músculos tónicos son normalmente penniformes, contienen una mayor proporción de fibras musculares de contracción lenta, generalmente sólo cruzan una articulación, residen en profundidad bajo la superficie y realizan acciones extensoras incluyendo la abducción o la rotación lateral. Los músculos fásicos normalmente se encuentran en una zona más superficial, contienen más fibras musculares de contracción rápida, cruzan más de una articulación y realizan funciones flexoras, incluyendo la aducción y la rotación medial.

COCONTRACCIÓN BALÍSTICA

En general, los músculos cooperarán para producir dos tipos de acción: *cocontracción* y movimiento *balístico* (Basmajian, 1978). En la cocontracción, los músculos agonista y antagonista se contraen simultáneamente, con predominancia del primero en la realización del movimiento externo. Un movimiento balístico conlleva fases de actividad muscular seguida de fases de relajación en las que el movimiento continúa debido a la cantidad de movimiento almacenada en la extremidad. El curso de la acción de la extremidad viene determinado por el impulso inicial agonista, por tanto, el término «balístico» se utiliza en analogía con el vuelo de una bala, que está determinado por la carga explosiva inicial del cartucho.

Los movimientos habilidosos, balísticos rápidos y continuos moderadamente rápidos son pre-programados en el sistema nervioso central, mientras que no lo son los movimientos lentos, discontinuos. La acción balística rara vez conlleva procesos de retroalimentación durante el curso del movimiento. La *retroalimentación* desde los músculos y las articulaciones al sistema nervioso central permite que el movimiento resultante sea controlado continuamente y modificado si es necesario. El movimiento resultante llega a ser ejecutado de forma precisa, siendo protegidos de la lesión los tejidos blandos participantes a través de cambios de la tensión muscular, así como por la activación de adecuados antagonistas para controlar y finalizar el movimiento.

Si no se implica ninguna retroalimentación sensorial o propioceptiva, el tipo de control se denomina *alimentación hacia adelante* o control de «giro abierto» (Smith y Smith, 1962; Green, 1967). Aquí, el control es pre-programado en los sistemas nervioso central y neuromuscular a través de los sistemas visual y auditivo antes de empezar el movimiento, de forma que no se involucran continuos mecanismos de control. La primera señal de inminente acción programada es la inhibición de la acción muscular antagonista que precede a la acción del agonista, tal y como revela el electromiograma. Una prematura activación de los antagonistas puede no sólo disminuir la habilidad, sino también provocar una lesión muscular. En los movimientos balísticos y rápidos en general, la acción muscular antagonista únicamente es adecuada para finalizar el movimiento de la extremidad en cuestión. No sólo no existe ninguna actividad antagonista durante los movimientos balísticos, sino que se encuentra también ausente en los movimientos discontinuos (Brooks, 1983). La ventaja que proporcionan los procesos de alimentación hacia adelante es la velocidad de acción, mientras que su mayor desventaja es la falta de flexibilidad que se puede conseguir a través de la alimentación. Sin

Urheberrechtlich geschütztes Material

embargo, la importancia de los procesos de la retroalimentación hacia adelante en el movimiento humano no debe subestimarse, tal y como lo indican los rusos al utilizar entrenamientos autogénos y de visualización en la preparación deportiva.

TIPOS DE ACCIÓN MUSCULAR

Tradicionalmente, se definen los siguientes tipos de acción muscular empezando con el prefijo «-iso» (que significa "igual"): *isotónico* (tensión muscular constante), *isométrico* (longitud muscular constante) e *isocinético* (velocidad de movimiento constante). Además, el movimiento se puede producir bajo condiciones concéntricas (acortamiento muscular) y excéntricas (elongamiento muscular). Antes de aplicar estos términos de forma incondicional al ejercicio, resulta importante examinar su validez.

Isométrico significa literalmente «igual longitud», un estado que sólo se produce cuando un músculo está relajado. De hecho, no es la longitud muscular sino el ángulo articular lo que permanece constante. Contracción significa «acortamiento», por tanto, una contracción isométrica, como todas las otras formas de contracción muscular, conlleva unos procesos de movimiento internos que acortan las fibras musculares. Una contracción isométrica se puede definir de forma más precisa como una contracción muscular que tiene lugar cuando no existe un movimiento externo o un cambio en el ángulo articular (o distancia entre el origen y la inserción). Se produce cuando la fuerza producida por un músculo equilibra exactamente la resistencia impuesta sobre él y sin producirse ningún movimiento. Aunque no es incorrecto, el termino *isométrico* se podría sustituir por la palabra *estático*, sin sacrificar ningún rigor científico.

Sin embargo, el término *isotónico* debería limitarse o evitarse en la mayoría de las ocasiones, ya que es virtualmente imposible que la tensión muscular permanezca igual mientras se produce el movimiento articular a lo largo de cualquier movimiento. Una tensión constante es sólo posible durante una corta amplitud de movimiento y bajo unas condiciones de movimiento muy lentas o cuasi-isométricas durante un tiempo limitado (ya que la fatiga disminuye rápidamente la tensión). Lógicamente, también se produce un tono constante cuando el músculo se encuentra relajado, un estado conocido como tono de reposo. Siempre que se produce un movimiento, la tensión muscular aumenta o disminuye, ya que la aceleración o deceleración está siempre presentes y puede activarse uno de los reflejos de estiramiento.

Científicos europeos y rusos prefieren utilizar el término de *auxotónico*, que se refiere a una acción muscular que conlleva cambios en la tensión y longitud musculares. Otros autores emplean el término *alodinámico,* del griego «allos» que significa «otro» o «no el mismo». En este contexto ambos términos son más precisos que *isotónico*.

El término *dinámico* es suficientemente preciso para describir el tipo de contracción en cuestión y debería utilizarse siempre que el término isotónico se utiliza para describir cualquier forma de acción muscular dinámica o no-isométrica. El término *isotónico* debe reservarse para las escasas situaciones de movimientos cortos en los que la tensión muscular permanece bastante constante.

La palabra *isocinético* se encuentra en dos contextos: en primer lugar, algunos libros de texto recurren a ella como un tipo específico de acción muscular y, en segundo lugar, en la denominada rehabilitación isocinética y en las máquinas que realizan los tests que normalmente utilizan los fisioterapeutas. El término *contracción isocinética* es utilizado de forma inadecuada en la mayoría de los casos, ya que resulta imposible producir una contracción muscular completa a una velocidad constante. Para realizar cualquier movimiento desde el reposo, las dos primeras Leyes del Movimiento de Newton revelan que debe integrarse cierta aceleración, de forma que una velocidad constante no puede existir en un músculo que se

Urheberrechtlich geschütztes Material

contrae desde el reposo y retorna a este estado. La velocidad constante sólo se puede producir durante una parte del movimiento.

De forma similar, resulta biomecánicamente imposible diseñar una máquina puramente isocinética, ya que el usuario debe iniciar el movimiento de una extremidad determinada desde el reposo y empujar contra la máquina hasta que se limita el movimiento a una velocidad angular aproximadamente constante durante parte de este movimiento. La resistencia ofrecida por estas máquinas aumenta en respuesta a los incrementos de la fuerza producidos por los músculos, limitando, por tanto, la velocidad del movimiento a unas condiciones más o menos isocinéticas en parte de su movimiento. Las máquinas están diseñadas de esta forma porque algunos autores mantienen que la fuerza se desarrolla mejor si la tensión muscular se mantiene máxima en cada punto a lo largo del movimiento. Además, algunas investigaciones demuestran que el momento de torsión (y la fuerza) realizado bajo condiciones isocinéticas es normalmente mucho menor que el producidos isométricamente en el mismo ángulo articular (ver figs. 2.8 y 2.9). En otras palabras, es imposible utilizar las máquinas isocinéticas para desarrollar una fuerza máxima durante toda la amplitud de movimiento de la articulación.

La presencia de cualquier aceleración o desaceleración revela siempre la ausencia de una velocidad constante durante todo el movimiento. Sería más exacto denominar las máquinas isocinéticas con el término cuasi-isocinéticas (o pseudo-isocinéticas). En este caso, la velocidad del movimiento de la extremidad es constante y equivale a cero. También se produce una acción aproximadamente isocinética durante unas breves fases en la mitad del movimiento en la natación y en el «acuaeróbics» limitando la resistencia del agua los aumentos de la velocidad hasta cierto grado. Sin embargo, destaquemos que, incluso si una máquina consigue limitar el movimiento externo para que tenga lugar a una velocidad constante, la acción muscular subyacente no se producirá a una velocidad constante.

Los dos términos restantes aplicados a una acción muscular dinámica requieren cierta explicación. Una contracción muscular *concéntrica* se refiere a una acción muscular que produce una fuerza para superar la carga que actúa sobre ella. Por esta razón, científicos rusos la denominan contracción por *superación*. El trabajo realizado durante la contracción concéntrica se describe como *positivo*. De forma más precisa, nos podemos referir a estos dos tipos de contracción concéntrica de la siguiente forma:

- *Contracción concéntrica dinámica*, que conlleva el acortamiento del músculo.
- *Contracción concéntrica estática*, cuando se intenta el acortamiento pero no se produce ningún movimiento externo.

Una contracción excéntrica se refiere a la acción muscular por la cual la fuerza muscular cede a la carga impuesta. De este modo, en Rusia se refieren a una contracción por cesión. El trabajo realizado durante la contracción excéntrica se considera negativo. Igual que en la contracción concéntrica, se pueden reconocer dos tipos de contracción excéntrica:

- *Contracción excéntrica dinámica,* que conlleva el estiramiento del músculo en contracción.
- *Contracción excéntrica estática*, si el estiramiento es resistido y no se produce ningún movimiento externo.

La contracción concéntrica se produce, por ejemplo, durante el empuje ascendente en el press de banca o en la sentadilla, mientras que la contracción excéntrica tiene lugar durante la fase descendente. Aparentemente, se produce un mayor dolor post-ejercicio (ARDM = aparición retardada del dolor muscular) con la contracción excéntrica que con los otros tipos de contracción muscular. Sin

Urheberrechtlich geschütztes Material

embargo, se debería destacar que los procesos de adaptación minimizan la ARDM en los sistemas músculo-esqueléticos de los deportistas en forma. Se cree que los microtraumatismos del tejido conectivo desempeñan un importante papel en el fenómeno de la ARDM, pero la relación entre la intensidad y el volumen de la actividad muscular excéntrica, los cambios biomecánicos, la influencia de los procesos de adaptación y el grado de la ARDM se conoce poco.

Un factor poco valorado en relación con la contracción muscular excéntrica es que la tensión muscular sobre cualquier movimiento completo (desde la posición de inicio, a lo largo de todo el ciclo del movimiento, hasta retornar a la posición de inicio) es menor en la fase excéntrica que en las fases isométrica o concéntrica; aun así, la actividad excéntrica se identifica generalmente como la causa principal del dolor muscular. Ciertamente, una contracción muscular excéntrica máxima puede generar una tensión muscular hasta un 30-40% mayor que una contracción concéntrica o isométrica, como por ejemplo cuando un deportista desciende una carga supramáxima en una sentadilla o en un press de banca (sin poder levantar la misma carga). Sin embargo, este grado de tensión no se produce durante la fase excéntrica en acciones deportivas normales. Evidentemente, resultaría temerario considerar que nuestro conocimiento actual en lo que se refiere a los aspectos de la contracción muscular es el requerido para proporcionar una óptima rehabilitación o acondicionamiento físicos.

Contracción cuasi-isométrica

Cualquier entrenamiento resistido con cargas pesadas limita al deportista a moverse muy lentamente; por lo tanto, se debe definir este tipo de acción lenta y dinámica isométrica como cuasi-isométrica. El reconocimiento de este discreto tipo de actividad es necesario, ya que las curvas cíclicas y acíclicas de fuerza-velocidad en cargas cercanas al máximo se desvían significativamente de la relación hiperbólica expuesta a velocidades más elevadas (ver cap. 3). A diferencia de la actividad isométrica que tiene lugar en un ángulo articular fijo, la actividad cuasi-isométrica puede realizarse a lo largo de la mayor parte del movimiento. Por lo tanto, sus efectos de entrenamiento, a diferencia de los verdaderamente isométricos, no son básicamente producidos cerca de un ángulo articular específico. Esta actividad cuasi-isométrica se puede realizar de forma concéntrica o excéntrica (*concéntrica cuasi-isométrica* y *excéntrica cuasi-isométrica*) y es altamente importante para el entrenamiento de la fuerza máxima (más que para una potencia o velocidad máxima), para la hipertrofia muscular y para la flexibilidad activa (ver cap. 3).

No se debe necesariamente intentar realizar una actividad cuasi-isométrica; es una consecuencia natural de todo entrenamiento contra una resistencia cercana a la máxima y tiene lugar en la mayoría de los ejercicios de culturismo y halterofilia, siempre que el deportista evite un descenso rápido de la carga que conllevaría la utilización del impulso o rebote elástico.

Los diferentes tipos de acción/contracción musculares se resumen en la figura 1.20 (ver también cap. 4) para unas categorías isométricas más detalladas y la fig. 3.1 para la clasificación de los tipos de contracción muscular.

A modo de conclusión, se hace necesario un comentario acerca de todos los tipos de contracción muscular. Se debe realizar una cuidadosa distinción entre las características de la máquina o aparato con el que el deportista trabaja, las acciones externas producidas por la contracción muscular y los procesos musculares internos. Se podría diseñar un aparato que limitase su fuerza angular o fuerza en sus cables (o sistema de transmisión) para permanecer constante durante la mayor parte de su recorrido, pero ello no significa que la fuerza o el impulso producidos en una articulación por un músculo determinado permanezcan invariables cuando se trabaja contra el peso la máquina.

Urheberrechtlich geschütztes Material

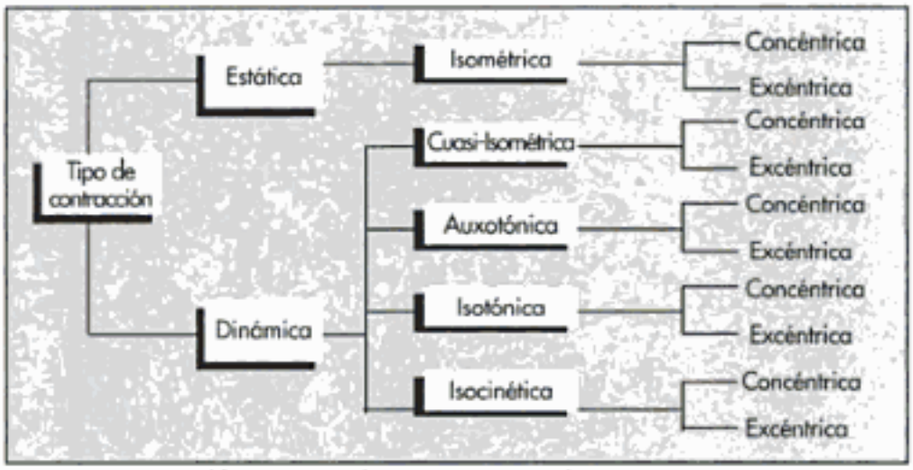


FIGURA 1.20 *Los diferentes tipos de contracción muscular.*

A este respecto, *es imprescindible distinguir claramente entre fuerza y fuerza angular*, ya que un músculo puede producir una fuerza angular constante sobre una articulación durante cierta parte del movimiento, pero la fuerza o tensión muscular que provoca la acción puede variar considerablemente. Al contrario, una fuerza o tensión muscular relativamente constante puede producir una modificación significativa de la fuerza angular. Ello se debe a que el momento de torsión es el vector producto de la fuerza y la distancia perpendicular desde la línea de acción a la fuerza hasta el punto de apoyo sobre el que actúa ($T = r \times F$). Por lo tanto, si la fuerza o bien la distancia cambian, se producirá un cambio de la fuerza angular.

Este hecho es importante para comprender algunos de los nuevos aparatos que dicen gozar de unas condiciones de trabajo con isoaceleración. No existe básicamente diferencia entre un aparato de «iso-fuerza» (fuerza constante) y uno de «iso-aceleración», ya que la aceleración y la fuerza son directamente proporcionales, de acuerdo con la Segunda Ley de Newton. Es incluso más importante remarcar que una acción sobre una articulación está siempre asociada con dos aceleraciones o fuerzas mutuamente perpendiculares: la aceleración radial dirigida hacia el punto de apoyo, y la aceleración tangencial, actuando en ángulos rectos en relación con la aceleración radial. Al diseñar un aparato de aceleración o fuerza constante, normalmente desearíamos que la aceleración angular sobre la articulación permaneciese constante. Tal y como sucede con los aparatos isocinéticos, no es posible crear un aparato verdaderamente de isoaceleración, ya que la acción articular siempre conlleva cambios tanto en en el sentido de las agujas del reloj como en el sentido contrario. En algún momento la extremidad debe desacelerar para descansar, mantener una breve fase de tensión isométrica o realizar un retroceso elástico, y luego acelerar en la dirección opuesta. Numerosos investigadores utilizan aparatos isocinéticos o de isoaceleración para medir la fuerza, la resistencia y el trabajo, pero nunca corrigen las fases donde no se produce de una actividad isocinética o isoaceleradora. Científicamente, no se puede simplemente ignorar las fases isométrica, concéntrica y excéntrica del trabajo porque sean de corta duración. Sin embargo, esto es exactamente lo que ha sucedido con gran parte de la investigación sobre la acción muscular, una situación que indudablemente ha distorsionado nuestro conocimiento de la fuerza, la resistencia y el trabajo, particularmente en el entorno terapéutico.

NATURALEZA TRIFÁSICA DE LA ACCIÓN MUSCULAR

Está universalmente reconocido que el movimiento dinámico es el resultado de una contracción concéntrica, en la que la acción muscular supera la carga, y una contracción excéntrica, en la que la acción muscular es superada por la carga. En consecuencia, una acción muscular dinámica se ha descrito como bifásica, un término que simplifica la compleja naturaleza de la acción muscular.

Una categorización clásica de la acción muscular afirma que existen dos grandes tipos de acción muscular: estática (isométrica) y dinámica (concén-

Urheberrechtlich geschütztes Material

trica y excéntrica). Sin embargo, este claro, pero en cierta manera ingenuo esquema, confunde un hecho muy importante: *toda acción dinámica debe contener una fase estática.* Resulta imposible iniciar, finalizar, luego repetir cualquier movimiento sin la intervención de una contracción muscular estática de algunos o todos los músculos responsables del movimiento. Esto no es meramente pedantería científica, sino un problema de fundamental importancia para la comprensión de todo movimiento muscular, y es esencial que su rol sea reconocido en todos los análisis cinesiológicos y de acondicionamiento muscular.

En toda actividad humana, un músculo se debe contraer desde su estado de reposo antes de que el movimiento sea posible. Esta contracción tiene siempre lugar bajo condiciones isométricas. Solamente cuando se ha desarrollado una suficiente tensión en las fibras musculares, puede iniciarse la acción dinámica. En otras palabras, la tensión muscular desarrollada sólo puede contrarrestar la carga externa. Si el músculo produce suficiente tensión para superar la carga externa, se producirá una contracción concéntrica. Si el músculo no produce la tensión necesaria, se producirá una contracción excéntrica. Así pues, *toda acción muscular dinámica es trifásica.* La fase inicial desde el estado de reposo es siempre isométrica. A ella le seguirá una fase concéntrica o bien una fase excéntrica, dependiendo del movimiento. Al completarse esta fase, la articulación permanecerá durante un cierto período con una actividad isométrica, después de la cual le seguirá una fase excéntrica o concéntrica para retornar la articulación a su posición original.

En un movimiento balístico, la fase de transición isométrica entre las fases concéntrica y excéntrica es muy breve, mientras que puede ser mucho más larga en esfuerzos máximaes mucho más lentos, por ejemplo, por un halterófilo realizando sentadilla o press de banca. La breve contracción isométrica entre las fases excéntrica y concéntrica de un movimiento pliométrico es de particular importancia en el entrenamiento de velocidad-fuerza. Ésta es una de las formas para la realización de una acción *explosiva isométrica*, a diferencia de los ejercicios isométricos a una velocidad más lenta (ver cap. 4). Se asocia a la generación de una gran potencia muscular en movimientos como el levantamiento de pesas con barra, el lanzamiento de martillo o el salto de altura, que combinan un impulso concéntrico máxima voluntario de los extensores de la rodilla con una contribución refleja de la acción isométrica explosiva producida por el rápido descenso de la rodilla.

La reducción de la velocidad y la detención final o cambio de la acción articular no son tan simples como se ha sugerido en algunas ocasiones por breves descripciones cinesiológicas presentes en revistas populares de musculación y en muchos libros de texto. Frecuentemente, la finalización o el cambio de movimiento se atribuyen a la acción iniciadora de los agonistas que sufren la oposición de los antagonistas, neutralizadores o músculos de categorías similares.

Los registros EMG (electromiográficos), estudios con plataformas de fuerza y análisis de vídeo revelan que éste es sólo uno de los varios mecanismos que controlan el tipo de acción articular. Del trabajo realizado por Basmajian (1978) y Siff (1986) se puede deducir que otras posibles acciones incluyen:

- la contracción excéntrica de los agonistas (movilizadores principales y asistentes);
- la contracción isométrica de los agonistas;
- la contracción concéntrica de los antagonistas;
- la contracción isométrica de los antagonistas;
- la acción isométrica de ciertos estabilizadores de la articulación protagonista o de las articulaciones cercanas;
- la acción concéntrica de otros estabilizadores de la articulación protagonista o de las articulaciones cercanas;
- la acción excéntrica de otros estabilizadores;
- la articulación protagonista o de las articulacio-

Urheberrechtlich geschütztes Material

nes cercanas;
- la tensión pasiva del tejido conectivo de la articulación protagonista (frenado armónico simple);
- el frenado armónico simple del tejido conectivo de las articulaciones cercanas.

No importa qué acción o combinación de acciones estén implicadas en la desaceleración, finalización e inversión de un movimiento articular específico, las Leyes del Movimiento de Newton sentencian que siempre existirá un momento en el que el sistema esté en reposo antes de moverse en la dirección opuesta.

Una contracción muscular isométrica se producirá bien concurrentemente con el estado de reposo o con un período corto posterior, dependiendo de si el movimiento es lento o balístico. Si el movimiento produce un retroceso debido a la elevada velocidad inicial, la liberación de la energía elástica almacenada contribuirá fuertemente al subsiguiente movimiento. Sin embargo, el retroceso elástico será aumentado, en algún momento, por la aparición de una acción muscular iniciada bajo condiciones isométricas precedidas por la estimulación excéntrica del reflejo de estiramiento miotático. Si el movimiento no va acompañado por ningún retroceso balístico, la extremidad llegará al estado de reposo y la acción muscular isométrica será la única iniciadora del movimiento subsiguiente.

La existencia de una fase isométrica en todo movimiento articular debe ser reconocido en el análisis del movimiento y al programar el ejercicio. La contracción isométrica no debería entenderse como un tipo de entrenamiento muscular separado que sólo se produce bajo circunstancias especiales, sino como un tipo de acción muscular que participa en el inicio y el control de todo movimiento dinámico.

TIPOS DE FIBRA MUSCULAR

El músculo esquelético no comprende simplemente un número extremadamente elevado de fibras del mismo tipo, subdivididas en actina, miosina y otros componentes. Investigaciones al respecto han revelado que las fibras musculares pueden ser clasificadas en términos de factores como el color, las propiedades contráctiles, el contenido de mioglobina (el pigmento que proporciona el oxígeno en la sangre), el contenido relativo de enzimas metabólicas y el contenido de mitocondrias.

Fibras musculares de contracción lenta y rápida

La principal consecuencia de esta investigación ha sido la confirmación de que todos los tipos de fibras musculares parecen estar situados en un *continuum* que se extiende entre fibras de contracción lenta y fatiga lenta en un extremo, y fibras de contracción rápida y fatiga rápida en el otro. La mayoría de las clasificaciones se refieren a estos extremos como fibras del tipo I rojas, de contracción lenta (ST) y fibras del tipo II blancas, de contracción rápida (FT), donde la diferencia en el color se debe al hecho de que las fibras rojas tienen un contenido más elevado de mioglobina.

En general, las fibras *ST (tipo I)* son de contracción lenta, de mayor resistencia a la fatiga, de color rojizo, con un diámetro menor, con una elevada capacidad oxidativa y con una baja capacidad glucolítica (capacidad para utilizar el glucógeno almacenado como fuente de energía para la resíntesis del ATP). Son eficientes en el mantenimiento de la postura y para soportar una actividad prolongada de poca intensidad como las carreras de fondo, debido sobre todo a que normalmente contienen un gran número de mitocondrias y utilizan el ATP lentamente.

Las fibras *FT (tipo II)* se suelen subdividir normalmente en varias subclases, las más frecuentemente mencionadas son las FTa (tipo IIA) y las FTb (tipo IIB).

Las fibras *tipo IIA (FTa)* se denominan también de contracción rápida, glucolíticas-oxidativas (FTOG), ya que son capaces de recurrir a mecanismos oxidativos y glucolíticos para conseguir ener-

Urheberrechtlich geschütztes Material

gía. Son aparentemente adecuadas para movimientos rápidos, repetitivos, de poca intensidad y son reclutadas justo después de las fibras tipo I (ST). Poseen un número bastante elevado de mitocondrias y, por lo tanto, tienden a ser razonablemente resistentes a la fatiga y se pueden recuperar con bastante rapidez después del ejercicio. Algunos autores consideran que existen una fibras tipo II (FT) adaptadas a las actividades de resistencia.

Las fibras tipo IIB (FTb) son de contracción rápida, blanquecinas, con un bajo contenido en mioglobina, con un gran diámetro, con una elevada capacidad glucolítica, una baja capacidad oxidativa y pocas mitocondrias. Se adaptan a ejercicios de elevada potencia y se reclutan normalmente sólo cuando se requiere un esfuerzo muy rápido o muy intenso, como en los lanzamientos o saltos en atletismo y en la halterofilia. Se fatigan rápidamente y recuperan su energía principalmente después de finalizar el ejercicio.

Mientras que la clasificación anterior se utiliza ampliamente en fisiología del ejercicio por razones de conveniencia, existe todavía mucha controversia en torno a la nomenclatura y la clasificación de la fibra en el músculo esquelético. Por ejemplo, el grupo de fibras de contracción rápida se ha subdividido en los tipos IIA, IIB, IIC e incluso en los tipos IIAB y IIAC. La posible transformación entre los tipos de fibras o de sus características a través de tipos específicos de entrenamiento es actualmente un campo de prolíficas investigaciones. Otra útil clasificación que puede ser fácilmente recordada reconoce los siguientes tipos de fibras:

- S = de contracción lenta.
- FR = de contracción rápida, con una gran resistencia a la fatiga.
- FI = de contracción rápida, con una resistencia media a la fatiga.
- FF = de contracción rápida, fácilmente fatigables.

La identificación del tipo de músculo se realiza extrayendo una muestra del tejido muscular (biopsia) del músculo escogido, que normalmente es el vasto lateral del muslo, con una aguja relativamente gruesa.

Cada grupo muscular contiene una proporción diferente de fibras de contracción rápida y lenta, dependiendo de su función y de su historial de entrenamiento. Por ejemplo, músculos como el sóleo de la pantorrilla tienen un contenido más elevado de fibras ST que los gemelos, mientras que el tríceps braquial generalmente tiene una mayor proporción de fibras ST.

Isoformas proteicas musculares

Todas las fibras musculares se contraen de acuerdo con la misma acción de los puentes cruzados o por el deslizamiento de sus filamentos. La distinción entre los diferentes tipos de fibra se basa en el ritmo en que se produce la activación de los puentes cruzados y en su capacidad para mantener el ciclo de éstos. Goldspink (1992) ha descubierto que el ritmo en el que los puentes cruzados consumen el fosfato ATP de alta energía varía considerablemente con cada tipo de fibra muscular. La activación de los puentes cruzados tiene lugar con mucha más rapidez y consume más ATP en las fibras musculares de contracción rápida que en los músculos lentos posturales.

Aparentemente, la diferencia en la respuesta entre las fibras se basa en la diversidad de formas en las que la fibra muscular se sintetiza. En lugar de producirse de una forma idéntica en todas las fibras musculares, muchos de los bloques de proteínas del músculo existen en una variedad de sutiles diferentes formas, conocidas como isoformas proteicas. La investigación ha revelado que un músculo se manifestará por sí mismo como «lento» o «rápido» en base a las isoformas proteicas que construye, en particular el tipo de isoforma del filamento pesado de miosina (Goldspink, 1992). El papel de la miosina es muy importante, no sólo debido a su tamaño, sino también a su diversidad de funciones.

Urheberrechtlich geschütztes Material

Además de proporcionar fibras musculares con puentes cruzados, también reacciona con ATP para aprovechar la energía liberada por las mitocondrias para la contracción.

Geneticistas han descubierto que diferentes miembros de la familia del gen miosina se activan en diferentes fases del desarrollo humano desde el embrión al adulto. Todavía no se conoce la razón de esto, pero el hecho de que el músculo embrionario continúe su crecimiento en ausencia de una contracción o de una estimulación mecánica sugiere al menos una hipótesis. Es posible que la forma embrionaria de la cadena pesada de miosina libere fibras musculares a partir de la dependencia de la estimulación mecánica para su crecimiento. La evidencia de esta propuesta viene de la observación de las células de las fibras musculares lesionadas, que vuelven a sintetizar la forma embrionaria de la proteína de miosina en un aparente intento por ayudar en la reparación del tejido.

La existencia de numerosas formas diferentes de la cadena de miosina dota a las fibras musculares de una plasticidad inherente, permitiéndoles de este modo modificar sus miofibrillas para producir músculos con diferentes propiedades contráctiles. A diferencia de otros genes, que son activados y desactivados por la acción indirecta de moléculas indicadoras como las hormonas o los factores de crecimiento, los *genes del músculo están regulados en gran medida por estimulación mecánica.* Goldspink (1992) ha demostrado que el estiramiento pasivo y la estimulación eléctrica de forma separada sólo tiene un ligero efecto en los genes de miosina, pero juntos detienen virtualmente la síntesis de la cadena rápida de miosina, reprogramando por tanto los músculos de contracción rápida para expresarse como músculos de contracción lenta. También descubrió que la inmovilización provoca que el músculo sóleo, normalmente de contracción lenta, se convierta en un músculo de contracción rápida: aparentemente requiere un repetido estiramiento para mantener la síntesis de la cadena lenta de miosina. En otras palabras, la opción por omisión para los músculos parece ser la cadena rápida de miosina. Por otra parte, el entrenamiento puede aparentemente alterar las propiedades contráctiles del músculo a través de la modificación de un tipo de fibra para actuar como o convertirse en otro tipo de fibra o para incrementar el crecimiento selectivo de un tipo de fibra en particular (Goldspink, 1992).

Los tipos de fibras difieren considerablemente entre individuos, en especial entre deportistas de resistencia y de fuerza. Por ejemplo, biopsias en el vasto medial revelan que la proporción de fibras FT en lanzadores y saltadores de atletismo, así como en halterófilos, puede ser hasta tres veces mayor (esto es, por encima del 60% de fibras FT) que la de los corredores de maratón (aproximadamente el 17% de fibras FT) y un 50% mayor que la de los culturistas, ciclistas y marchadores (todos cerca del 40% de fibras FT).

El entrenamiento de la resistencia cercano al máximo y explosivo también produce una mayor hipertrofia de las fibras FT en relación con las fibras ST (Häkkinen, 1985). A este respecto, es válido destacar que la potencia muscular máxima y el potencial para un movimiento explosivo están acusadamente determinados por la proporción de fibras FT de los músculos pertinentes (Häkkinen, 1985). Por otra parte, el entrenamiento de la resistencia reduce la potencia del salto vertical y la velocidad explosiva, y actividades similares de las fibras FT, posiblemente debido al entrenamiento de la resistencia, puede degradar las fibras FT, reemplazarlas por fibras ST o provocar cambios enzimáticos y neuromusculares más apropiados para actividades de resistencia lentas (Armstrong, 1987).

Aunque existen investigaciones que indican que la distribución de las fibras está marcadamente determinada por factores genéticos, parece como si estas diferencias estuviesen también influenciadas por el tipo, la intensidad y la duración del entrenamiento, así como por el estado de pre-entrena-

Urheberrechtlich geschütztes Material

miento del individuo. Este hecho es particularmente evidente si se compara la distribución fibrilar entre halterófilos y culturistas. Los halterófilos tienen una proporción considerablemente elevada de fibras FT, un hecho que no puede ser explicado por la hipótesis de que unos tipos genéticos específicos sobresalen en deportes específicos. Los culturistas tienen cerca del 10% menos de fibras FT (o un 10% más de fibras ST) que los sujetos no entrenados, mientras que los halterófilos tienen un 10% más de fibras FT. Es evidente que incluso el tipo de entrenamiento específico de fuerza puede influenciar las proporciones relativas de fibras FT y ST y sus subtipos. La diferencia entre halterófilos y culturistas probablemente se fundamenta en el hecho de que los halterófilos entrenan con un número considerablemente menor de repeticiones, con un esfuerzo máximo y con mayor explosividad que los culturistas, quienes normalmente utilizan cargas moderadas y realizan los movimientos más lentamente.

Algunos investigadores sugieren que *existe un tamaño óptimo o máximo de hipertrofia a través del entrenamiento para las fibras musculares*, ya que la eficacia de la fuerza, la potencia y la producción de trabajo disminuyen si la sección transversal del músculo es demasiado pequeña o demasiado grande (MacDougall et al., 1982; Tesch y Larsson, 1982). Otro trabajo intenta corroborar esta conclusión (Häkkinen, 1985). En este estudio se registró un significativo aumento de la fuerza isométrica máxima de los no deportistas, pero no la hipertrofia de las fibras ST o FT, entre las semanas 12 y 20 de una rutina de entrenamiento de la fuerza de 24 semanas de duración, utilizando diferentes grados de intensidad en ejercicios concéntricos y excéntricos. El significativo incremento durante las semanas 12-20 fue atribuido a un aumento de la activación neuronal. En deportistas altamente entrenados, el aumento de la hipertrofia muscular fue todavía más limitado, destacándose, por tanto, la importancia de utilizar técnicas de elevada intensidad y rápida transición para estimular sus sistemas nerviosos.

La existencia de un posible tamaño de fibra óptimo, la limitada capacidad de los deportistas de alto nivel para experimentar hipertrofia muscular y la falta de correlación entre hipertrofia y mejoras de la fuerza resaltan la inutilidad de programar un entrenamiento de hipertrofia para los deportistas de esta categoría. Este tipo de entrenamiento resulta adecuado para principiantes, pero su uso regular puede ir en serio detrimento del rendimiento a nivel de fuerza y fuerza-velocidad en los deportistas de elite.

Existe bastantes pruebas que indican que un ejercicio de resistencia cardiovascular («aerobio») de baja intensidad, realizado durante largos períodos en una misma fase del programa de acondicionamiento en un entrenamiento de fuerza, compromete seriamente el desarrollo de la fuerza y de la potencia. Esto es probablemente debido al hecho de que es relativamente fácil para las fibras de contracción rápida llegar a ser o comportarse como fibras de contracción lenta con una intensidad de entrenamiento baja y prolongada. Además, estudios de los músculos gemelos de corredores de distancia han demostrado que un entrenamiento de distancia prolongado produce una necrosis muscular y una inflamación que puede detectarse hasta 7 días después de una maratón (Hikida et al., 1983). Estudios comparativos de biopsias musculares en halterófilos, esprinters y remeros después de intensas sesiones de entrenamiento no muestran ninguna de estas anormalidades.

Estos hallazgos tienen unas importantes consecuencias para el diseño de programas de fuerza en deportes específicos, ya que algunos instructores y fabricantes de máquinas mantienen que regímenes de entrenamiento en circuito continuos (ECC) desarrollan la resistencia cardiovascular y la fuerza simultáneamente. La investigación no apoya esta creencia. Al contrario, muestra que es más apropiado programar un entrenamiento cardiovascular

Urheberrechtlich geschütztes Material

separadamente en cantidades limitadas a principios de la pre-temporada y entrenamientos de la resistencia a elevada intensidad en fases posteriores. Además, un entrenamiento en circuito interválico (ECI) empleando cargas de elevada intensidad e intervalos de reposo regulares es más adecuado para el desarrollo de la fuerza y de la fuerza-resistencia.

La secuencia de reclutamiento de las fibras musculares por el ejercicio tiene también importantes consecuencias para el entrenamiento. Las fibras ST (tipo I) se reclutan primero para tensiones musculares de hasta el 25%, las FTa (tipo IIA) son reclutadas a continuación y, por último, las fibras FT (FF o tipo IIB), a medida que la intensidad de la actividad aumenta hacia un máximo, o a medida que las fibras ST quedan seriamente vacías de energía (fig. 1.21). Por lo tanto, si la intención es entrenar las fibras FT para un deporte en particular, resulta esencial trabajar con una intensidad de entrenamiento elevada. Investigaciones posteriores revelan que esta elevada intensidad no depende necesariamente de la utilización de 1RM (1 repetición máxima) o cargas cercanas a 1RM, sino del grado en el que las fibras musculares pertinentes son reclutadas durante el esfuerzo. A este respecto, los términos *contracción rápida* y *contracción lenta* no significan necesariamente que movimientos rápidos recluten exclusivamente fibras FT y movimientos lentos, fibras ST. Para analizar la participación de los diferentes tipos de fibras, es vital determinar la fuerza que se debe producir. Con una gran aceleración de la carga, la Segunda Ley del Movimiento de Newton establece que la fuerza resultante puede ser elevada. De esta manera, la fuerza máxima generada en una aceleración rápida de 100 kg de press de banca, puede superar fácilmente la fuerza máxima producida durante un press de banca de 150 kg con una aceleración lenta. Tanto una pequeña carga acelerada rápidamente como una gran carga acelerada lentamente conllevan la participación de fibras FT. Asimismo, los movimientos explosivos dependen también de la acción de las fibras FT.

Por otra parte, los movimientos rápidos normalmente activan el reflejo de estiramiento muscular (miotático), que provoca una potente contracción. La Ley de Starling cobra importancia en este proceso. Esta ley implica que la fuerza de contracción es proporcional a la longitud original del músculo en el momento de la contracción. La relación ideal entre tensión y longitud en un sarcómero se produce cuando el músculo es estirado ligeramente y los filamentos de actina y miosina se superponen ligeramente.

El bien conocido principio de *pre-estiramiento* en el entrenamiento de culturismo y el método pliométrico en el entrenamiento de fuerza-velocidad se fundamentan en este fenómeno. Muchas de las máquinas de pesas son seriamente limitantes, en el sentido de que no permiten al usuario iniciar un movimiento con un pre-estiramiento. Esto no sólo disminuye la fuerza que se puede generar, sino que también expone a las articulaciones a un mayor riesgo de lesión debido a que el movimiento se ini-

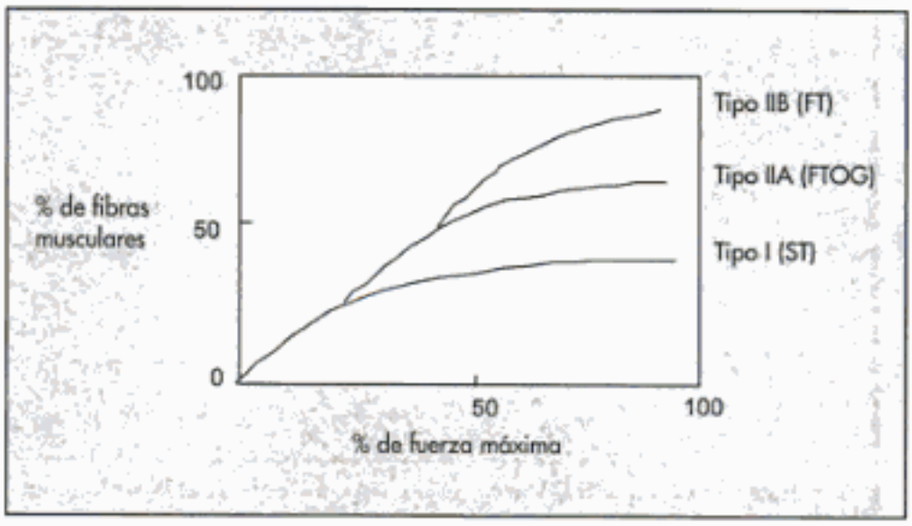


FIGURA 1.21 *Dependencia de la secuencia de reclutamiento de las diferentes fibras musculares en función de la intensidad del ejercicio.*

cia sin apoyo muscular para los ligamentos.

La importancia del sistema nervioso en el desarrollo de la fuerza no se puede ignorar. Tal y como se ha confirmado anteriormente, el desarrollo de la fuerza está relacionado con el número de fibras musculares adecuadas que se activan simultáneamente, que depende completamente del sistema nervioso. Un descubrimiento adicional se basa en que si el nervio que normalmente abastece la fibra muscular ST está intercambiada quirúrgicamente con una que abastece una fibra FT, la fibra ST se comportará normalmente como una fibra FT. En otras palabras, el comportamiento del músculo se determina por la actividad de las fibras nerviosas que lo abastecen.

La tasa y el número de fibras activadas dependen de procesos voluntarios e involuntarios; los voluntarios están relacionados con la motivación personal y con técnicas de biorretroalimentación, y los involuntarios lo están con información de retroalimentación a partir del sistema propioceptivo, que incluye los distintos reflejos de estiramiento.

De este modo, el simple acto de automotivación o una activación emocional voluntaria a través de métodos como el hablarse a uno mismo o visualización para producir unos esfuerzos mayores o más rápidos, reclutarán un mayor número de fibras musculares con un grado de activación incrementado. El apoyo por un compañero de entrenamiento puede ser también útil en este contexto si se realiza en fases adecuadas del ejercicio. De forma interesante, el método de entrenamiento con unas cargas progresivamente más pesadas o con mayores aceleraciones es una valiosa forma de aprender a automotivarse en unos niveles de rendimiento progresivamente más elevados. La consecución de estos hábitos puede beneficiar a uno en todos los aspectos de la vida diaria.

Las implicaciones de la investigación balística

La mayoría de los estudios de fuerza generados por el músculo se han llevado a cabo en condiciones isocinéticas, que rara vez se encuentran en ningún deporte. Consecuentemente, Bosco y Komi (1979a) reexaminaron las curvas de fuerza-velocidad bajo condiciones balísticas, particularmente en referencia a la participación de los diferentes tipos de fibra muscular. Esto fue realizado utilizando unas plataformas de fuerza para analizar la relación entre la fuerza y la velocidad angular de la rodilla en sujetos que realizaron saltos verticales máximos con barras de diferente peso sobre sus hombros (fig. 1.22). En otro estudio determinaron que el rendimiento en el salto vertical está relacionado con el porcentaje de fibras FT (Bosco y Komi, 1979b).

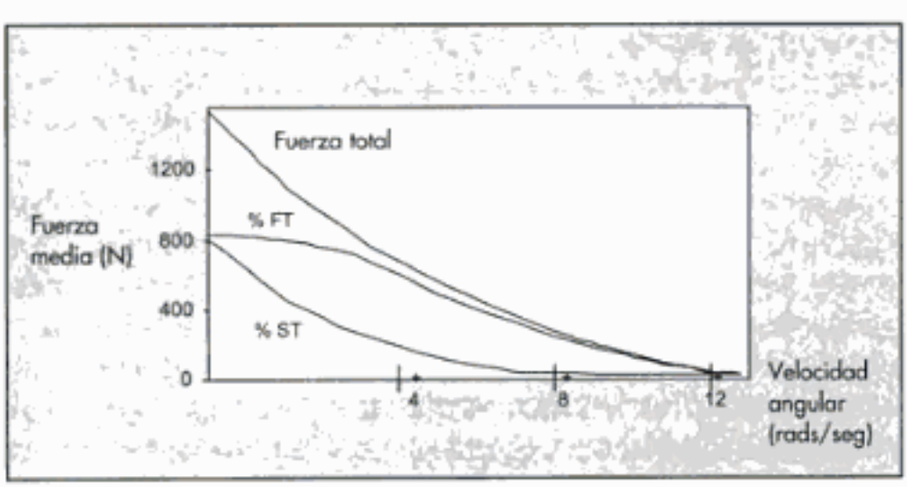


FIGURA 1.22 *Relación entre la fuerza media y la velocidad angular de la rodilla, obtenida de sujetos que realizan saltos desde una posición de flexión de rodillas con diferentes pesas en los hombros. Se ilustran las contribuciones porcentuales de los diferentes tipos de fibra, tal y como sugiere Bosco. Gráficos basados en el trabajo de Bosco y Komi (1979a).*

Más recientemente, se descubrió que existe una significativa relación entre el porcentaje de fibras FT y el resultado de potencia de los músculos extensores de la pierna cuando trabajan dinámicamente con cargas que exceden el 23% de la fuerza isométrica máxima Fmáx (Thihanyi et al., 1982). Sin embargo, cuando la carga au-

Urheberrechtlich geschütztes Material

mentaba por encima del 40% de la Fmáx, esta relación desaparecía.

Podría parecer que las fibras FT son los principales contribuyentes en la producción de fuerza en movimientos balísticos puros con un esfuerzo voluntario máximo, mientras que la contribución de ST aumenta cuando el tiempo de contracción muscular aumenta de 100 a 1.000 milisegundos. Esta deducción está en consonancia con la relación encontrada entre el % de fibras FT y el tiempo empleado por la fuerza para aumentar de un 10 a un 30% la Fmáx (Viitasalo y Komi, 1978; Viitasalo et al., 1982). Esta relación entre composición fibrilar y tiempo de contracción no aparece al medir el tiempo empleado por la fuerza para aumentar desde un 60% hasta un 100% la Fmáx. Por otra parte, no se ha encontrado una relación definitiva entre Fmáx y la composición de la fibra muscular.

Por lo tanto, la sección transversal del músculo puede ser lo más importante para la producción de fuerza máxima, indiferentemente de la composición muscular (Ikai y Fukunaga, 1968), mientras que la potencia o la fuerza explosiva máxima depende más del % de fibras FT (Bosco y Komi, 1979b). Se debe destacar que las fibras ST parecen predominar en la mayoría de los movimientos graduales que requieren menos de aproximadamente un 20% de la capacidad de fuerza máxima de los músculos determinados y realizándolo a velocidades submáximas (ver fig. 1.21).

Sin embargo, con movimientos que conllevan la realización de grandes fuerzas de corta duración a una velocidad muy elevada se reclutarán las fibras FT, mientras que se produce cierta inhibición sobre las fibras ST (Minagawa et al., 1978). Por lo tanto, el tipo de reclutamiento de fibra muscular está relacionado con el tipo de contracción muscular y la plasticidad del sistema nervioso central permite al cuerpo seleccionar el tipo de activación muscular más eficiente para llevar a cabo una gran variedad de movimientos a diferentes intensidad, duración y velocidad (Bosco, 1982).

Bosco (1982) compara los tipos de reclutamiento de fibra muscular en casos diferentes para ilustrar las limitaciones del modelo de reclutamiento de la figura 1.21. En primer lugar, destaca que caminando a una velocidad moderada (con un contacto con el suelo de unos 700 mseg) se produce una fuerza de reacción vertical en relación con el suelo de aproximadamente 700 Newtons, fundamentándose completamente en la acción de las fibras ST, según la figura 1.21.

En segundo lugar, si una persona empuja un coche desde el reposo, el desarrollo de fuerza es gradual, involucrándose progresivamente más y más fibras FT (ver fig. 1.21). Finalmente, si un sujeto permanece en decúbito supino con las rodillas flexionadas a 90° y luego realiza un esfuerzo máximo de extensión de rodilla a través de un impulso contra la placa del pie de la máquina de press de piernas horizontal, los músculos llegan a su velocidad de acortamiento más elevada. Sin embargo, la fuerza realizada en este caso es normalmente menor que la fuerza desarrollada al caminar, aunque sea el resultado de una acción enteramente de fibras FT. Bosco concluye que el modelo presentado en la figura 1.21 puede ser adecuado para cargas graduales, pero no para ilustrar movimientos balísticos. Este autor sugiere que la figura 1.22 puede ser más apropiada bajo estas circunstancias y destaca sus implicaciones para el entrenamiento isocinético.

Bosco destaca que la velocidad de los aparatos isocinéticos efectivos se puede regular para permitir emparejar con una mayor precisión los requerimientos de cada deporte específico, pero también avisa de que este tipo de entrenamiento no es aconsejable para deportistas de especialidades deportivas que comporten predominantemente movimientos balísticos (Bosco, 1982). La mayoría de la literatura internacional afirma que un método de entrenamiento isocinético es el más efectivo por razones neuromusculares, mientras que un entrenamiento dinámico auxotónico es altamente efectivo para

Urheberrechtlich geschütztes Material

potenciar el desarrollo de la potencia y la hipertrofia musculares, una hipótesis que ha provocado una considerable confusión entre los especialistas del entrenamiento. Se debe destacar que el máximo esfuerzo en un aparato isocinético produce normalmente la misma activación máxima de la unidad motora tanto para una contracción concéntrica como para una excéntrica (Komi, 1973b), aunque una prolífica investigación concluye que en un esfuerzo excéntrico máximo, en contraste con un trabajo concéntrico, se reclutan un número menor de unidades motoras para producir una mayor tensión muscular.

De forma similar, no se encontró ningún cambio en la actividad mioeléctrica en los resultados de un salto vertical máximo realizado con o sin cargas adicionales (Bosco et al., 1982). Ello significa que la activación máxima de la unidad motora puede obtenerse con una acción balística, indiferentemente de la velocidad de acortamiento muscular y del tipo de producción de fuerza en un trabajo concéntrico (Fig. 1.23).

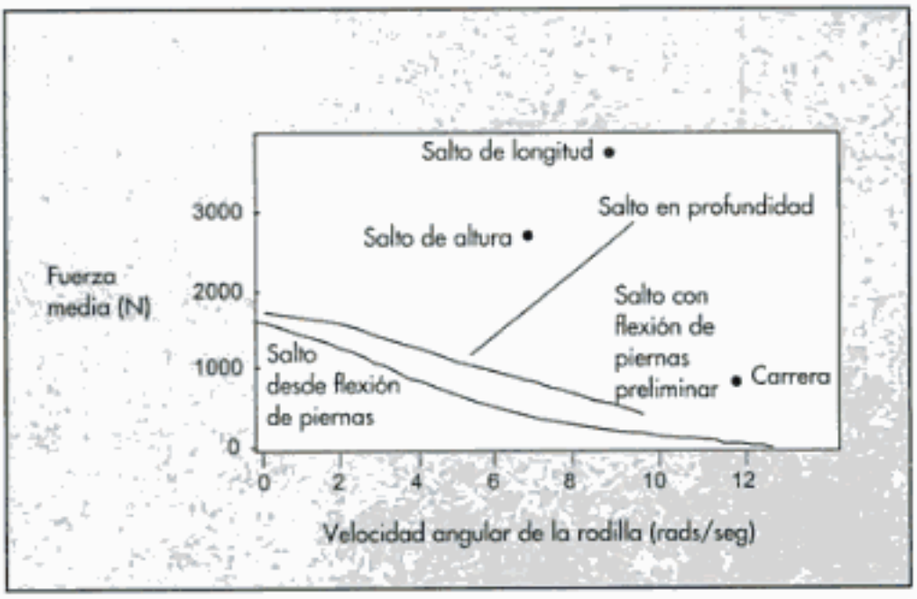


FIGURA 1.23 *La curva fuerza-velocidad para diferentes tipos de salto (Bosco, 1982). En el salto desde una posición de flexión de piernas, el componente contráctil del músculo es fundamentalmente responsable de la producción de fuerza, mientras que la energía elástica juega un papel central en los saltos con una flexión preliminar (o contra-movimiento) y en los saltos en profundidad. Se ilustran también los valores de F y V calculados para el salto de altura, salto de longitud y esprints.*

Esta figura muestra también que saltar con una flexión preliminar (o contra-movimiento) provoca que la curva de F-V se desplace en sentido ascendente, alejándose de la curva F-V de forma hiperbólica más convencional, registrada bajo condiciones isocinéticas o con saltos desde una posición de flexión de piernas. Para saltos en profundidad, el gráfico resultante muestra una tendencia completamente diferente, donde la fuerza no es ya proporcional a la velocidad del movimiento. Las coordenadas que describen las acciones de carrera más rápidas, salto de altura y salto de longitud se encuentran también muy distantes de la curva F-V tradicional.

La razón de estas discrepancias se fundamenta en el hecho de que un movimiento bajo unas condiciones isocinéticas o de salto desde flexión de piernas involucra principalmente al componente contráctil de los músculos, mientras que las acciones balísticas de los otros saltos estudiados se ven en gran medida facilitadas por la liberación de la energía elástica almacenada en el CES en un movimiento excéntrico rápido que precede inmediatamente al movimiento concéntrico en cada caso.

Los estudios de las curvas de F-V en condiciones no-balísticas y balísticas (Bosco, 1982) refuerzan todavía más los resultados anteriores y las curvas de F-V tradicionales no se aproximan a describir la relación F-V para acciones balísticas o pliométricas (fig. 1.24). La base teórica de las tradicionales curvas F-V se analiza en detalle en el capítulo 3, pero debe tenerse en cuenta que estas curvas no son aplicables al movimiento balístico, especialmente si la realización de los tests o del entrenamiento con aparatos isocinéticos es para un deportista.

Otro trabajo ha revelado que la altura del salto conseguida y la fuerza producida aumentan después de un entrenamiento con saltos en profundidad (pliométrico) (Bosco, 1982). Si ello es el resultado de cambios positivos en el reflejo de estiramiento miotático y/o en la estructura del CES del músculo, todavía se desconoce. Lo que si es obvio es que la normal disminución protectora de la tensión muscular debido a los órganos tendinosos de Golgi no se produce al esperado nivel, de forma que parece como si una acción pliométrica pudiera elevar el umbral hasta el nivel donde tiene lugar una significativa inhibición del aparato de Golgi. Ello tiene unas importantes implicaciones para el concepto y la utilización práctica de la pliometría (analizado posteriormente en detalle en capítulo 5).

MECANISMO DE CRECIMIENTO MUSCULAR

El tejido vivo crece por el aumento de la talla de sus componentes (hipertrofia) o por el incremento del número de sus componentes (hiperplasia). Este crecimiento estructural es una adaptación a las demandas funcionales establecidas en el sistema determinado, en donde se produce una adaptación a nivel molecular dentro de la estructura genética de las células.

Una investigación llevada a cabo por Meerson descubrió una relación entre el volumen de la carga impuesta en las células y su estructura genética. Detectó que estimulando la función célular se activa el aparato genético y se incrementa la velocidad de transcripción, translación, síntesis de proteínas y construcción de ciertas estructuras (Nikituk y Samoilov, 1990). Este autor propuso el concepto de *intensidad de funcionamiento de las estructuras* (IFS), que establece que la capacidad funcional de un sistema se relaciona con su masa. De esta manera, cuanto más intensa sea la función requerida, mayor será la masa de la estructura en activo requerida para realizar la función. A la luz de la exposición del apartado «Naturaleza de la fuerza», la masa debería entenderse como la «masa activa».

Estamos ahora en situación de examinar el aumento de la masa muscular como una adaptación al entrenamiento con pesas. En el caso de las fibras musculares, la hipertrofia en respuesta al entrenamiento de fuerza es un hecho bien establecido, pero existe un considerable debate en relación con la *hiperplasia* muscular. Gonyea (1980) presenta evidencias de hiperplasia en gatos sujetos a un intenso entrenamiento con pesos, pero otros investigadores han criticado este trabajo, indicando que puede existir una división fibrilar pero no la proliferación de nuevas fibras. Cierta investigación rusa también sugiere que un incremento de la masa muscular se

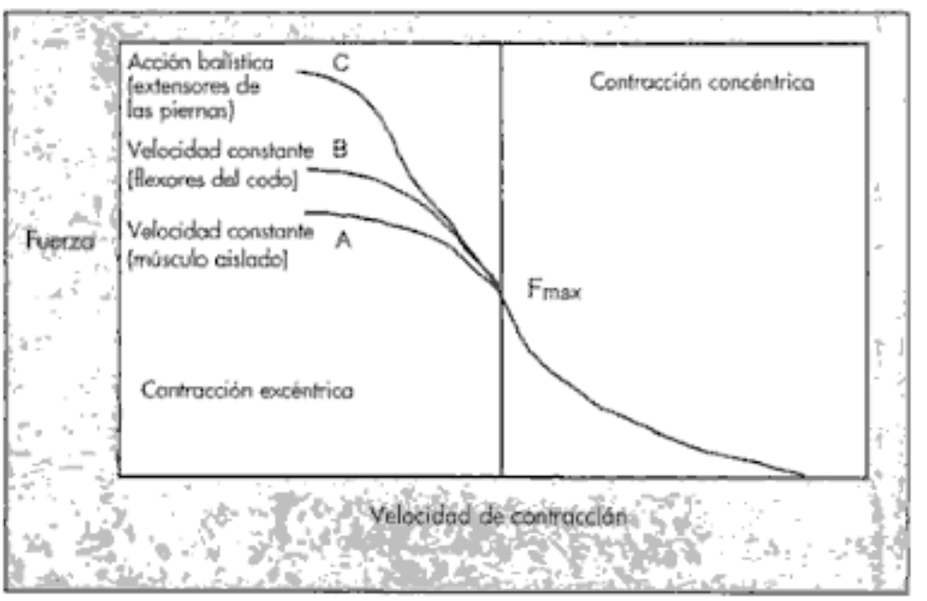


FIGURA 1.24 *Curvas de Fuerza-Velocidad para una contracción muscular concéntrica y excéntrica bajo condiciones diferentes (Bosco, 1982). La Curva A se refiere a músculos aislados estirados a una velocidad constante por una estimulación eléctrica de constante intensidad; la curva B fue obtenida de un análisis isocinético de la flexión del codo; la curva C ofrece la relación F-V del trabajo excéntrico realizado en saltos pliométricos desde diferentes alturas.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

produce no sólo a través de la hipertrofia de las fibras musculares, sino también como resultado de un incremento del número de fibras mediante la división de fibras hipertrofiadas y el desarrollo de fibras musculares de músculos similares y células satélites (Gudz, 1968, 1976). Además, se ha sugerido que la hiperplasia muscular puede aparecer en un entrenamiento con pesos extremadamente intenso, aunque la evidencia actual en seres humanos no es concluyente.

Aunque la existencia de hiperplasia en la fibra muscular sea incierta, sí que se produce *hiperplasia de las estructuras dentro de las fibras y las células musculares*. Nikituk y Samoilov (1990) identifican dos tipos de hiperplasia subfibrilar:

- *Hiperplasia sarcoplasmática,* que conlleva un aumento del número de organelas sarcoplasmáticas.
- *Hiperplasia miofibrilar-mitocondrial,* que conlleva un aumento del número de las miofibrillas y de las mitocondrias.

El aumento del diámetro muscular se debe al aumento de tamaño de las fibras musculares individuales por el del incremento del número y el tamaño de las miofibrillas individuales (Goldspink, 1980), acompañado de un aumento de la cantidad de tejido conectivo (McDonagh y Davies, 1984). El aumento de la proteína muscular se debe a un incremento de la síntesis de proteínas y a una disminución de su degradación (Goldberg et al., 1975). Se presentan dos tipos de hipertrofia muscular (fig. 1.25):

- *Hipertrofia sarcoplasmática.* En este caso, afecta al volumen de proteínas no contráctiles y de plasma semifluido entre las fibras musculares aumenta. Aunque la sección transversal del músculo aumente, la densidad de las fibras musculares por unidad de área disminuye y no se produce el aumento de fuerza muscular correspondiente.
- *Hipertrofia del sarcómero.* Aquí se produce un aumento del tamaño y el número de los sarcómeros que comprenden las miofibrillas. Éstas pueden ser añadidas en series o paralelas a las miofibrillas existentes, aunque sólo el crecimiento en paralelo contribuirá a la mejora de la capacidad para producir tensión muscular. La densidad de la zona de las miofibrillas aumenta, produciéndose una significativamente mayor capacidad para realizar un esfuerzo muscular.

A excepción de unos pocos deportes, como el culturismo y el sumo, en los que un aumento de la masa corporal sin una mejora de la fuerza relativa puede contribuir positivamente al rendimiento en estos deportes, la hipertrofia del sarcómero es de una importancia mucho mayor que la hipertrofia sarcoplasmática en la mayoría de las actividades deportivas.

El mecanismo biomecánico exacto por el que se estimula la hipertrofia mediante el entrenamiento de la resistencia no se conoce todavía y las teorías existentes son incorrectas o

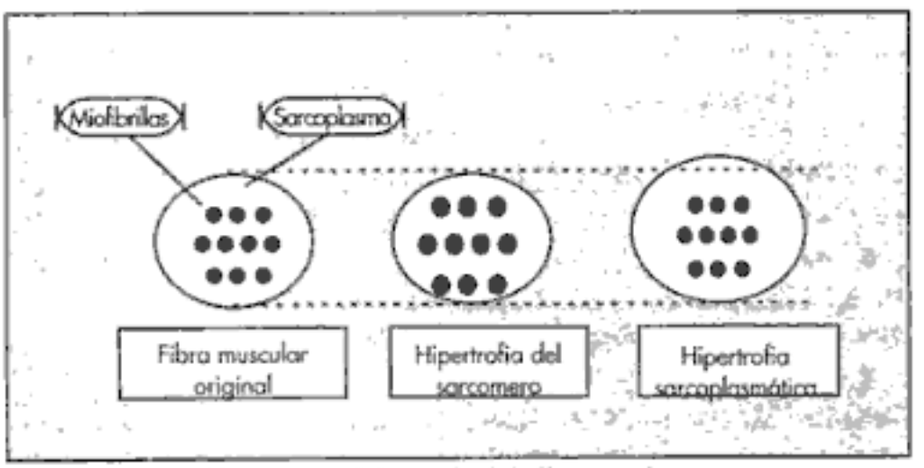


FIGURA 1.25 *Los diferentes tipos de hipertrofia de la fibra muscular.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

incompletas (McDonagh y Davies, 1984). El aumento de la síntesis de proteínas que se produce después del ejercicio ha sido atribuido a la activación a través de la reducción del ATP, a la acidez sanguínea alterada, a la hipoxia muscular o al efecto de rebote al aumentar la circulación sanguínea después de contracciones intensas, pero ninguno de estos mecanismos ha sido confirmado por la investigación.

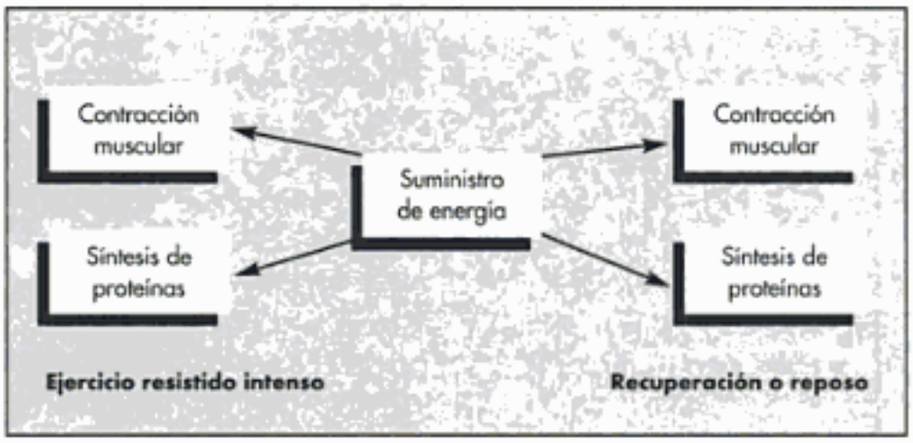


FIGURA 1.26 *La distribución de energía celular durante un ejercicio resistido intenso en oposición al reposo. Nótese que un trabajo intenso contra una resistencia puede disminuir la disponibilidad de energía para la síntesis proteica y detener cualquier aumento de la hipertrofia de las fibras musculares.*

Aunque no se ha confirmado completamente, la teoría de la energía de la hipertrofia muscular parece ser más aceptable que las restantes teorías, especialmente cuando unos niveles de ATP sensiblemente reducidos no se han detectado, incluso en músculos completamente exhaustos y los cambios del flujo sanguíneo o de los nutrientes no parecen estimular el desarrollo muscular. Esta teoría propone que la hipertrofia resulta de la supercompensación de la síntesis de proteínas después de un ejercicio de elevada intensidad, análogo a la supercompensación del glucógeno muscular después de un ejercicio prolongado a baja intensidad (ver fig. 1.34).

Debido a que la sobrecompensación de glucógeno es un efecto transitorio, que sólo dura lo suficiente para facilitar un ejercicio prolongado en actividades deportivas de resistencia, es adecuado utilizar el término *reconstrucción adaptativa*, en lugar de supercompensación (ver 1.15).

La crítica falta de energía célular después de una actividad extenuante se considera la causa para una supercompensación final (o reconstrucción adaptativa) en las fases de baja intensidad o de descanso subsiguientes. Puesto que cada célula posee sólo una cantidad de energía fija en cualquier instante, ésta debe distribuirse entre el metabolismo proteico y el trabajo mecánico. Bajo condiciones de descanso o de recuperación, la mayor parte de la energía se dirige a la síntesis de proteínas, mientras que durante el ejercicio intenso la mayor parte se dedica a la contracción muscular (fig. 1.26). La falta de energía para el crecimiento y el mantenimiento proteico durante un ejercicio intenso produce, aparentemente, catabolismo proteico (división), que estimula la supercompensación proteica en posteriores períodos de descanso.

La programación de cualquier tipo de entrenamiento con pesas para producir un cambio funcional determinado depende del reconocimiento de los efectos concurrentes del régimen de entrenamiento sobre la hipertrofia muscular y la hiperplasia subfibrilar. Vulgarmente se considera que cuanto mayor es la intensidad de la carga, mayor es la activación del aparato motor, de forma que la *intensidad del funcionamiento de las estructuras* (IFE) y por tanto, la cantidad de tejido muscular activo, aumentan. A pesar de las abundantes investigaciones previas que indican que una carga física intensa provoca la hipertrofia del sarcómero, descubrimientos posteriores revelan unas conclusiones opuestas (Nikituk y Samoilov, 1990).

Los datos muestran que cuanto más duradera y extenuante es la carga submáxima (pero no la rápida, cuasi-máxima carga con pocas repeticiones de la halterofilia olímpica), menor es la hipertrofia del

Urheberrechtlich geschütztes Material

sarcómero y mayor es la hipertrofia sarcoplasmática. Aunque el aumento de la intensidad de la carga y de la velocidad de su nivel de incremento ayuda a la hipertrofia muscular global, ésta viene acompañada por una mayor rotura de fibras musculares y por una disminución del número de estructuras contráctiles. El músculo hipertrofiado contiene un número menor de organelas sarcoplasmáticas, miofibrillas y mitocondrias, de forma que el aumento del diámetro de las fibras musculares se debe en gran parte a un incremento del volumen del sarcoplasma (esto es, hipertrofia sarcoplasmática).

Otra investigación ha encontrado que las *fibras musculares hipertrofiadas requieren un volumen tisular significativamente mayor para realizar una cantidad determinada de trabajo*. Con el desarrollo de la hipertrofia no-funcional, el aumento de la masa muscular supera al desarrollo del sistema vascular. Ello resulta en una disminución de la nutrición y oxigenación del músculo, en una reducción de la velocidad de los procesos metabólicos musculares y en una disponibilidad menos eficiente de los productos de deshecho metabólicos procedentes del sistema músculo-esquelético (Zalessky y Burkhanov, 1981).

Además, la *adaptación se produce más lentamente en el tejido conectivo* (p. ej., tendones y ligamentos) que en el músculo y cualquier aumento de tensión en los complejos músculo-tendinosos debido a un aumento de la masa muscular podría lesionar a estas estructuras (Zalessky y Burkhanov, 1981). De este modo, una *hipertrofia excesiva normalmente conlleva una recuperación más lenta del músculo después del ejercicio, un empeoramiento de la velocidad, velocidad-fuerza y rapidez, así como un aumento de la frecuencia de lesiones.*

Este hecho sugeriría que toda hipertrofia de la fibra muscular disminuye la capacidad de trabajo. La hipertrofia es una respuesta adaptativa a la tensión física y ofrece el beneficio de una mayor área de superficie mitocondrial, que proporciona unos procesos energéticos más eficientes que los que podría proporcionar un aumento del número de mitocondrias. Con un rápido incremento de la carga, el tamaño de las mitocondrias continúa aumentando sensiblemente, pero su número disminuye y la concentración de ATP se reduce, disminuyendo, por tanto, el volumen parcial de las miofibrillas contráctiles. El déficit de energía resultante inhibe rápidamente la formación de nuevas estructuras y el reducido aumento de ATP estimula varios procesos destructivos asociados con la reducción del número de miofibrillas. Este proceso se conoce como *adaptación irracional.*

El crecimiento de cualquier estructura viva se relaciona con el equilibrio entre su volumen y su área de superficie. Al producirse la hipertrofia muscular, la superficie de las fibras crece más lentamente que su volumen y, de acuerdo con Harwig y Mezia, este desequilibrio provoca que las fibras se desintegren y se reestructuren de forma que se preserve su estado termodinámico original (Nikituk y Samoilov, 1990). Puede parecer que un ligero o mediano aumento de la carga requiere menos energía, facilita la reparación celular, reduce la aparición de procesos destructivos y estimula la síntesis de organelas nuevas y no hipertrofiadas. Cargas de mediana intensidad aplicadas a un ritmo medio de aumento de carga producen un intenso desarrollo muscular; el proceso, en este caso, se denomina *adaptación racional.*

El hecho de que un entrenamiento isométrico convencional mejore el rendimiento en el ejercicio estático más que en el dinámico puede deberse a los diferentes efectos estructurales del entrenamiento isométrico. Gudzia ha descubierto que el *entrenamiento estático* produce los siguientes cambios: el contenido sarcoplasmático de muchas fibras musculares aumenta, las miofibrillas se reúnen en fascículos, los núcleos se redondean, las placas terminales motoras se expanden transversalmente en relación con las fibras musculares, los capilares serpentean más sensiblemente y las capas del endomisio y del perimisio se hacen más gruesas. En el caso

Urheberrechtlich geschütztes Material

del *entrenamiento dinámico*, las estriaciones transversales de las miofibrillas llegan a ser muy pronunciadas, los núcleos se convierten en ovales y fusiformes (en forma de huso), las placas terminales motoras aumentan la longitud de las fibras musculares y las capas del endomisio y el perimisio se hacen más delgadas (Bondarchuk et al., 1984).

El trabajo expuesto arriba parece corroborar la hipótesis anterior que *puede existir un tamaño óptimo para las fibras musculares que se hipertrofian* (MacDougall et al., 1982; Tesch y Larsson, 1982). La importancia de prescribir programas de entrenamiento con pesas que produzcan el equilibrio óptimo entre la hipertrofia y la fuerza específica es, pues, obvia. Por lo tanto, no es sólo un entrenamiento cardiovascular prolongado lo que puede ser perjudicial para la adquisición de fuerza, sino que múltiples series de repeticiones relativamente elevadas de rutinas de culturista o de entrenamiento en circuito hasta el agotamiento pueden también inhibir la formación de fibras musculares contráctiles.

Así pues, es esencial controlar regularmente los cambios de la estructura muscular y la función, junto con los cambios del tamaño y la masa. En la mayoría de los casos, la toma de muestras para biopsias no es posible o es muy costosa, de forma que es necesaria una evaluación indirecta de los procesos adaptativos . Un aumento de la hipertrofia de una determinada zona muscular puede evaluarse a través del perímetro muscular y del espesor de la piel en aquel lugar, mientras que factores como la fuerza relativa, la fuerza máxima y el déficit de fuerza (citados en el cap. 1) pueden servir como indicadores útiles de la eficiencia funcional. Bosco (1982a) alerta contra el uso indiscriminado del entrenamiento con pesas que tipifica la mayoría del «entrenamiento mixto» con pesas y circuitos recomendado por los entrenadores y fisioterapeutas occidentales. Este autor destaca que, aunque un entrenamiento altamente resistido sirve como un estímulo potente para el desarrollo y la hipertrofia tanto de las fibras ST como de las fibras FT, el importante papel que desempeña el desarrollo de las fibras FT puede ser alterado por el crecimiento de las fibras ST, ya que estas últimas parecen provocar un efecto de frenado en la contracción de las fibras FT durante un movimiento rápido. Ello se debe a que durante el acortamiento a elevada velocidad del músculo, la velocidad de deslizamiento de las fibras ST puede ser demasiado lenta y, por tanto, ejercer un efecto de frenado significativo sobre la totalidad de la contracción muscular. Bosco concluye que el papel central del complejo muscular en el almacenamiento y la liberación de la energía elástica de los tejidos conectivos nunca debería ser ignorado en los programas de entrenamiento para deportes específicos (ver también cap. 5).

Efectos de una intensidad de ejercicio elevada y moderada

Además de los efectos adaptativos de los diferentes programas de entrenamiento expuestos anteriormente, existen otros efectos merecedores de atención que se refieren a los resultados producidos por los entrenamientos con pesas realizados a elevada velocidad en relación con los realizados con una intensidad moderada o submáxima.

El ejercicio resistido de bajo volumen y elevada intensidad, además de aumentar la hipertrofia muscular, también aumenta la sección transversal de las fibras de contracción rápida y lenta, con una relativamente mayor hipertrofia de las fibras de contracción rápida (McDougall et al., 1980; Tesch et al., 1985; Thorstennson, 1976). Una comparación entre un grupo de sujetos con un entrenamiento de fuerza y otro grupo con entrenamiento de resistencia reveló que el área de las fibras de contracción lenta y rápida era mayor en el grupo con un entrenamiento de fuerza (Alway et al., 1988). Tesch y otros (1987) demostraron que un entrenamiento con pesas con cargas elevadas de 6 meses de duración produjo en la disminución de la actividad de las enzimas participantes en las vías metabólicas

Urheberrechtlich geschütztes Material

«aerobias» (hexocinasa, creatin-cinasa, ATPasa miofibrilar, citrato-sintasa, miocinasa y fosfofructocinasa). Otra investigación reveló que la actividad citrato-sintasa es menor en los halterófilos que en los culturistas y no-deportistas (Tesch, 1988). Esta diferencia se debe probablemente al hecho de que los halterófilos entrenan regularmente con una intensidad cuasi-máxima con pocas repeticiones, mientras que los culturistas entrenan con una intensidad moderada y un volumen relativamente alto. También se demostró que 5 meses de entrenamiento con pesas con cargas elevadas aumentaba significativamente los niveles de los sustratos de energéticos glucógeno, ATP, fosfato de creatina y creatina (MacDougall et al., 1977).

Los ejercicios con pesas de intensidad moderada y muchas repeticiones, tal y como se utilizan normalmente en el culturismo y en el entrenamiento en circuito, pueden también hacer que las fibras rápidas se comporten como fibras lentas, aparentemente en un intento adaptativo para resistir la fatiga de los esfuerzos repetidos (Timson et al., 1985; Baldwin et al., 1992; Noble y Pettigrew, 1989). Bajo estas condiciones, las fibras musculares transicionales muestran unos tiempos de contracción similares a los de las fibras rápidas, pero con una resistencia a la fatiga más parecida a la de las fibras lentas. De este modo, la capacidad para la fuerza-resistencia parecía aumentar.

Un mecanismo para esta adaptación muscular fue propuesto por Hoy y otros (1980) quienes encontraron que las rápidas isoformas de la miosina desaparecían y eran sustituidas por isomiosinas características del músculo lento después de una sobrecarga crónica. Esta transformación fibrilar provocada por una estimulación crónica está regulada básicamente por un nivel de regulación transcripcional genético (Heilig y Pette, 1983). Este proceso se asocia con la presencia en los músculos de contracción rápida de una cadena ligera de miosina, observada sólo en fibras de contracción lenta (Samaha et al., 1970). Por estas razones, podría parecer que un entrenamiento de elevado volumen y moderada resistencia es, de hecho, un entrenamiento general de la resistencia de intensidad elevada.

Varios estudios realizados sobre culturistas masculinos y femeninos sugieren que el músculo femenino parece adaptarse al entrenamiento con pesas de forma diferente que el músculo masculino (Bell y Jacobs, 1990; Away et al., 1992). Aunque la sección transversal de las fibras de contracción rápida y lenta aumentaba tanto en los hombres como en las mujeres culturistas, las fibras de contracción rápida de los hombres tenían una sección sensiblemente mayor que la de las fibras de contracción lenta, una tendencia que no se encontraba entre las mujeres.

ASPECTOS NEUROFISIOLÓGICOS DEL EJERCICIO

La preparación general del deportista requiere el entrenamiento físico y psicológico, no de sus componentes separados, sino de los aspectos estrechamente interrelacionados del rendimiento. Los sistemas mental y físico interactúan continuamente y es vital recordar que un cuerpo bien entrenado y adiestrado tiene poco valor en la competición sin una preparación mental correcta. Por ejemplo, un trastorno emocional puede evitar que el deportista se relaje y se concentre en producir el grado necesario de eficacia física. De forma parecida, una ligera lesión puede molestar lo suficiente como para minar la confianza, la concentración y la habilidad.

El cuerpo puede considerarse como un sistema cibernético (control y comunicación) vivo en el que el sistema nervioso central, incluido el encéfalo y la médula espinal, controla las funciones del cuerpo mediante sistemas principales de comunicación: el sistema nervioso (los sistemas voluntario y autónomo) y el sistema hormonal (glándulas endocrinas).

El sistema hormonal participa en el control de los procesos más lentos del cuerpo como el crecimiento, el metabolismo, la función sexual, la excreción y la regulación de la temperatura. El sistema nervioso participa sobre todo en los procesos rápidos

Urheberrechtlich geschütztes Material

como la vista, la audición, el pensamiento y las contracciones musculares. Sin embargo, estos dos sistemas interactúan en numerosos procesos, cuyo nexo es el hipotálamo, que está situado cerca del diencéfalo. El hipotálamo está conectado con el sistema límbico del encéfalo (íntimamente conectado con las emociones) y la hipófisis (a veces llamada glándula maestra del cuerpo). De lo cual se deduce que la eficacia física depende de la correcta utilización de los procesos del pensamiento, las emociones y los músculos.

Esto se aprecia en la figura 1.27, que ilustra la forma en la que los estímulos externos del medio ambiente y los estímulos internos del cuerpo son recibidos por los transductores especializados de los sistemas sensoriales y transmitidos a las partes relevantes del sistema nervioso central para su procesamiento ulterior. Este último sistema no sólo activa el sistema muscular para que produzca patrones apropiados de movimiento, sino que también envía información al hipotálamo para que genere respuestas emocionales y glandulares.

Este modelo ofrece un fundamento simplificado de la psicología del deporte. Lo que queda de sección se dedica al análisis de los distintos sistemas del cuerpo y a la aplicación de esta información al entrenamiento físico y a la competición.

El sistema sensorial

Los sistemas sensoriales (ver fig. 1.27) proprocionan al hombre información sobre el medio ambiente y sobre su cuerpo. El punto de vista tradicional de los «cinco sentidos» (vista, oído, tacto, olfato y gusto) pasa por alto «sentidos internos» vitales que se conocen como el sentido cinestésico (sentido de la posición y de los movimientos del cuerpo y sus miembros) y el sentido visceral (sentido del funcionamiento de los órganos internos como el corazón y el sistema digestivo). El sentido cinestésico depende de la información procedente de los receptores del tacto de la piel, del equilibrio de los receptores vestibulares del oído interno y de los propioceptores de las articulaciones, músculos y tendones. Este sentido proporciona información esencial para el encéfalo y permite que los músculos y miembros ejecuten movimientos según patrones específicos a cierta velocidad e intensidad. La importancia de los propioceptores se aprecia cuando se descubre que la propiocepción ocupa un segundo lugar detrás del dolor como causa de la actividad más intensa y generalizada en el encéfalo.

Es indudable que los ojos son muy importantes a la hora de guiar a los deportistas en la ejecución de movimientos correctos y que el oído presta sus servicios en las fases de coordinación de las maniobras mediante la retroalimentación de cualquier sonido producido por el cuerpo o un aparato. Sin

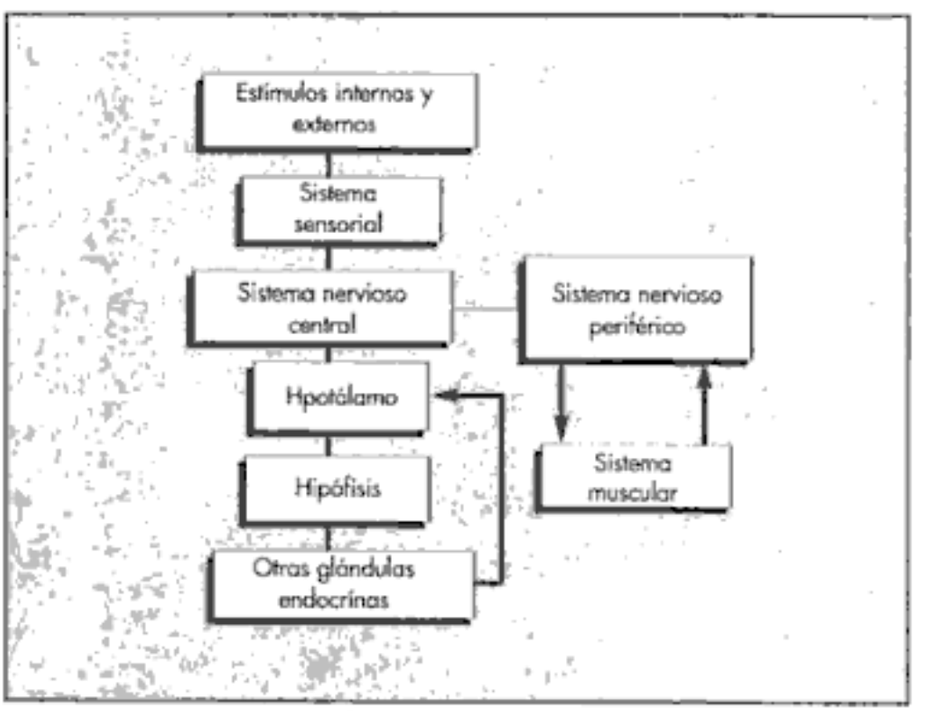


FIGURA 1.27 *Interacción entre el sistema nervioso central, el sistema endocrino y el sistema muscular.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

embargo, sin el sentido cinestésico, la actividad física sería imposible. A continuación presentamos un resumen de los subsistemas principales que contribuyen a aportar datos esenciales al sentido cinestésico:

- *Receptores articulares.* Esta red de nervios situada en las cápsulas ligamentosas que circundan las articulaciones móviles proporcionan información sobre el ángulo entre los huesos de las articulaciones y el ritmo al que cambia dicho ángulo.
- *Husos neuromusculares.* Estos nervios espirales se estiran cuando se estiran los músculos y transmiten información de vuelta al sistema nervioso central sobre la longitud relativa y el grado de tensión de los músculos.
- *Órganos tendinosos de Golgi.* Esta red nerviosa, situada en los tendones de los músculos, monitoriza continuamente la tensión y contribuye a la coordinación de las acciones de los distintos músculos que cooperan en el movimiento. Este sistema es importante para proteger las fibras musculares de una carga excesiva mediante la reducción de la tensión antes de que alcance un valor crítico.
- *Aparato vestibular.* Este sistema, situado cerca del oído interno, constituye una guía de la inercia o un mecanismo de equilibrio giroscópico sensible a cualquier cambio en la posición, velocidad y aceleración de la cabeza y, por consiguiente, de todo el cuerpo. Los tres conductos semicirculares monitorizan la posición y velocidad angular, puesto que son demasiado lentos para responder a la aceleración angular, mientras que la estructura pilosa y gelatinosa del utrículo mide la aceleración.

Los dos siguientes tipos de receptores no son sentidos cinestésicos, pero son muy importantes para el control de la destreza de los movimientos:

- *Receptores del tacto.* Estos receptores de la presión, que trabajan en estrecha cooperación con el sistema propioceptivo, cubren toda la superficie del cuerpo y aportan información al encéfalo sobre el contacto de cualquier parte del cuerpo con un objeto externo.
- *Receptores del dolor.* Los receptores del dolor específicos o inespecíficos de todo el cuerpo informan al encéfalo sobre los peligros que dañan o someten a una tensión excesiva cualquier parte del cuerpo. Además, ciertos centros situados en partes del encéfalo como el sistema límbico (tambien implicado en las emociones y en la motivación) y que reciben estímulos procedentes del resto de los sentidos, desempeñan un papel importante en la percepción del dolor.

En los estadios iniciales del aprendizaje de la destreza de movimientos, los deportistas tienen que emplear el sistema nervioso voluntario para ayudar a integrar la enorme cantidad de información procedente de todos los sistemas cinestésicos. Finalmente aprenden a depender casi por completo de los procesos reflejos y automáticos para desempeñar las mismas tareas. De hecho, se ha descubierto que los deportistas poco diestros no sólo producen patrones, intensidades y coordinación ineficaces, sino que también reclutan músculos que no cumplen ningún propósito en el control de estos movimientos. Además, la presencia de tensión en los músculos que supuestamente están relajados o que realizan un grado distinto o patrón de tensión también pueden ser el origen de lesiones musculares. De ahí que el aprendizaje de una técnica correcta sea esencial no sólo para la eficacia del movimiento, sino también para prevenir lesiones. Pasar por alto esta regla básica es muy frecuente entre los deportistas, que extreman el empleo ineficaz de la fuerza bruta para realizar una maniobra que podría hacerse sin esfuerzo prestando más atención al perfeccionamiento de la técnica.

Urheberrechtlich geschütztes Material

El sistema nervioso central

El sistema nervioso central (ver fig. 1.27) es el punto de computación central y complejo del encéfalo y la columna vertebral que procesa la información que llega al tiempo que envía órdenes al resto del cuerpo (incluidos los músculos) mediante el sistema nervioso periférico (ver fig. 1.28).

Hace poco tiempo que el conocimiento científico sobre el encéfalo ha dado pasos de gigante, aunque la imagen sigue sin estar completa ni mucho menos y la visión simplista que aparece aquí no pretende aportar un conocimiento fisiológico exacto, sino que presentamos las teorías y hallazgos más importantes para que el lector pueda basar sus métodos de entrenamiento en fundamentos científicos sólidos.

En principio hay que reparar en que, en ciertas situaciones de emergencia, los músculos reaccionan con gran rapidez de forma que no se puede perder tiempo en que las señales pasen por todo el centro de computación del sistema nervioso central. El cuerpo proporciona para ello un sistema de arcos reflejos. Por ejemplo, si la mano toca accidentalmente un objeto que quema, la acción refleja a nivel de la médula espinal obliga a retirar la mano casi de inmediato y previene daños y lesiones. Durante los movimientos voluntarios también se producen acciones reflejas a nivel de la corteza motriz y no simplemente a nivel de la médula espinal (Evarts, 1979).

El psicólogo ruso Paulov fue el primer investigador que descubrió que los reflejos condicionados podían aprehenderse por métodos de reforzamiento. Dicho de otro modo, los programas de movimientos repetidos correctamente permiten ejecutar finalmente estos movimientos de forma automática. Esto es muy importante en el caso de todas las maniobras que hay que ejecutar con rapidez y no pueden demorarse por la reflexión mental sobre el proceso que se ejecuta.

La repetición de movimientos incorrectos crea unos reflejos que son difíciles de borrar. Cualquier intento de cambiar una técnica errónea suele provocar inseguridad o incapacidad para realizar estos movimientos con la comodidad anterior. Esto se debe a que el cuerpo se ha adaptado a unos patrones de movimiento ineficaces que redundan en el malestar emocional provocado por nuevas técnicas –en apariencia ineficaces y que pueden impedir que el deportista realice los cambios necesarios. A menudo se oye a los entrenadores o a compañeros que gritan instrucciones para corregir una técnica errónea durante la ejecución de movimientos rápi-

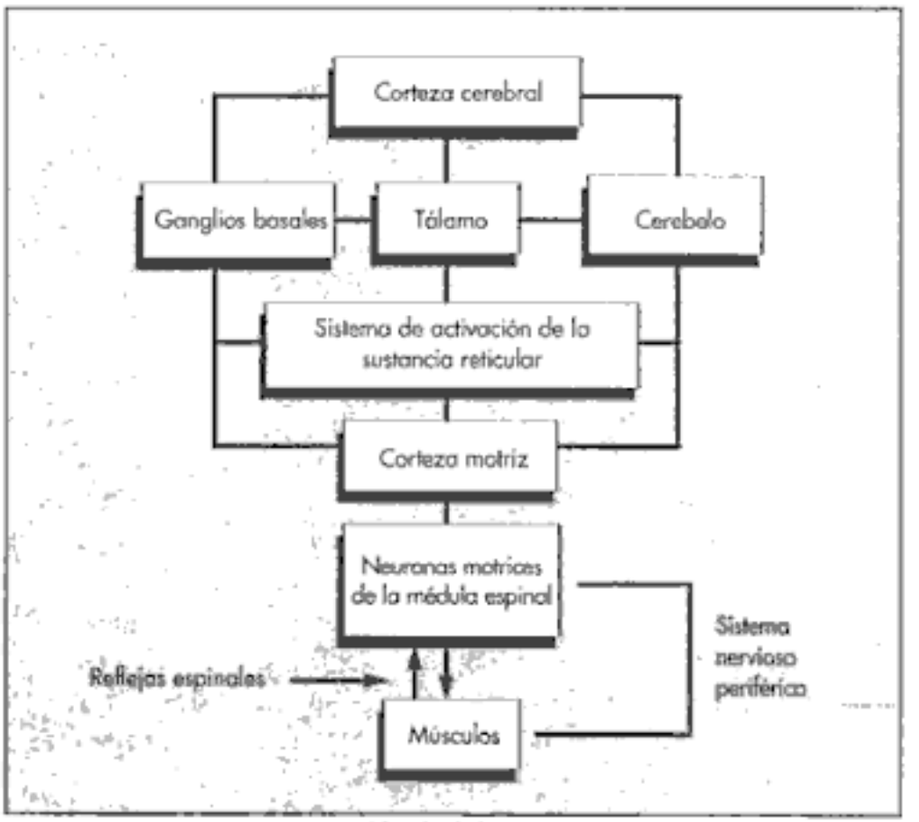


FIGURA 1.28 *Representación simplificada de los componentes e interconexiones principales del sistema nervioso central implicado en el control y ejecución de la actividad motora.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

dos. Esto es poco más que inútil porque no es posible cambiar de forma consciente el curso de cualquier movimiento que dure menos de 0,4 segundos (Thomas, 1970). Además, el fenómeno conocido de la parálisis por el análisis puede provocar que el deportista intente corregir o modificar una maniobra justo antes o durante su ejecución.

Es poco habitual que cualquier secuencia de movimientos sea controlada por completo por los arcos reflejos; en vez de ello, los reflejos actúan junto con todo el sistema de control descrito en la fig. 1.28. La visión tradicional consistía en considerar que la corteza motriz, guiada por el cerebelo como un simple aparato de servocontrol, era el centro principal de la integración motriz. Además, se consideraba que el control se iniciaba junto con o justo después de la iniciación de cualquier movimiento (p. ej., procesos de retroalimentación). En vez de ello, las investigaciones actuales han descubierto que la corteza motriz está en un nivel inferior de control, conectada más directamente con las neuronas motrices de la médula espinal que con el cerebelo o los ganglios basales. Además, se ha descubierto que el cerebelo, los ganglios basales y la corteza motriz se activan antes de iniciar cualquier movimiento (Evarts, 1973, 1979). Un ritmo cerebral específico de unos 9 Hz queda bloqueado antes de que se produzca movimiento físico alguno (Siff, 1977). También se produce un aumento del tono muscular y otros cambios en la actividad de la corteza cerebral (como la «respuesta orientativa» y las «ondas de expectación») que preceden al comienzo de la respuesta motora (Siff, 1977).

También se sabe que el cerebelo no es quien inicia el movimiento, sino el que corrige o reorganiza las órdenes motoras antes de alcanzar los músculos, por lo que aplican los mecanismos de retroalimentación para asegurar que haya una eficacia muscular externa máxima. El cerebelo incluso coordina el movimiento cuando no llega información alguna procedente de la periferia del cuerpo (Llinas, 1975).

Estos hallazgos son los más importantes a la hora de diseñar métodos de entrenamiento correctos. Puesto que la actividad del cerebro precede al movimiento, es vital visualizar patrones de movimientos correctos incluso antes de empezar las prácticas. De hecho, la técnica de la visualización por medio de la observación de películas que hacen entrenadores y halterófilos, combinada con ensayos mentales, forma parte integral del entrenamiento de los halterófilos rusos. El entrenamiento autogéno en el que el deportista se visualiza a sí mismo en acción y se vuelve consciente de todas las tensiones y movimientos musculares, así como de los cambios fisiológicos y emocionales con los que se enfrenta en la competición, también forma parte importante del entrenamiento avanzado de los deportistas rusos. A veces se adaptan a los deportistas aparatos como ECG, EMG, monitores de la tensión arterial y medidores de la RCG (respuesta cutánea galvánica) para cerciorarse de que la visualización es fiable en la reproducción de las condiciones en las que se desarrolla la acción deportiva. Los mecanismos de alimentación hacia delante procurados por la planificación mental de las maniobras gracias al empleo regular de un entrenamiento autogéno deben ser más conocidos por los entrenadores de lo que lo son en la actualidad. Dicho de otro modo, «la práctica física y mental hace alcanzar la perfección».

La misma investigación ha revelado que la corteza motora determina más la cantidad y el patrón de las contracciones musculares que el desplazamiento producido. Además, la corteza motora participa en los movimientos lentos y rápidos, mientras que los ganglios basales parecen ser preferentemente activos en los movimientos lentos. También se ha sugerido que el papel principal del cerebelo es preprogramar e iniciar los movimientos balísticos rápidos (Evarts, 1973). En el esquema global de los acontecimientos, los ganglios basales y los receptores externos (ojos, oídos, etc.), transforman esta información y envían un patrón apropiado de señales a la corteza motora. Los propioceptores del

Urheberrechtlich geschütztes Material

SNC envían constantemente información de vuelta sobre el estado de los músculos, sin la cual el control de los movimientos sería imposible.

El tálamo y el sistema activante reticular situado en el plano profundo del encéfalo desempeñan un papel vital en la activación de las distintas partes del encéfalo actuando como estaciones transmisoras, y en la integración de las respuestas emocionales y hormonales con las funciones más mecánicas. Es en este nivel donde el hipotálamo suele verse implicado (ver fig. 1.27).

Aunque los mismos músculos participen en un movimiento, pueden ser controlados por distintas partes del encéfalo dependiendo de la velocidad de movimiento. Sin embargo, no es sólo la velocidad la que determina los mecanismos del encéfalo que son necesarios. Hay pruebas sólidas de que son dos los mecanismos de control que intervienen en la respuesta cardiovascular al ejercicio (Med. Chron., 1978). Esto significa que el ejercicio isométrico y dinámico reclutan distintos mecanismos del encéfalo, puesto que el ejercicio isométrico provoca un aumento marcado de la tensión arterial y un aumento escaso del riego sanguíneo. Sin embargo, el ejercicio dinámico genera una demanda de oxígeno que es cubierta en gran medida por el aumento del volumen de sangre bombeada y por la disminución de la resistencia a su flujo.

El tema se complica aún más porque un mismo movimiento ejecutado lenta o rápidamente puede involucrar a distintos grupos de músculos (Basmajian, 1978). Por ejemplo, los experimentos con flexiones de brazo muestran que tanto los movimientos lentos como rápidos activan los músculos bíceps y braquial, si bien las flexiones rápidas reclutan también la participación del músculos braquiorradial (supinador largo).

Estos hallazgos tienen profundas implicaciones para el deporte. Por ejemplo, la perfección de un movimiento a velocidad lenta no significa necesariamente que también sea perfecto cuando se ejecuta a gran velocidad. El entrenamiento isométrico o isocinético de cualquier músculo que genere movimientos auxotónicos eficaces puede conllevar una técnica ineficaz. Los ejercicios de resistencia con muchas repeticiones también pueden ser desventajosos para las personas que practiquen deportes que apenas se basen en la repetición de series de movimientos continuados.

Además, cualquier movimiento puede verse influido por otros movimientos que le precedan. De hecho, la eficacia en la arrancada de la halterofilia puede verse mermada si se han estado haciendo repeticiones de arrancada hasta 24 horas antes de la siguiente sesión. Un calentamiento o unos estiramientos inapropiados son perjudiciales para una correcta ejecución de los movimientos reales requeridos en la competición. El cansancio tiene un efecto pronunciado sobre la habilidad, y hay que aprender distintas técnicas para trabajar en un estado de cansancio.

La simulación en el entrenamiento requiere la imitación de un movimiento específico mediante el empleo de más resistencia de la que se supera en la participación deportiva real, lo cual obliga al cuerpo o a sus miembros a trabajar con distintas velocidades, a reclutar músculos diferentes y a usar distintos patrones de actividad muscular si lo comparamos con los movimientos de la competición. La simulación en un entrenamiento de tenis, por ejemplo, puede consistir en la práctica del golpe de revés con pesas o máquinas de poleas que ofrecen una resistencia adicional al brazo. A menos que la simulación se reduzca a un segmento pequeño y bien controlado de un movimiento complicado o con diferencias muy pequeñas en la carga, no debe formar parte de los ejercicios de un deportista. La fuerza y la habilidad son aspectos distintos del entrenamiento y, por lo general, deben desarrollarse por separado, excepto en los deportes como la halterofilia, la gimnasia deportiva y el lanzamiento de pesos, que integran ambos factores en movimientos independientes y explosivos.

A nivel muscular, hay que recordar que la fuerza

Urheberrechtlich geschütztes Material

producida por un grupo de músculos es proporcional no sólo al área del corte transversal de esos músculos, sino también al número y a la eficacia de las fibras musculares que se contraen simultáneamente. Esto es más consecuencia de factores mentales y de la experiencia técnica que de la masa o el tamaño de los músculos, por lo que el deportista no debe centrarse demasiado en las últimas facultades si es en detrimento de las primeras.

La perfección técnica depende, entre otras cosas, de la adquisición de maestría en los modos apropiados para dirigir los músculos, sea mediante cocontracciones, sea mediante acciones balísticas. No importa el modo implicado, el control último depende de los sistemas motores del encéfalo.

Al contrario de lo que se suele creer, las cocontracciones dinámicas no son la acción primaria implicada en ejercicios continuos como las carreras. Gran parte de la energía se almacena paso a paso como energía elástica en los tendones, que sufren un cambio considerable en su longitud, a diferencia de los músculos que retraen los tendones después de cada movimiento. Este sistema de contracciones isométricas iniciales seguidas de balanceos balísticos es mucho más eficaz que la actividad dinámica continua, que requiere mucha más energía (Green, 1967). Los procesos cibernéticos del SNC, basados en la práctica de una técnica correcta, son responsables de asegurar este nivel de eficacia.

Los estados descritos como esfuerzo mental, motivación y concentración están muy relacionados con el funcionamiento del sistema activante reticular (SAR – ver fig. 1.28) y el sistema límbico, que incluye partes del tálamo, los ganglios basales (fig. 1.28) y el hipotálamo (fig. 1.27). Los centros específicos del dolor y el placer han sido localizados en estos sistemas, lo cual proporciona la base del comportamiento motivado. Según la teoría actual, la respuesta emocional depende por una parte del sistema límbico que controla el placer y el dolor y las reacciones de acercamiento y rechazo, y por otra del SAR que controla la intensidad de la activación.

El hipotálamo influye en una amplia serie de actividades: la regulación de la temperatura, el equilibrio en el agua, el crecimiento, el apetito, el metabolismo del azúcar, en las grasas y electrólitos, en la respiración, el sueño, la digestión y la actividad del corazón y los vasos sanguíneos. Los cambios en estas actividades proporcionan una segunda fuente de información sobre las sensaciones corporales, mediante la transmisión de información de vuelta al encéfalo que contribuye a la experiencia de un estado emocional.

BIOENERGÉTICA Y LOS SISTEMAS DE ENERGÍA

La forma física ha sido definida con anterioridad como la capacidad para cubrir con eficacia y seguridad las demandas de una tarea o actividad específicas. No existe simplemente un sólo tipo de «forma física». Se requiere un tipo concreto de forma física para las actividades que requieren fuerza, resistencia muscular o demandas fuertes del sistema cardiovascular. La existencia de estos tipos de forma física es consecuencia en gran medida de los distintos procesos metabólicos responsables de proporcionar energía para responder a las demandas especiales impuestas por actividades específicas.

Sistemas de energía y tipos de actividad

Toda actividad física se distingue en esencia sobre la base de dos factores principales: la intensidad y la duración. Estos factores no son independientes, porque las actividades de gran intensidad no pueden mantenerse durante largos periodos antes de que el cansancio las interrumpa. Las actividades de gran intensidad sólo pueden llevarse a cabo con acelerones cortos alternados con intervalos de descanso regulares que favorezcan la recuperación. Por el contrario, las actividades de poca intensidad se pueden prolongar durante mucho tiempo. Por tanto, la duración está inversamente

Urheberrechtlich geschütztes Material

relacionada con la intensidad, o dicho de otro modo, la intensidad del ejercicio desempeña un papel dominante a la hora de determinar la duración máxima de un ejercicio.

El concepto de potencia que se baraja en la física (p. ej., trabajo realizado por unidad de tiempo, en donde el trabajo, en sentido lato, es la fuerza multiplicada por la distancia durante la cual actúa la fuerza) combina los factores de la intensidad y la duración y sirve como medida alternativa útil de la trayectoria de la energía o del sistema que predomina durante la realización de una actividad específica.

Las actividades de gran intensidad y alta producción de potencia imponen una gran demanda a ciertos grupos de músculos específicos, mientras que las actividades de baja intensidad y poca potencia imponen demandas menores a los músculos. Por tanto, la intensidad se puede valorar según la proporción de fibras que se contraen simultáneamente dentro un grupo de músculos específicos.

Las actividades intensas o de gran potencia se dividen en dos grupos:

- actividades máximas o cuasi-máximas de duración muy corta;
- actividades submáximas de duración mayor.

Las primeras son acciones explosivas o de gran potencia como dar patadas, saltar, ejercicios de arrancada y envión con pesos, y lanzamientos; mientras que las segundas son actividades de resistencia muscular que precisan que varios grupos musculares produzcan contracciones bastante fuertes en periodos que duran varios minutos. Estas contracciones se producen en condiciones estáticas o dinámicas, por lo que podemos distinguir la resistencia muscular estática y la resistencia muscular dinámica.

Las actividades de gran intensidad se relacionan con cambios rápidos de la frecuencia cardíaca y de la tensión arterial. A menudo, provocan la maniobra de Valsalva, es decir, una retención forzada de la respiración con la glotis cerrada (en la parte inferior de la laringe), que restringe el riego sanguíneo local.

Las actividades de baja intensidad se valoran según las demandas que imponen a los sistemas cardiovascular y circulatorio del cuerpo. Se distinguen dos tipos de actividades de intensidad baja (excluyendo el estado sedentario cuya intensidad es mínima):

- acciones de intensidad baja que elevan mínimamente la frecuencia cardíaca, como es caminar con lentitud;
- acciones de intensidad baja que elevan la frecuencia cardíaca hasta una zona conocida como zona de entrenamiento cardíaco y se mantienen en este nivel al menos 15 minutos.

Las primeras producen ventajas mínimas en la forma física. Como mucho mejoran la circulación de la sangre y la linfa y sirven como forma de actividad suave para procesos de recuperación o relajación. No conllevan una mejora de la capacidad cardiovascular. Las segundas, si se ejercitan durante períodos de semanas o meses, mejoran la capacidad cardiovascular y conllevan una frecuencia cardíaca menor en reposo y una frecuencia cardíaca que vuelve a los valores de reposo con mayor rapidez después del ejercicio. Por desgracia, el entrenamiento cardiovascular intenso interfiere con el desarrollo de la fuerza o la potencia. El cuerpo provee las demandas de estos tipos de capacidad física mediante el empleo de tres sistemas de energía que se superponen:

- El sistema de gran intensidad y corta duración (o elevada producción de potencia);
- el sistema de media intensidad y media duración (o producción media de potencia);
- el sistema de intensidad baja y larga duración (o producción baja de potencia).

Urheberrechtlich geschütztes Material

Los primeros dos sistemas producen energía en condiciones en las que no cuentan con oxígeno y solían denominarse sistemas anaeróbios. Actualmente se denominan con mayor exactitud sistemas libres de oxígeno. (Algunas autoridades en el tema prefieren el término no aerobio.) El último sistema, antes conocido como sistema aerobio, ahora revive el nombre de sistema dependiente de oxígeno (algunos siguen usando el término aerobio para decir lo mismo).

Los términos oxidativo y no oxidativo son más exactos desde el punto de vista científico que aerobio y anaerobio o no aerobio, puesto que la oxidación no se refiere sólo al proceso mediante el cual el oxígeno se combina con otros elementos o compuestos. La oxidación también se produce en una reacción en la que los átomos de hidrógeno se liberan de un compuesto. La adquisición de átomos de oxígeno y la pérdida de átomos de hidrógeno se caracteriza por que la sustancia oxidada pierde entidades cargadas negativamente conocidas como electrones. Por tanto, la oxidación se refiere a cualquier reacción en la que algún compuesto químico pierde electrones.

El sistema de gran intensidad y corta duración produce energía a partir de procesos que se basan en los compuestos de fosfato de gran energía o ATP (adenosintrifosfato) y PC (fosfocreatina). tambien se conoce como el sistema ATP-PC. Un nombre antiguo era sistema de energía anaerobia aláctica.

El sistema intermedio, antes conocido como sistema ácido-láctico o sistema de energía anaerobia láctica (o glucolítico anaerobio), se denomina ahora sistema glucolítico libre de oxígeno (o no oxidativo). El proceso de la glucólisis (-lisis significa «liberación» o «disolución») atañe a la disolución o conversión de la glucosa en ácido pirúvico y ATP. El ácido láctico, o más bien el lactato, también se produce en estas condiciones y puede servir como una fuente de energía adicional. En contra de lo que normalmente se piensa, la glucólisis no sólo se produce cuando la presencia de oxígeno es inadecuada. Por ejemplo, la glucólisis es un proceso dominante durante los esprints, incluso cuando los músculos tienen suficiente oxígeno durante estas pruebas cortas.

El sistema a largo plazo se basa en el empleo continuado de oxígeno para la oxidación del glucógeno (acumulado en los músculos y en el hígado) o de los ácidos grasos (almacenados en las grasas del cuerpo). Por tanto, se conoce como el sistema de energía aerobia, término que ha dado lugar al aeróbic para describir la industria en crecimiento de la puesta en forma con música. Por desgracia, este término sigue aplicándose erróneamente a todo tipo de clases de aeróbic, incluidas las de estiramientos, a pesar de que muchas de estas clases no se basan de forma predominante en los procesos aerobios. El término «clase de forma física» sería preferible y más exacto. Este sistema de energía a largo plazo se conoce en la actualidad con el término más correcto de sistema dependiente de oxígeno (oxidativo). Este sistema es el predominante en las pruebas cardiovasculares prolongadas como las carreras o el ciclismo de fondo.

Es importante corregir el concepto erróneo de que los procesos oxidativos comprenden la combustión directa e inmediata de nutrientes junto con el oxígeno inhalado. Esto ha creado la dificultad para explicar a las personas legas en la cuestión que los esprints no son pruebas aerobias (dependientes de oxígeno) y que el oxígeno inhalado durante el esprint (un proceso «anaerobio») no se utiliza de inmediato y directamente para producir energía. La oxidación celular mediante la dependencia directa del oxígeno molecular (O_2) sólo se produce al final de una serie de procesos metabólicos que eliminan los átomos de hidrógeno en estadios sucesivos a partir de las sustancias originales productoras de energía.

También es importante reseñar que todos los movimientos implican acciones musculares que estabilizan y mueven los miembros simultáneamente, por lo que el cuerpo depende de los proce-

Urheberrechtlich geschütztes Material

sos cardiovasculares para el movimiento general en una prueba concreta, mientras que los músculos posturales son alimentados por los procesos libres de oxígeno. Así pues, los procesos oxidativos son dominantes sistemáticamente, mientras que, a nivel local, los procesos no oxidativos también son muy activos. Es incorrecto afirmar que sólo un sistema de energía está activo durante una actividad específica. Incluso a nivel sistémico general, hay una superposición entre los tres sistemas de energía descritos (fig. 1.29).

Mecanismos energéticos

La bioenergética se refiere a una serie de procesos mediante los cuales se produce energía para mantener la actividad biológica y nutrir los movimientos musculares. Esta energía no se deriva directamente de la comida, sino que mediante varias vías químicas el cuerpo metaboliza la comida para producir materias que sirvan para reparar, mantener y hacer que crezcan las células, así como para proporcionar energía con la que llevar a cabo todos estos procesos.

La producción de energía a partir de nutrientes se conoce como metabolismo. Éste, a su vez, consta de dos tipos de reacciones bioquímicas: las reacciones anabólicas, en las que se sintetizan moléculas más grandes o complejas a partir de otras más sencillas o pequeñas; y reacciones catabólicas, en las que se produce la disolución de sustancias más complejas o grandes en otras más sencillas. Por ejemplo, la disolución de los alimentos proteínicos durante la digestión es catabólica, mientras que la creación de tejido muscular a partir de aminoácidos y la síntesis de los hidratos de carbono complejos y el glucógeno a partir de la glucosa son anabólicas. Otro grupo de reacciones catabólicas es la respiración célular, mediante la cual los ácidos grasos, la glucosa y los aminoácidos se dividen en células para liberar energía y formar el ATP.

Todos los procesos que requieren energía a nivel celular se basan finalmente en esta molécula de energía básica del cuerpo, el ATP (adenosíntrifosfato). Esta molécula consta de adenosina (una combinación de adenina y el azúcar ribosa) unida a tres moléculas de fosfato por enlaces de alta energía, en concreto los enlaces de fostato más externos (fig. 1.30). Cuando los dos últimos enlaces se deshacen, se libera una descarga de energía y el ATP se convierte en ADP (adenosíndifosfato). El ATP se aplica directamente a los puentes cruzados de los músculos para activar y mantener el proceso de los puentes cruzados entre las cabezas de los filamentos de miosina y los puntos activos de los filamentos de actina de las fibras musculares.

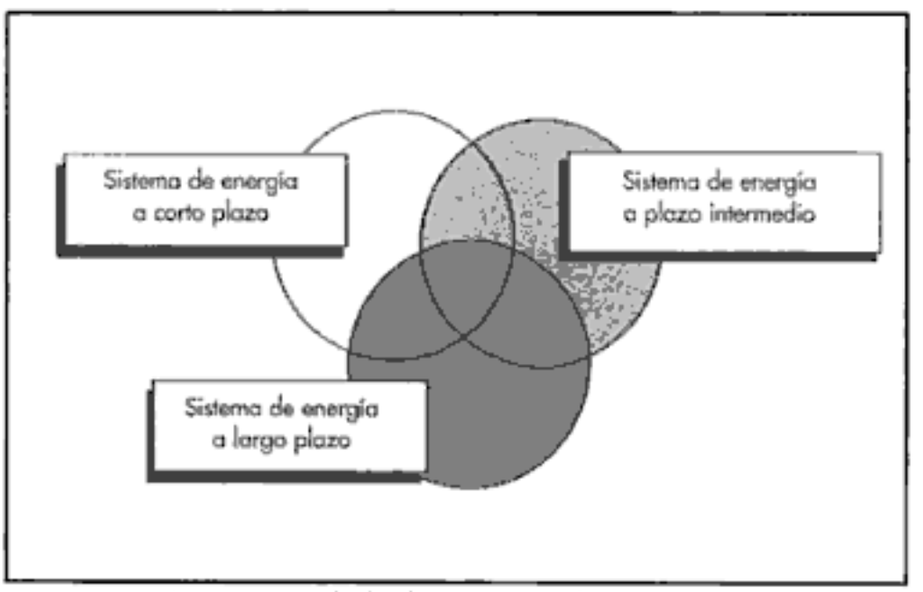


FIGURA 1.29 *Superposición entre los distintos sistemas de energía en cualquier momento.*

Esta energía se produce en las diminutas mitocondrias o también llamadas «centrales de energía» célulares, cuya mayor responsabilidad es aportar energía a las contracciones musculares. Estos generadores de energía sólo producen ATP en presencia de una cantidad adecuada de oxígeno, por lo que se necesita un sistema de apoyo y

Urheberrechtlich geschütztes Material

emergencia que genere ATP en circunstancias en las que haya escasez de oxígeno. Existe un sistema de estas características a nivel celular que se mencionó antes como el sistema glucolítico libre de oxígeno. Depende de un grupo de enzimas o catalizadores biológicos especializados que facilitan la separación sin oxígeno del glucógeno y la glucosa sanguíneos almacenados en las células y que proveen la energía necesaria para la contracción muscular.

El concepto de la deuda de oxígeno

El ejercicio desarrollado en estas condiciones y manteniendo un esfuerzo de gran intensidad va seguido por un período de respiración acelerada que se creía que era un mecanismo empleado para saldar una «deuda de oxígeno» adquirida al depender de procesos no oxidativos y al privar de oxígeno al cuerpo durante el ejercicio. Hoy en día, el concepto de la deuda de oxígeno se considera anticuado. Ahora se sabe que el perido posterior al ejercicio supone la recuperación del consumo de oxígeno para regenerar el ATP celular (y la PC) y volver los procesos respiratorio, iónico, hormonal y térmico a su estado de reposo.

El sistema de energía a corto plazo

La energía necesaria para desarrollar actividades de gran intensidad, gran potencia o muy rápidas se obtiene en gran medida de las reservas de fosfágeno de alta energía (ATP y PC). La energía inicial procede de la hidrólisis del ATP en ADP y fosfato inorgánico Pi en presencia de agua y en la enzima adenosíntrifosfatasa (Nota: el sufijo -asa se refiere a un compuesto que actúa como catalizador biológico para facilitar el control de una reacción bioquímica). Cada mol de ATP genera unas 7,3 kilocalorías (35 kilojulios) de energía y un residuo de ATP, que tiene que ser convertido en ADP a partir de las reservas PC (fosfocreatina) (fig. 1.30)

La pequeña cantidad de ATP almacenada en las células musculares alcanza la depleción en unos pocos segundos al realizar una actividad intensa; la acción muscular se vería obligada a detenerse si no fuera por el hecho de que se transfiere energía con rapidez al ADP por medio de las reservas de PC de las células. Hay de tres a cinco veces más PC que ATP en las células, lo cual permite al sistema de fosfágeno aportar energía para realizar esfuerzos intensos hasta un máximo de 20-30 segundos. La enzima creatincinasa cataliza esta reacción.

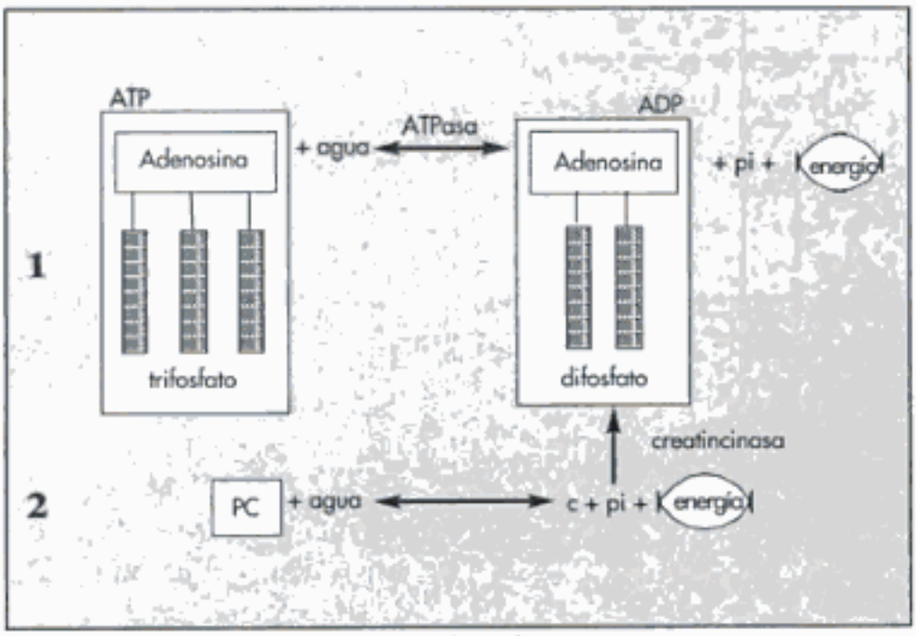


FIGURA 1.30 *Procesos energéticos que implican el ATP, ADP y PC.*

Tras esto, la intensidad del ejercicio disminuye para permitir que las reservas de fosfágeno se recuperen mediante otros sistemas de energía. Cualquier aumento en la concentración de ADP en las células es una señal de la necesidad de que haya más energía disponible mediante la degradación de hidratos de carbono, grasa o proteínas para restablecer los niveles de ATP.

El sistema de energía intermedio

Tanto los sistemas de energía

intermedio a largo plazo obtienen la energía de sustratos de nutrientes almacenados o en circulación derivados de hidratos de carbono, grasas o proteínas ingeridos. La diferencia entre estos dos sistemas o vías metabólicas radica en que el sistema intermedio obtiene la energía de forma no oxidativa a partir del glucógeno, mientras que el sistema a largo plazo libera energía de forma oxidativa a partir de glucógeno o ácidos grasos. Otra diferencia es que en el sistema intermedio se produce el lactato (o «ácido láctico»), que también sirve de sustrato de energía.

En ambos casos, la energía se libera mediante el mismo proceso después de que los hidratos de carbono, las grasas y las proteínas han sido procesados mediante distintas reacciones preliminares para producir una energía adecuada que intervenga en gran parte del ciclo metabólico, conocido como ciclo de Krebs o ciclo del ácido cítrico (fig. 1.31).

Es importante señalar que todos los hidratos de carbono contenidos en los alimentos se transforman finalmente en glucosa, que es el principal aporte energético del cuerpo. Aunque las grasas también actúan como fuente de energía, ciertas células, como las del cerebro y la sangre, dependen casi exclusivamente de la glucosa como aporte de energía. Por tanto, si los niveles de glucosa en la sangre descienden y el encéfalo se ve privado de forma temporal de glucosa, el funcionamiento de las células nerviosas se puede ver alterado gravemente y el estado de conciencia queda muy alterado. Por lo general, la disminución de glucosa en la sangre precipita la aparición de la sensación de hambre. Los déficit medios de glucosa producen cansancio, debilidad, aturdimiento o desorientación, lo cual suele suceder al hacer cualquier tipo de ejercicio que haga que el nivel de azúcar o glucosa en la sangre descienda por debajo de cierto umbral de concentración. Este estado se conoce como hipoglucemia (hipo- significa bajo; gluc- alude a la glucosa). Los déficit mayores llevan a estados de colapso, coma o a la muerte.

Cuando se ingieren hidratos de carbono, el páncreas libera la hormona insulina, que pasa a la sangre y cuya secreción aumenta mucho sobre todo después de haber ingerido azúcares, fenómeno que a veces se llama «shock insulínico». Los niveles de insulina permanecen elevados durante 60-90 minutos e inhiben la liberación de energía del glucógeno almacenado en el hígado y de los ácidos grasos, que constituyen una fuente principal de energía durante

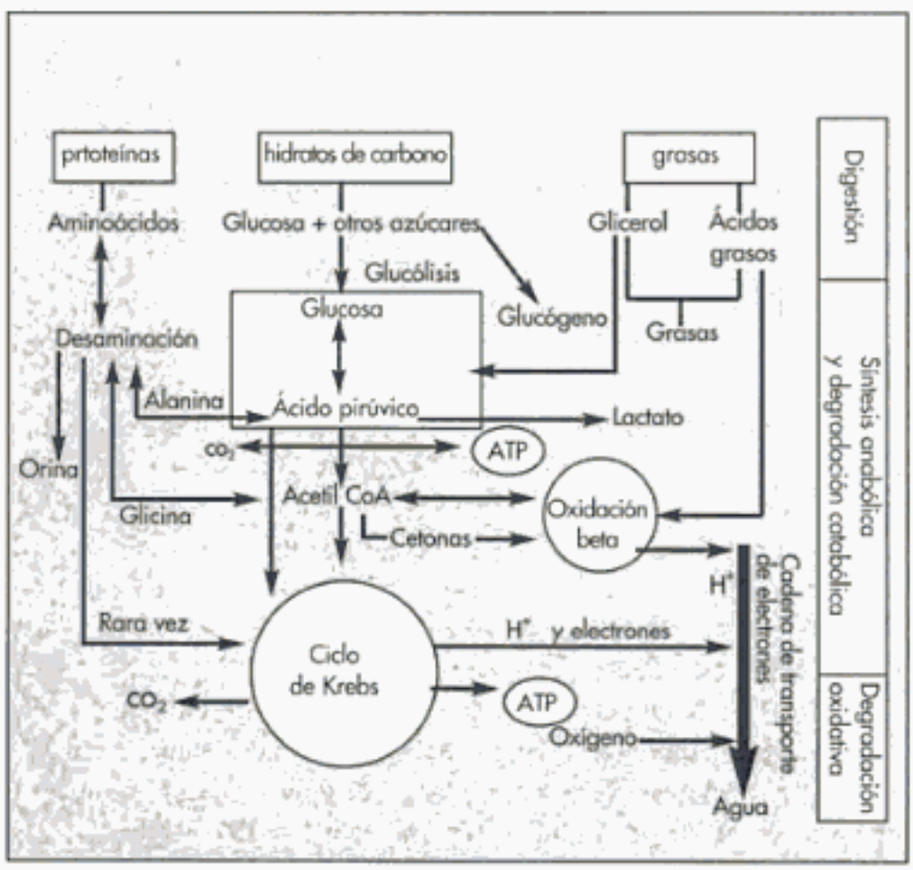


FIGURA 1.31 *El metabolismo de los nutrientes en distintos estadios de la producción de energía.*

el ejercicio cardiovascular prolongado. Esto obliga al cuerpo a depender de cantidades limitadas de glucógeno almacenado en los músculos o en la sangre, lo cual lleva a un estado de hipoglucemia prematura o cansancio sistémico. Por esto la insulina se llama a veces la hormona «anti ejercicio». Ésta también es una buena razón para considerar que el azúcar no es un aporte energético eficaz o adecuado para el ejercicio cardiovascular prolongado, a pesar de que se suele aconsejar lo contrario. Son preferibles los hidratos de carbono más complejos o las féculas, porque no conllevan una liberación tan rápida de insulina.

Cuando se produce la depleción de ATP y PC debido a una actividad muy intensa, el sistema de energía intermedio pasa a ser cada vez más importante en la producción de energía para mantener la acción de los músculos. Por ejemplo, un deportista que esprinta al final de una carrera de 1.500 metros depende en gran medida de la regeneración de fosfágenos mediante la obtención no oxidativa de glucógeno.

En este sistema, el glucógeno almacenado en el hígado o en los músculos sufre un proceso de glucólisis, es decir, hidrólisis (descomposición en presencia de agua) del glucógeno, primero en un derivado especial de la glucosa, glucosa-1-fosfato, y luego en otro derivado, glucosa-6-fosfato, mediante una reacción regulada por la enzima fosforilasa. Otra enzima almacenada en el hígado, la glucosa-6-fosfatasa, convierte la glucosa-6-fosfato en glucosa apta para ser liberada en la corriente sanguínea y, por tanto, en los músculos, encéfalo, hematíes y riñones. Durante el ejercicio, los músculos esqueléticos se convierten en el punto principal donde se produce la captación de glucosa. El producto final de la glucólisis se llama piruvato, que en su mayoría atraviesa la membrana mitocondrial en la que se incrusta la enzima piruvatodeshidrogenasa (deshidrogen significa «eliminación del hidrógeno»; -asa, significa que es una enzima, o dicho de otro modo, una enzima para eliminar el hidrógeno del piruvato). Cuando hay suficiente oxígeno, el piruvato puede entrar en el ciclo de Krebs y la piruvato hidrogenasa convierte el piruvato sobre todo en acetilcoenzima A, el producto final necesario para entrar en el ciclo de Krebs. La acetilcoenzima A es una coenzima que contiene sulfuro derivada de la vitamina B, ácido pantoténico, en donde la coenzima se define como una sustancia no proteínica que se relaciona y activa una enzima. Este proceso se conoce como glucólisis dependiente de oxígeno y es directamente relevante para el tema del sistema de energía a largo plazo que se tratará en detalle en la sección siguiente (fig. 1.31).

Cuando hay un déficit de oxígeno, el piruvato se descompone sobre todo en lactato (o ácido láctico), proceso que se llama glucólisis libre de oxígeno. Durante la práctica de un ejercicio suave, el oxígeno que llega a las células es suficiente y el ritmo de eliminación de lactato equivale a la frecuencia de formación, por lo cual no se produce acumulación de lactato.

Al contrario de lo que se suele creer, el lactato no es un producto derivado tóxico o un producto de desecho del metabolismo, acelerado por el ejercicio. El lactato se produce en condiciones de reposo y, en realidad, sirve como un sustrato (o fuente) valiosísimo de energía. Cuando vuelve a haber suficiente oxígeno al descansar o disminuir la intensidad del ejercicio, el lactato se reconvierte en piruvato para emplearlo como fuente de energía. Además, el lactato y el piruvato que se forman en los músculos durante el ejercicio se emplean para fomar glucosa mediante la gluconeogénesis (neo- significa «nuevo»; -génesis, significa «producción», por lo que la palabra quiere decir «producción de glucosa nueva»), un proceso que se conoce como ciclo de Cori. Esto complementa la glucosa en la sangre y el glucógeno de los músculos.

Además, el cansancio muscular no se debe al «envenenamiento» de los músculos por el ácido láctico. La formación de lactato (o ácido láctico) se

Urheberrechtlich geschütztes Material

ve acompañada por la presencia de iones de hidrógeno de carga positiva (H^+) o protones. Estas cargas eléctricas, que aumentan la acidez de la sangre, pueden interferir en el proceso de contracción muscular y disminuir la eficacia de las enzimas implicadas en la producción de energía. No hay que considerar el ácido láctico como la causa de la sensibilidad dolorosa de los músculos, porque los niveles de lactato en la sangre vuelve a la normalidad al cabo de una hora más o menos después de un intervalo en el entrenamiento intenso.

La sensibilidad dolorosa muscular más pronunciada se produce después de realizar pruebas de resistencia prolongadas a velocidades que mantienen el nivel de lactato por debajo de su umbral. Las teorías actuales abogan por la explicación según la cual la sensibilidad dolorosa se debe a los daños transitorios de las células musculares o del tejido conectivo.

El hidrógeno es liberado en distintos estadios de la glucólisis y se tranfiere a otro sistema metabólico, la cadena de transporte de electrones, que emplea las proteínas que contienen hierro, llamadas citocromos (localizados en la membrana mitocondrial), y produce ATP-sintetasa. El oxígeno se combina finalmente con este hidrógeno para formar agua, un producto derivado principal del metabolismo, así como dióxido de carbono, producido en procesos tales como el ciclo de Krebs (fig. 1.28).

El lactato no se acumula de forma significativa hasta que la intensidad del ejercicio alcanza el 55% de la capacidad máxima del metabolismo oxidativo de una persona desentrenada. El ritmo de acumulación de lactato excede ahora al ritmo de eliminación y se manifiestan los primeros síntomas de cansancio. La intensidad del ejercicio tiene que decrecer si se quiere continuar la actividad. El punto durante el cual se produce esto, conocido como umbral anaeróbico, se llama ahora umbral del lactato en la sangre (o punto de inflexión) o CALS (comiezo de la acumulación de lactato en la sangre).

La capacidad de los deportistas de fondo entrenados para trabajar a gran nivel de intensidad durante periodos prolongados se debe a que:

- este umbral se alcanza con un porcentaje más alto de la capacidad oxidativa (aerobia);
- el deportista se deshace del lactato con mayor rapidez o lo convierte en glucosa con mayor eficacia.

También se ha propuesto la teoría de que el lactato situado en una región de los músculos activos de los deportistas entrenados puede ser oxidado en los mismos músculos o en otros vecinos menos activos.

El Sistema de energía a largo plazo

El sistema de energía a largo plazo («aerobio») participa en el metabolismo en condiciones oxidativas y, como ya se expuso con anterioridad, emplea tanto hidratos de carbono como grasas para producir el ATP necesario para la liberación de energía en los músculos. Puesto que todos los hidratos de carbono se convierten finalmente en glucosa, hay que entender el metabolismo de los hidratos de carbono como un metabolismo de la glucosa, tema del que ya se habló.

Las proteínas también se emplean a veces como fuente de energía. Después de la ingestión, los aminoácidos de las proteínas quedan libres de los grupos aminos (NH_2) mediante un proceso llamado desaminación y se convierten en piruvato u otras sustancias (cetoácidos) que pueden entrar en el ciclo de Krebs (fig. 1.31).

Las grasas neutras (o lípidos) que actúan como fuente de energía son los triglicéridos que constan de una molécula de glicerol a la que se adhieren tres moléculas de ácidos grasos. El proceso conocido como lipólisis (lipo significa «grasa»; y -lisis, «disolución») descompone los triglicéridos en los ácidos grasos que los constituyen y en glicerol, mediante una serie de procesos bioquímicos que finalmente producen acetil-CoA para penetrar en el

Urheberrechtlich geschütztes Material

ciclo de Krebs. Después de su procesamiento por medio de otros mecanismos, las moléculas de glicerol se convierten en glucosa o se introducen en el ciclo de Krebs.

Se ha dicho que las «grasas se consumen en una llama de hidratos de carbono» porque la combustión de grasas en el cuerpo depende de un aporte adecuado de hidratos de carbono. Cuando se produce una deficiencia de hidratos de carbono, la oxidación de grasas es incompleta y el hígado convierte la acetil-CoA en productos derivados llamados cetonas, que se liberan en la corriente sanguínea. Si estas cetonas se acumulan con mayor rapidez que su consumo como energía para las células y se excretan grandes cantidades en la orina, se produce la cetosis. Puesto que las cetonas suelen tener gran poder acidificador, la acidez de la sangre aumenta de forma acusada y la acidosis metabólica resulta evidente. El aliento del deportista despide un olor afrutado (o a barniz de uñas) a medida que la acetona se libera en los pulmones y la respiración se acelera. Los casos graves de acidosis metabólica que no se tratan pueden derivar en coma o en la muerte.

Resulta interesante que las grasas sean preferidas como energía para el hígado y los músculos cuando estos están en reposo. De manera más específica, el metabolismo de las grasas aporta en torno a dos tercios de la energía que necesitamos en reposo. También se convierten en una fuente importante de energía a medida que aumenta la duración del ejercicio, pues éste disminuye los niveles de insulina y aumenta los niveles de adrenalina. Por el contrario, un aporte grande de hidratos de carbono, en particular azúcares simples como la glucosa, produce el «shock insulínico» del que hablamos con anterioridad e inhibe la oxidación de grasas.

Aunque 1 gramo de grasa contiene más del doble de energía que 1 gramo de hidratos de carbono, el metabolismo de la grasa requiere más oxígeno que el metabolismo de los hidratos de carbono. En reposo, esto no supone una limitación a la producción de ATP, pero, cuando la intensidad del ejercicio aumenta, también aumenta el papel del glucógeno como fuente primaria de energía. Hay un límite al volumen máximo de oxígeno que el cuerpo puede emplear por unidad de tiempo, por lo que es lógico que la producción de energía implique procesos que hagan un empleo más eficaz del oxígeno.

Implicaciones del acondicionamiento físico

El tema de la bioenergenética se inició con una definición de lo que era la forma física; ahora es conveniente estudiar las implicaciones que la información que hemos aportado tiene en la mejora de los componentes que fundamentan la forma física: la fuerza, la resistencia muscular, la velocidad y la resistencia cardiovascular. El análisis precedente ha demostrado que el desarrollo de un componente de la forma física específica depende del ajuste de la intensidad, volumen y tipo de entrenamiento. Por lo general, la potencia y la fuerza dependen mucho del sistema de fosfágeno de alta energía; la resistencia muscular, del sistema glucolítico libre de oxígeno, y la resistencia cardiovascular, del sistema de energía dependiente del oxígeno.

Las contracciones musculares máximas, características de la potencia máxima desarrollada en un período que puede durar una fracción de segundo dependen por completo del ATP almacenado. Este proceso no aumenta los niveles de lactato en la sangre y la limitación al esfuerzo continuado viene impuesta en gran medida por la disponibilidad del ATP.

Tras unos segundos, la PC pasa a depender del reabastecimiento del ATP, cuya disminución es cada vez más rápida. La contribución de la PC alcanza un pico tras 5-7 segundos, durante los cuales ya ha comenzado la glucólisis libre de oxígeno (fig. 1.32). La extracción de energía a partir del sistema de la PC no permite un aumento del lactato y los protones, por lo que la limitación principal al esfuerzo continuado radica en la disponibilidad de

Urheberrechtlich geschütztes Material

la enzima (creatincinasa) que resintentiza el ATP (fig. 1.29). El desarrollo de la fuerza máxima ya no es posible por más tiempo y la resistencia muscular se convierte en el componente dominante de la condición física.

El ejercicio intenso que dura aproximadamente entre 6 y 30 segundos activa al máximo la glucólisis independiente de oxígeno, pero el empleo de intervalos de descanso apropiados previene el aumento del nivel de lactato en la sangre. Ésta es la razón fundamental del valor de los intervalos y las carreras de fartlek, así como de los circuitos de entrenamiento con pesos o máquinas con intervalos. En las instalaciones del gimnasio, el desarrollo de la resistencia de grupos musculares específicos se ve facilitada por los CEI (circuitos de entrenamiento con intervalos) que permiten emplear cargas bastante pesadas, alternando con fases de descanso de 30-60 segundos entre las estaciones. Sin embargo, la naturaleza submáxima de la mayoría de los CEI no mejora suficientemente la fuerza y la potencia como para cubrir las necesidades específicas de los deportes de fuerza y velocidad, excepto, tal vez, durante el comienzo del período de pretemporada.

La glucólisis libre de oxígeno alcanza un pico maximo al cabo de unos 30-40 segundos y, tras 90-120 segundos, su contribución es mínima, siendo reemplazada por la glucólisis dependiente de oxígeno (fig. 1.32). Este proceso se convierte en el principal productor de energía en todas las actividades de intensidad baja y larga duración como el ciclismo y las carreras de fondo. Cuando la intensidad del ejercicio se mantiene por debajo del punto de inflexión del lactato en la sangre, el lactato y los protones se eliminan al mismo ritmo que el de su producción, por lo que es posible una actividad muscular prolongada.

En las tablas 1.3 y 1.4 se resumen las contribuciones de los distintos sistemas de energía en distintas actividades físicas en un intento por servir de guía a quienquiera que intente diseñar ejercicios para el entrenamiento de un deporte específico con el fin de acomodarse a los requisitos apropiados de cada deporte. Hay que señalar que las cifras para pruebas de mayor duración, como las carreras de 1.500 m, han sido modificadas recientemente por distintos investigadores por lo que su fiabilidad tendría que ser revisada.

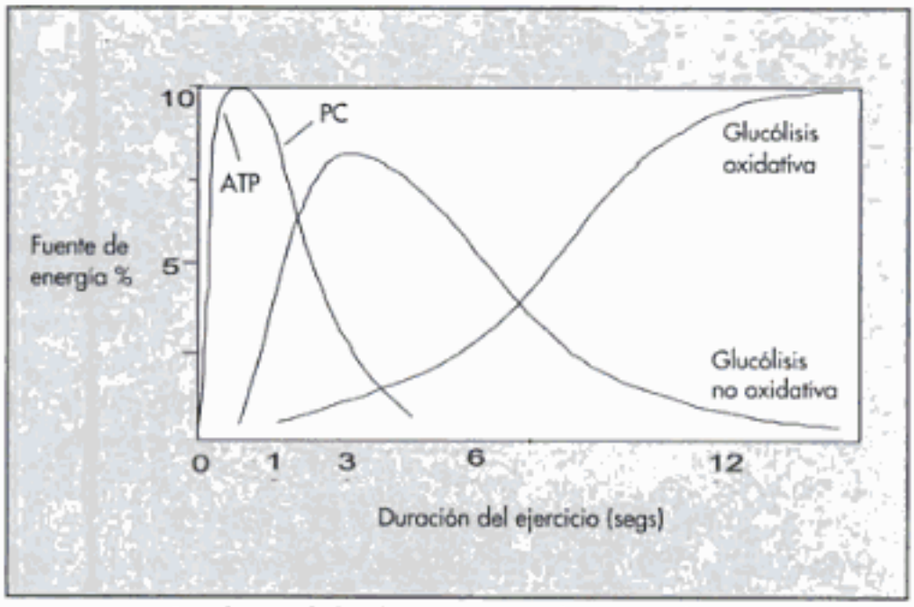


FIGURA 1.32 *Contribución de los distintos sistemas de energía al ejercicio de duración máxima cada vez mayor (de van Handel & Puhl. Clinics in Sport Medicine. 1983, 2: 19-30).*

La duración de este ejercicio depende en último término de la cantidad de glucógeno almacenada en el hígado y en los músculos esqueléticos, así como de la eficacia en la derivación de energía a partir de los ácidos grasos. El almacenamiento de glucógeno suele mejorar mediante «cargas de carbono» que se producen al cabo de unos días de depleción moderada de hidratos de carbono seguida de un consumo grande de hidratos de carbono antes de una prueba y con el fin de favorecer la supercompensación de glucógeno.

Urheberrechtlich geschütztes Material

Las investigaciones demuestran que el ritmo de síntesis de glucógeno después de un ejercicio de resistencia se ve muy influido por la regulación de la ingesta de hidratos de carbono (Ivy et al., 1988). Se descubrió que beber una solución con un 23% de hidratos de carbono (2 g por kilogramo de masa corporal) en vez de agua después del ejercicio producía un aumento del 300% en el ritmo de síntesis de glucógeno por encima de la frecuencia basal durante las dos primeras horas de la recuperación. Un retraso en la ingestión de hidratos de carbono de sólo 2 horas supuso un ritmo de resíntesis un 47% más lento.

Esto pone de manifiesto que el acondicionamiento físico eficaz es consecuencia de una nutrición equilibrada que se combina con un programa de ejercicios de intensidad, volumen y tipo apropiados, cuidadosamente periodizados a lo largo de un período prolongado que incluye fases adecuadas de recuperación para regenerar las reservas de energía, reparar las células y favorecer la supercompensación.

Los factores hormonales y el entrenamiento de la fuerza

Tanto el ejercicio a corto como a largo plazo influye en el sistema endocrino, registrándose un descenso de los niveles de testosterona en los deportistas de fondo e incrementos en ciertos deportistas que siguen un entrenamiento contra resistencias (ver revisión de Terjung, 1979). Las implicaciones de estos hallazgos tienen importancia para el entrenamiento de la fuerza y la hipertrofia, ya que ambos factores se ven afectados de forma positiva por los niveles en la sangre de sustancias que favorecen el crecimiento, como la testosterona. Ésta es la razón principal de que el abuso de sustancias anabólicas artificiales esté tan extendido en el mundo del deporte.

En algunos estudios sobre programas de entrenamiento se han obtenido resultados equívocos, en gran medida debido a la dificultad hallada para prescribir el ejercicio con exactitud en lo referente a la intensidad, volumen, períodos de descanso y periodización a largo plazo. Se ha demostrado que el entrenamiento de la fuerza a corto plazo no produce cambios en el nivel de hormonas anabólicas-androgénicas en el cuerpo (Young et al., 1976; Hetrick & Wilmore, 1979), si bien un entrenamiento intenso de la fuerza máxima en un período de unas 20 semanas ha producido un aumento de la relación entre la testosterona y el corticol (Häkkinen, 1985). Esto demuestra el incremento de la actividad anabólica estimulada mediante un entrenamiento de la fuerza prolongado y de intensidad óptima. Esta relación se considera un indicador útil del crecimiento, porque la testosterona se relaciona con la estimulación del crecimiento, mientras que los glucocorticoides como el cortisol tienen un efecto catabólico sobre los tejidos.

Los períodos más largos de entrenamiento intenso de la fuerza tienden a estabilizar la relación testosterona/cortisol en cierto nivel de meseta, aunque se producen grandes variaciones a nivel individual, ganando algunos deportistas fuerza y perdiéndola otros (Häkkinen, 1985). Sin embargo, en todos los casos, los incrementos de la fuerza se relacionan directamente con valores altos en la relación testosterona/cortisol. Otros estudios han demostrado la existencia de cambios a corto plazo en esta relación como respuesta a un entrenamiento fuerte de resistencia, con un pico que se alcanza después de 45 minutos de entrenamiento. Este hallazgo lleva a respaldar el programa ruso y de otros países del Este según el cual se emplean varias sesiones cortas de entrenamiento por día entremezcladas con períodos de descanso para facilitar la recuperación de la capacidad de trabajo para cada módulo intenso de unos cuantos ejercicios de fuerza bien elegidos.

LA ADAPTACIÓN Y EL EFECTO DEL ENTRENAMIENTO

El fenómeno del aumento de la fuerza y otros factores de la condición física como respuesta al

Urheberrechtlich geschütztes Material

entrenamiento son una prueba clara de la adaptación biológica al esfuerzo. De hecho, la condición física se puede definir como la capacidad del cuerpo para realizar una tarea específica en condiciones específicas, en donde la tarea se caracteriza por una serie de elementos que imponen una tensión física y psicológica concreta. El entrenamiento también puede definirse inicialmente como el proceso consistente en imponer una carga física de forma concreta para conseguir un tipo específico de condición física. Hay que apreciar que el concepto de condición física no sólo se relaciona con la capacidad del deportista para realizar con eficacia y seguridad el ejercicio. Hay que distinguir entre los factores relacionados como la capacidad de trabajo y la condición física y la preparación, de la que ya se habló con anterioridad. El entrenamiento y los factores medioambientales afectan a todas estas facultades y el modelo tratado aquí se relaciona con todos ellos. Como ya se dijo con anterioridad, el entrenamiento es muy específico en relación con los métodos que se emplean, hecho que queda recogido en la formulación del principio de la AEEI (adaptación específica a exigencias impuestas). Esto significa que el cuerpo se adapta mediante un tipo específico de condición física a las exigencias que de forma habitual se le imponen, siempre y cuando la carga no exceda las capacidades de adaptación del cuerpo en ese momento dado.

EL EFECTO DEL ESTRÉS

La naturaleza y los efectos del estrés fueron estudiados por Hans Selye, quien diseñó un modelo general para describir la respuesta de los sistemas vivos a las fuentes de estrés en el medio ambiente. Este modelo, que denominó síndrome de adaptación general (SAG), se ha empleado ampliamente para explicar el proceso del desarrollo de la fuerza y se resume aquí sobre todo debido a su importancia histórica y a su impacto inicial sobre la teoría del entrenamiento.

Selye identificó dos formas de estrés: un estrés beneficioso que produce crecimiento, y un estrés perjudicial que provoca decadencia, daños, enfermedad o muerte (fig. 1.33). El entrenamiento bien planificado se caracteriza por la acción continuada de procesos de estrés beneficioso, mientras que el estancamiento, la sensibilidad dolorosa y las lesiones leves pero persistentes son indicadores iniciales de un estrés perjudicial. Más adelante veremos que el modelo de entrenamiento de dos factores describe este proceso como una consecuencia de la situación en la que el factor del cansancio tiende a prevalecer sobre el factor de la forma física en los períodos prolongados.

Aunque el modelo de Selye se ha aplicado recientemente para explicar la adaptación deportiva y la supercompensación, el concepto de la supercompensación (la Ley de Weigert) ya fue formulado al menos una década antes del estudio de Selye (Folbort, 1941). Además, Yakolev (1955) ya estudió a comienzos de la década de 1950 la relación entre la adaptación y los procesos de recuperación y agotamiento con distintos tipos de carga.

EL SÍNDROME DE ADAPTACIÓN GENERAL

La teoría de Selye postula que todos los animales expuestos a períodos de estrés sobrellevan tres

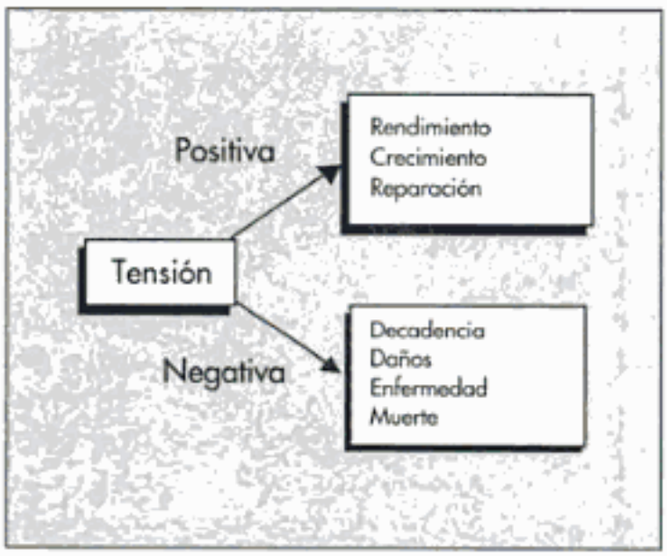


FIGURA 1.33 *Distintos tipos de tensión y sus posibles consecuencias (según Selye).*

Urheberrechtlich geschütztes Material

fases dentro del SAG: alarma inicial, resistencia y agotamiento. La energía necesaria para la resistencia o la adaptación procede de la fuente disponible de energía de adaptación superficial o la fuente de emergencia de energía de adaptación profunda, según el nivel de agotamiento o depleción de la energía en un momento dado. En los estudios rusos, la primera de estas energías se refiere a las reservas actuales de adaptación (RAA), término que usaremos ampliamente en secciones posteriores de este libro. La capacidad de estas reservas no es fija, sino que sufre alteraciones como respuesta a las exigencias impuestas sobre ellas a través de un estrés como el del entrenamiento. La importancia de esto se verá clara cuando se trate el concepto de la supercompensación y sus aplicaciones en la consecución de un efecto de entrenamiento.

El estadio inicial del modelo puede denominarse con el término respuesta de, huida, lucha o inmovilidad (parálisis), durante la cual el cuerpo experimenta una reducción temporal de su capacidad para superar un elemento que crea un estrés. Los sistemas de retroalimentación del cuerpo mandan señales con rapidez para oponer resistencia de forma concreta mediante la utilización de procesos, sistemas y fuentes de energía apropiados. El entrenamiento puede describirse como el proceso mediante el cual el cuerpo se ve expuesto sistemáticamente a una serie dada de elementos de estrés para que pueda superar futuras exposiciones a dichos elementos. Esta definición implica que el proceso del entrenamiento permite a los sistemas esenciales del cuerpo recuperarse y crecer durante las fases de descanso que siguen al agotamiento.

El entrenamiento de la fuerza debe referirse a aquel entrenamiento que le permita al cuerpo que sus músculos aumenten la producción de fuerza general, siendo aplicables definiciones parecidas a todos los tipos de entrenamiento. Las formas relacionadas con la fuerza de la forma física requieren que el cuerpo resista bien grandes intensidades en un espacio de tiempo concreto, mientras que las formas relacionadas con la resistencia de la forma física requieren que el cuerpo aguante intensidades más bajas de estrés durante períodos prolongados.

Las investigaciones y la experiencia en el deporte señalan que el modelo del SAG tiene que modificarse para que tenga en cuenta el hecho de que el entrenamiento (p. ej., una exposición regular y planificada a elementos de estrés específicos) puede permitir adaptarse a niveles cada vez mayores de estrés mediante distintos cambios estructurales y funcionales. Esto es lo que en los estudios sobre la fuerza se denomina sobrecarga progresiva. Sin embargo, es inapropiado aplicar este principio al pie de la letra, porque las investigaciones han demostrado que las mejoras óptimas son aquellas que se producen cuando las fases de incremento de la carga alternan periódicamente con la disminución de las fases de carga (ver cap. 6). Cuando se aplican incrementos continuos (sin decremento) de una sesión a otra o de una semana a otra, se puede producir un sobreentrenamiento, un proceso de estancamiento o la aparición de lesiones. Es de vital importancia recordar que la reparación y el crecimiento tisulares se producen sobre todo durante los períodos de recuperación y transición entre las sesiones de entrenamiento y no durante las fases de cargas fuertes.

También se deduce de esto que los procesos de adaptación aparentemente no impiden que los procesos corporales produzcan siempre el mismo nivel máximo predeterminado de resistencia. Se ha esbozado la hipótesis de que provocan la sobreadaptación o supercompensación del cuerpo a un nivel algo superior como anticipación fisiológica de la exposición repetida al mismo elemento de estrés (fig. 1.34).

Esta supercompensación se relaciona con un incremento de la capacidad de las Reservas actuales de adaptación (RAA) y se considera la base de todos los métodos para programar el entrenamiento (cap. 6). A nivel nutricional, el famoso método consistente en aumentar las reservas corporales de glu-

Urheberrechtlich geschütztes Material

cógeno con un incremento significativo del aporte de hidratos de carbono después de un estadio de agotamiento de entrenamiento aerobio puede denominarse «supercompensación de glucógeno». A diferencia del proceso de la mejora de la considición física, los períodos sucesivos de «cargas de carbono» no producen un incremento progresivo de las reservas de glucógeno. También hay que señalar que la mejora del rendimiento no es sólo resultado del aumento de las reservas de sustancias bioenergéticas, sino también de cambios estructurales en los músculos y otros tejidos, así como de la mejora de la eficacia y del ritmo de procesamiento neuromuscular y bioenergético. Ésta es una razón principal por la que los científicos rusos prefieren emplear el término reconstrucción adaptativa para describir la respuesta del cuerpo al entrenamiento físico.

A pesar de estos defectos, la teoría de la supercompensación tuvo un profundo impacto sobre el entrenamiento deportivo, porque podía relacionarse con rapidez con el sistema de acondicionamiento cíclico cuidadosamente planificado y conocido como periodización (cap. 6). La periodización comprende la organización de todos los componentes del entrenamiento (como la fuerza, la fuerza-velocidad, la resistencia cardiovascular y la fuerza-resistencia) en fases secuenciadas cuidadosamente (microciclos, mesociclos y macrociclos) de intensidad y volumen bajos, medios o altos, y una recuperación continua para que el deportista pueda alcanzar unos objetivos específicos de rendimiento en competiciones dadas y dentro de un período de tiempo prolongado.

Tanto la teoría de Selye como el principio de la periodización coinciden en que la planificación de cada ciclo y sesión de entrenamiento depende de la imposición óptima de cargas repetidas de intensidad y volumen apropiadas con un tiempo de recuperación adecuado entre los estímulos del entrenamiento. Si el estímulo del entrenamiento es inadecuado, la respuesta de alarma será mínima y el cuerpo no sentirá la necesidad de proceder con un proceso de supercompensación o reconstrucción adaptativa, como se verá en «Bioquímica de la adaptación en el deporte».

Reconstrucción adaptativa frente a la supercompensación

Como ya se hizo hincapié con anterioridad, es preferible emplear un término como reconstrucción adaptativa que otro como supercompensación cuando nos referimos a la adaptación del cuerpo a las cargas del entrenamiento. Así pues, aunque los sistemas de energía o las reservas de adaptación parezcan haberse adaptado, compensado o sobrecompensado en su magnitud, se producen mediante el entrenamiento cambios tróficos y de otro tipo que no están relacionados directamente con los cambios en el tamaño de las reservas de energía. El entrenamiento provoca cambios del tejido muscular

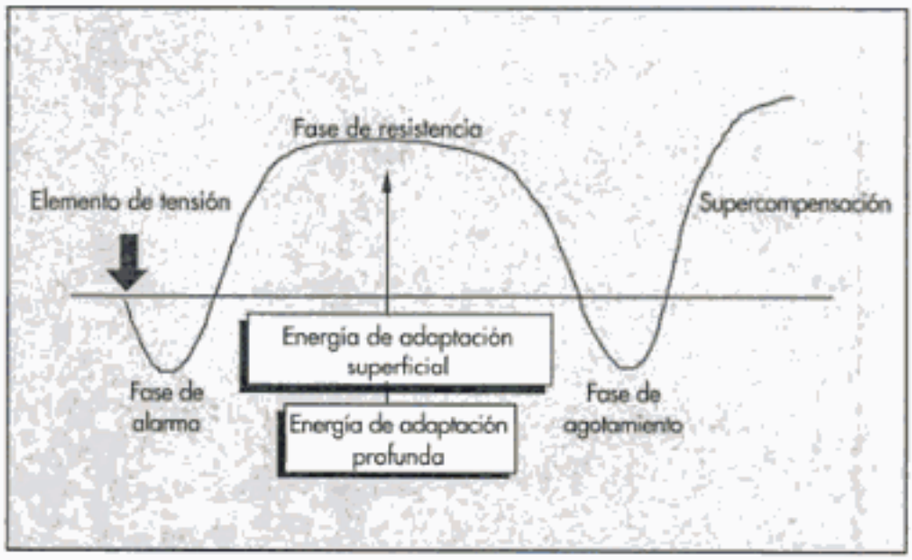


FIGURA 1.34 *Modelo del síndrome de adaptación general de Selye. La energía de adaptación profunda a menudo se refiere a las reservas actuales de adaptación (RAA) entre los autores rusos.*

y del tejido conectivo como son la hipertrofia tisular, la alteración de las características de las fibras musculares, la intesificación de la síntesis de proteínas, la activación del aparato genético de las células musculares y el aumento del ritmo de liberación de energía, todos los cuales ya han sido tratados. La mayoría de estos cambios se estudiarán en detalle en la siguiente sección para poder presentar otros modelos de entrenamiento a lo largo del libro.

Bioquímica de la adaptación en el deporte

La adaptación depende sobre todo de la interrelación entre la función de una célula y su aparato genético, lo cual constituye el mecanismo siempre activo de la regulación intracelular.

A diferencia de las reacciones de adaptación inmediata, el proceso de la adaptación prolongada a una actividad muscular sistemática suele consistir en la intensificación de los procesos biosintéticos, sobre todo los de la síntesis de proteínas, así como en la aparición de cambios estructurales acusados de los tejidos.

El empleo de aminoácidos marcados con sustancias radiactivas ha revelado que el entrenamiento intensifica la síntesis de proteínas en las miofibrillas, mitocondrias, sarcoplasmas y microsomas de los músculos esqueléticos y del corazón (Platonov, 1988). La síntesis de los precusores del ADN y del ARN también se intensifica, lo cual manifiesta la activación del sistema genético de las células musculares, a la vez que la síntesis del ARN en el músculo cardíaco también se incrementa durante el entrenamiento. En este sentido, se produce un aumento de la actividad de las enzimas que son componentes estructurales de la síntesis de ácidos nucleicos.

El entrenamiento intensifica la formación de todo tipo de material celular incluidas las mitocondrias, las proteínas miofibrilares, el retículo endoplasmático y las distintas enzimas. También aumenta el espesor de las motoneuronas y el número de ramificaciones nerviosas terminales; al igual que el número de núcleos y miofibrillas en las fibras musculares. Además de la intensificación de la síntesis de proteínas estructurales, aumenta la síntesis de proteínas enzimáticas (sobre todo aspartato-aminotransferasa musculoesquelética) durante el entrenamiento.

Los nucleótidos (ADP, AMP, adenosínmonofosfato), la creatina, el fosfato inorgánico y algunos aminoácidos, así como las proporciones (ratios) ADP/ATP y creatina/PC, desempeñan un papel importante en la activación de la síntesis proteica provocada por el entrenamiento. Parece ser que la acumulación de metabolitos formados durante la actividad muscular, así como el descenso de los niveles de ATP y PC, podría señalar la activación del sistema genético de las células musculares. El cambio operado en el metabolismo de las hormonas como los glucocorticoides, somatropinas, andrógenos, insulina y hormonas tiroideas es muy importante para la intensificación de la síntesis de proteínas durante el entrenamiento. Por tanto, la síntesis adaptativa de proteínas como resultado del entrenamiento está inducida tanto por los componentes hormonales como por los componentes no hormonales.

El proceso general consistente en la intensificación de la biosíntesis adaptativa enzimática y estructural que conduce finalmente a su supercompensación es muy importante para la adaptación bioquímica durante el entrenamiento con cargas físicas.

En los músculos esqueléticos, el entrenamiento aumenta los niveles de sustratos de energía (glucógeno, PC y creatina), proteínas musculares (p. ej., miosina, actomisoina, proteínas sarcoplasmáticas y mitocondriales), fosfolípidos, vitaminas, minerales (p. ej., hierro, calcio, magnesio) y nucleótidos (Platonov, 1988).

Sin embargo, la concentración de ATP no aumenta bajo la influencia del entrenamiento, probablemente debido al metabolismo acelerado del ATP de los músculos, que implica la intensificación de su

Urheberrechtlich geschütztes Material

síntesis y su descomposición. El aumento de la actividad de cierto número de enzimas que catalizan la reacción metabólica de energía es un componente integral de la adaptación bioquímica durante el entrenamiento, sobre todo la actividad de las enzimas glucolíticas (p. ej., hexocinasa, fosforilasa y piruvatocinasa) y las enzimas en la resíntesis oxidativa del ATP.

Por tanto, y como resultado del entrenamiento, se produce la supercompensación de algunas de las fuentes de energía, aumenta la actividad de las enzimas y cambian las proporciones de la actividad entre los sistemas de enzimas. A su vez, el estado de la supercompensación de la energía sirve como punto inicial para la intensificación de la síntesis proteica de adaptación, que requiere gran cantidad de ATP.

Especificidad de la adaptación bioquímica

La adaptación biomecánica no es simplemente una respuesta generalizada y sumada de sistemas físicos al estrés del entrenamiento. Muchos componentes y procesos del sistema muscular despliegan una especificidad clara de adaptación a la carga, como ya se trató con anterioridad en detalle (1.15).

Secuencia de cambios bioquímicos durante el entrenamiento

Los múltiples cambios bioquímicos que tienen lugar en el cuerpo durante y después del entrenamiento (así como en el sobreentrenamiento) no se producen de forma simultánea. Se observa una secuencia definida en la adaptación bioquímica al entrenamiento (Platonov, 1988). Primero, aumenta el potencial de resíntesis oxidativa del ATP y el nivel de glucógeno. A continuación, se produce un aumento del nivel de proteínas estructurales en los músculos (miosina) y en la intensidad de la resíntesis no oxidativa del ATP (glucólisis), tras lo cual aumenta el nivel de PC.

En el sobreentrenamiento, los cambios típicos en la adaptación bioquímica adquirida durante el entrenamiento se pierden de forma gradual y también disminuye la capacidad de trabajo. Los índices bioquímicos durante el sobreentrenamiento cambian de forma que se aprecia un orden inverso durante el entrenamiento. Naturalmente, la dinámica del desarrollo y pérdida de los cambios bioquímicos de la adaptación dependen de las características del entrenamiento previo. Por lo general, cuanto más largo es el período de entrenamiento, más profunda es la reorganización mediante los mecanismos de adaptación y más duraderos son los cambios bioquímicos en el cuerpo después de cesar el entrenamiento, sobre todo en lo que se refiere a los niveles de glucógeno y PC. Por tanto, los cambios bioquímicos que se producen durante la adaptación inmediata y a largo plazo en la actividad muscular sistemática son reversibles, siendo heterócrono el proceso del desarrollo directo e inverso de estos cambios.

Durante el sobreentrenamiento, se ve alterada la química de los músculos y, por encima de todo, la de los procesos oxidativos. Disminuye la actividad glucogenolítica del tejido muscular y disminuyen los niveles de ácido ascórbico, glutatión y glucógeno (Platonov, 1988). Se aprecia disproteinemia en el plasma sanguíneo, y se produce un aumento en la sangre de los niveles de glucoproteínas, ácidos siálicos y urea. Cuando el cansancio es crónico y prolongado, los deportistas experimentan una reducción del potencial funcional del sistema simpaticoadrenal, que está muy vinculado con el trastorno del equilibrio ácido-base.

Cuando las cargas del entrenamiento exceden el potencial de adaptación del cuerpo y provocan cansancio, se produce otro tipo de reacción del sistema nervioso simpático: en las pruebas de resistencia que generan cansancio, el que se haya empleado previamente una carga física de poca importancia provoca un aumento acusado en la excreción de catecolaminas, de sus precusores biológicos y de los productos de la degradación; p. ej., se produce una reacción hormonal concreta a la carga de prue-

Urheberrechtlich geschütztes Material

ba. Está claro que los cambios bioquímicos arriba mencionados y que se producen durante el sobreentrenamiento ejercen una influencia desfavorable sobre la capacidad de trabajo y el nivel de los resultados deportivos.

Las reglas bioquímicas que rigen la adaptación corporal se emplean para verificar varios principios del entrenamiento deportivo como la continuidad del proceso de entrenamiento, la naturaleza ondulatoria de la dinámica de las cargas, la naturaleza cíclica del proceso de entrenamiento, la unidad de la preparación general y especial, el incremento gradual de la carga y la progresión hacia una carga máxima.

Una única carga física puede causar un efecto bioquímico inmediato, pero desaparece con rapidez. Cuando se aplica una carga física después de que las huellas del efecto de adaptación de la primera carga han desaparecido por completo, no se produce la suma de los cambios bioquímicos. Por tanto, el proceso de entrenamiento debe ser repetitivo para desarrollar cambios progresivos a largo plazo en las reservas de energía y en los sistemas que regulan el metabolismo.

El empleo científicamente sostenido de regímenes de entrenamiento diversificados para alternar trabajo y descanso ha sido posible gracias a la combinación creativa de estos principios bioquímicos. a los logros de la pedagogía deportiva y a la experiencia de los entrenadores. La necesidad de incrementar las cargas y avanzar hasta alcanzar una carga máxima se basa en la tesis de que las cargas físicas que tienen más poder para interrumpir la homeostasis producen el mayor efecto de entrenamiento.

Los cambios bioquímicos provocados por una carga física justo antes de realizarse (efecto inmediato del entrenamiento – ver cap. 6) son capaces de activar el sistema genético de las células. Cuando estas cargas físicas se repiten sistemáticamente, se produce una acumulación de los efectos inmediatos del entrenamiento, que asegura su transferencia a la adaptación a largo plazo (el efecto acumulativo del entrenamiento – ver cap. 6). Por tanto, se pueden identificar los fundamentos importantes de la adaptación bioquímica de un cuerpo entrenado:

1. Mejora de los mecanismos de los sistemas nervioso, endocrino y de adenilciclasa para aumentar la eficacia de la regulación metabólica.
2. Biosíntesis adaptativa de las proteínas enzimáticas y estructurales.
3. Supercompensación de las sustancias energéticas y las proteínas.

Todo esto indica que se producen cambios significativos en el metabolismo del cuerpo durante el entrenamiento. A medida que se realiza el trabajo muscular, se intensifica el catabolismo, si bien durante el período de recuperación se intensifican los procesos anabólicos.

Todos estos cambios están estrechamente relacionados con la nutrición. El aumento del consumo de energía durante la actividad muscular exige una recuperación adecuada de ésta; el aumento de la necesidad de vitamimas exige un aumento de la ingesta de ellas; y el aumento de la pérdida de minerales durante la realización de actividades deportivas precisa de una compensación.

También surge cierto número de problemas específicos: la nutrición durante los períodos largos y durante los estadios de recuperación; la frecuencia con que se alimenta un deportista; y la adición de productos nutritivos enriquecidos biológicamente. La planificación de dietas para deportistas también exige un nuevo enfoque para organizar la nutrición en estadios diferentes del ciclo anual del entrenamiento y las competiciones, sobre todo por lo que respecta a las cantidades de los componentes de la comida, la interacción entre los distintos nutrientes y el momento óptimo para la ingestión de sustancias específicas (crononutrición). Debemos conseguir una correspondencia máxima entre todos los objetivos del entrenamiento deportivo y el efecto

Urheberrechtlich geschütztes Material

de la dieta sobre el cuerpo. En este sentido, los procesos bioquímicos que subyacen en el entrenamiento deportivo forman la base teórica de la nutrición científica para el deporte.

TEORÍAS GENERALES SOBRE EL PROCESO DE ENTRENAMIENTO

Con anterioridad se ha afirmado que casi todos los regímenes de entrenamiento con resistencias pueden tener éxito cuando se aplican a un principiante, pero que, a largo plazo, el cuerpo se habitúa al estímulo, el progreso se enlentece, se produce un estancamiento y empeora el rendimiento (fig. 1.35). Las ventajas apreciadas en la fuerza son rápidas durante los primeros meses, luego sigue un período de varios meses en que el rendimiento es bastante estable, hasta que aparece el estancamiento, sobre todo cuando se hace un empleo inexperto de cargas progresivas y se introduce una variedad de entrenamiento inadecuada. Finalmente, el deportista se muestra incapaz de mantener la motivación y la estimulación del sistema nervioso central para hacer nuevos progresos.

Este proceso completo de adaptación o incapacidad para adaptarse al entrenamiento físico se ha explicado mediante dos modelos teóricos:

- Modelo unifactorial del entrenamiento (el modelo de la supercompensación).
- Modelo bifactorial del entrenamiento (el modelo de la forma física-cansancio).

Modelo unifactorial del entrenamiento

El modelo unifactorial se comprende mejor a la luz del modelo del SAG de Selye, sobre el que se sientan las bases teóricas del principio de la supercompensación (fig. 1.36) y mediante el cual los procesos corporales se adaptan hipotéticamente a un nivel más alto de funcionamiento como respuesta a repetido estrés físico en el entrenamiento. Se supone que el efecto retardado inmediato del entrenamiento conlleva la depleción de ciertas sustancias bioquímicas cuya cantidad aumenta por encima de los niveles iniciales durante el período de entrenamiento. Si se impone una carga subsiguiente demasiado pronto durante el estadio de recuperación (en el punto A), no se produce la supercompensación y el rendimiento sigue empeorando (fig. 1.36).

Si se sigue un enfoque conservador y las sucesivas series de carga son demasiado poco frecuentes o se imponen demasiado tarde (en el punto C), entonces la supercompensación es mínima y el rendimiento tiende a estancarse (fig. 136). La carga es óptima cuando la supercompensación ha alcanzado un pico (en el punto B) y esto permite aumentar la carga de forma regular sin causar estancamientos o sobrecargas (fig. 1.36). Este principio constituye la base para un diseño correcto de las cargas y volúmenes de entrenamiento a nivel del microciclo (en torno a una semana), el mesociclo (varios meses) y el macrociclo (en torno a un año),

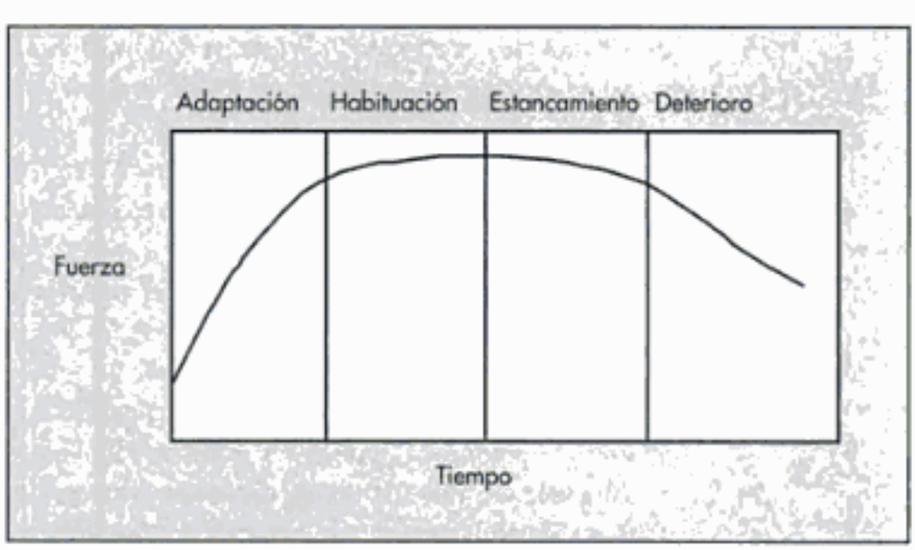


FIGURA 1.35 *Efecto de un entrenamiento de resistencia aleatorio y ocasional a largo plazo.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

con lo cual fundamenta el principio del entrenamiento a largo plazo definido antes como periodización. Aunque el modelo de la supercompensación ha estado de moda durante muchos años entre científicos y entrenadores, sus fundamentos teóricos no han sido estudiados o probados del todo. La depleción del glucógeno después de realizar tipos específicos de entrenamiento, así como el proceso de carga de hidratos de carbono que conlleva el aumento de la reserva de glucógeno en el cuerpo, han sido medidos experimentalmente, pero no se ha observado que se produzcan sobre la base continuada de una sesión de entrenamiento a otra ni que esto genere una supercompensación del glucógeno a largo plazo. Al contrario, nunca se ha demostrado que los niveles de ATP sufran una depleción significativa, incluso después de un ejercicio muy intenso. No se ha observado todavía que se produzca una supercompensación en ningún otro producto bioquímico envuelto en los distintos procesos bioenergéticos del cuerpo. Además, la vuelta a los niveles iniciales de cada una de estas sustancias después de que se hayan observado cambios motivados por el esfuerzo físico lleva distintos períodos de tiempo, por lo que sigue sin determinarse la correspondencia en el tiempo de las cargas subsiguientes cuya misión es estimular un tipo de supercompensación apropiada.

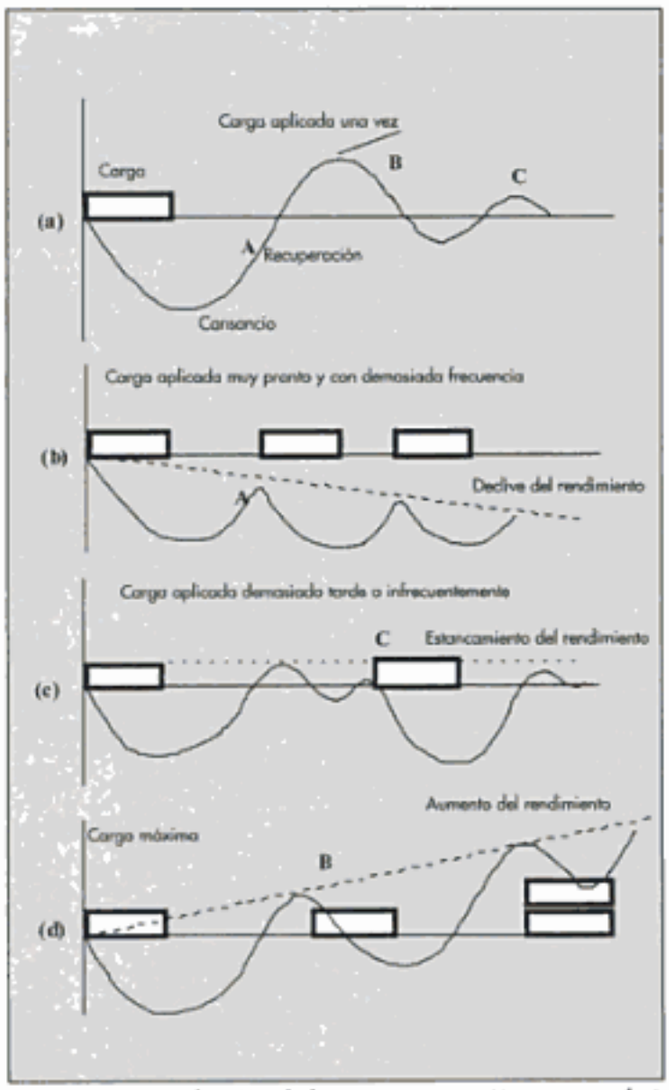


FIGURA 1.36 *Aplicación de la supercompensación para producir un entrenamiento óptimo.*

Además, en la sección previa se han tratado distintos factores estructurales y bioquímicos relacionados con la adaptación del cuerpo al entrenamiento. Estos problemas que han surgido con la sencilla teoría de la supercompensación han provocado un aumento de las críticas y una disminución de la popularidad con la que se empleaba esta teoría para explicar el proceso del entrenamiento.

Modelo bifactorial del entrenamiento

El modelo bifactorial (o modelo de la forma física y el cansancio) del proceso de entrenamiento consiste en la superimposición de dos efectos retardados que siguen a la aplicación de una carga de entrenamiento (ver pag. 452 y sobre todo la figura 6.14), a la que se aludió antes en el trabajo de Yakolev:

- Un efecto retardado físico a largo plazo que produce un aumento de la forma física especial.
- Un efecto retardado de cansancio a corto plazo que produce un tipo específico de cansancio.

Estos efectos retardados interactúan y producen lo que se denomina la preparación física. El primer factor es un cambio lento y de duración prolongada que conlleva un incremento progresivo y retardado de la forma física, mientras que el efecto retardado

Urheberrechtlich geschütztes Material

del cansancio es un factor negativo de menor duración que disminuye la preparación física (fig. 1.34). El efecto del cansancio, si bien de duración bastante corta, despliega mayor magnitud que el efecto de la forma física. La preparación en un momento dado P(t) es la preparación inicial P(0) antes de la sesión de entrenamiento más la mejora en la preparación P, producida por la suma de los efectos retardados de la forma física y el cansancio (fig. 1.37).

Zatsiorski (1995) ha afirmado que, por lo que respecta a una sesión de entrenamiento de intensidad media, el efecto de entrenamiento puede durar grosso modo tres veces más que el efecto de cansancio. Por tanto, si las últimas huellas negativas del cansancio de una sesión de entrenamiento dado se han desvanecido a los 2 días, las huellas positivas sobre la forma física duran unos 6 días.

El concepto de entrenamiento con sobrecargas progresivas

El concepto de la sobrecarga progresiva probablemente ha proliferado con más fuerza que ningún otro principio del entrenamiento de la condición física. Este antiguo principio establece que la fuerza y todos los otros componentes de la condición física aumentan cuando el entrenamiento se vuelve gradualmente más exigente.

Se sabe que el héroe legendario griego Milón de Crotona comenzó levantando un ternero recién nacido, y, a medida que el ternero iba creciendo, Milón, que también crecía, tenía que levantar progresivamente una carga cada vez más pesada, hasta que finalmente llegó a levantar un buey adulto. Así es cómo, según la leyenda, Milón llegó a ser tan fuerte. Hoy en día, la mayoría de los deportistas siguen en esencia el mismo principio de entrenamiento conocido como sobrecarga progresiva o sobrecarga gradual progresiva.

Esta historia o el principio que subyace en el fondo aparecen en muchos libros sin ser objeto de un análisis crítico a pesar de que la metodología de la periodización entra en contradicción con este principio en muchos sentidos. La limitación más importante del principio de la sobrecarga gradual está clara y no es otra que el hecho de alcanzar un punto de estancamiento a pesar de que se aumente la carga. La curva del aumento del rendimiento se allana y se alcanza un límite al crecimiento. Este fenómeno es lo que impide que una misma persona rompa constantemente los récords mundiales.

Un examen más a fondo de la historia de Milón muestra que su final está incompleto. Milón, que era un hombre fuerte y emprendedor, habría querido seguir aumentando la fuerza levantado bueyes cada vez más pesados. Si hubiera progresado poco a poco, al final tendría que haber podido levantar más de 500 kg al cabo de unos años. De forma parecida, si uno comienza a ejercitarse con el press de banca con 60 kg a la edad de 16 años, y aumenta la carga a la semana, a la edad de 26 años tendría que estar levantando 580 kg y 1100 kg a los 36. Para todos está claro que esto no sucede así; dicho de otro modo, la sobrecarga progresiva produce una disminución que vuelve finalmente a un valor cero.

Las investigaciones y los registros clínicos también demuestran que las cargas más intensas producen un incremento de la frecuencia de las lesiones antes de alcanzar los límites físicos. Por esto, las investigaciones rusas han dado como resultado modelos de periodización que incluyen fases de disminución de la carga, de forma que la curva de la intensidad del entrenamiento sube y baja siguiendo una forma específica en cada deporte, observándose una tendencia general y gradual a aumentar dentro de un macrociclo dado. Las fases regulares de cargas menores se prescriben con el fin de favorecer la recuperación y el crecimiento, ya que el aumento de la carga se asocia con la tensión y descomposición de los teijidos, mientras que la disminución de la carga mejora la reparación y la recuperación.

Dicho de otro modo, el principio de la sobrecarga gradual debe entenderse como un sistema de sobrecarga fluctuante en el que no se producen aumentos constantes en la carga durante períodos prolonga-

Urheberrechtlich geschütztes Material

dos. La expresión aumento constante, tomada de las matemáticas, significa que se produce un aumento continuo sin ningún decrecimiento. Por tanto, el entrenamiento con aumento constante impone una carga que siempre va en aumento si bien no necesariamente al mismo ritmo todo el tiempo.

El ritmo de aumento puede ser rápido en ciertos momentos y lento en otros, pero la curva de la progresión nunca se hunde por debajo del nivel alcanzado en el estadio inicial (fig. 1.38). El entrenamiento discontinuo se caracteriza por una curva fluctuante que puede hundirse por debajo de los niveles alcanzados en los estadios iniciales del ciclo de entrenamiento (fig. 1.38).

El aspecto gradual del principio también requiere nuevos comentarios, ya que algunos modelos de periodización, como los de Vorobyev y Verkhoshansky, a veces conllevan fases de cargas bruscas o concentradas para conseguir un propósito específico en el entrenamiento o para sacar al cuerpo de un estado de estancamiento o habituación. Estos científicos son conscientes de que los incrementos repentinos en el ritmo de carga son potencialmente más peligrosos, pero nunca recomiendan estos regímenes sin tener muy en cuenta el estado de preparación de cada deportista a nivel individual.

En resumidas cuentas, el principio de la sobrecarga gradual se aplica con mayor corrección mediante un sistema de sobrecarga fluctuante, en el cual la dirección de la carga es positiva a largo plazo, pero alterna con cargas positivas y negativas a nivel de los microciclos y mesociclos (fig. 1.39). El ritmo de carga suele ser gradual, aunque puede ser más rápido y proporcionar un estímulo de entrenamiento adecuado según el deportista del que se trate y según la fase del ciclo de entrenamiento. Los detalles prácticos de los distintos métodos de carga, descarga, carga concentrada y los distintos tipos de periodización se tratarán muy al detalle en el capítulo 6.

Un modelo de forma física

La definición de forma física que se dio con anterioridad tiene que ampliarse e incorporar todos los fatores esenciales que contribuyen a alcanzar dicho estado. La forma física comprende una serie de factores estructurales y funcionales interrelacionados: fuerza, velocidad, stamina (resistencia general sistémica o resistencia muscular local), flexibilidad, habilidad-técnica (eficacia neuromuscular), estructura (somatotipo, tamaño, forma) y espíritu (preparación psicológica). Dentro del ámbito de la técnica, existe una cualidad conocida como estilo que no es sino la forma individual de expresar una técnica particular.

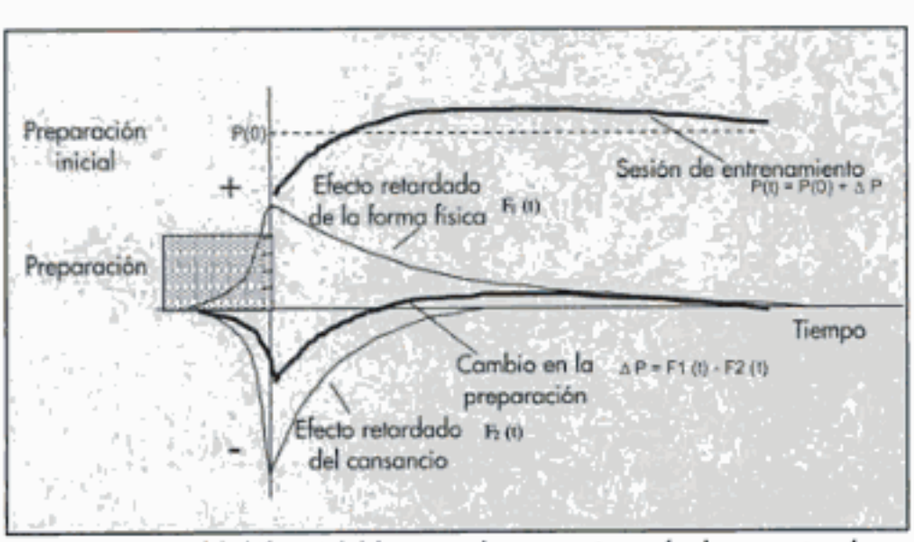


FIGURA 1.37 *Modelo bifactorial del proceso de entrenamiento, donde se muestra el cambio en la preparación física como la suma de los efectos retardados opuestos de la forma física y el consancio.*

A diferencia de la capacidad de trabajo, la forma física no se describe simplemente mediante mediciones hechas en laboratorio de capacidades como la función cardiovascular, la fuerza y flexibilidad musculares, sino que también recurre a la especificidad de la forma física requerida para cada actividad o deporte, lo cual depende en mayor medida de las capacidades neuromotoras. El propósito principal de este libro no es

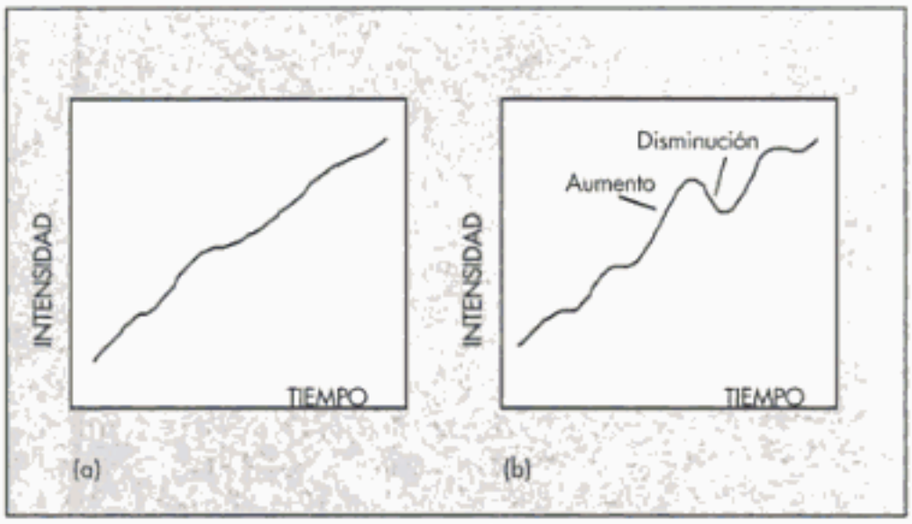


FIGURA 1.38 *Entrenamiento con incrementos discontinuos.*

otro que centrarse en la especificidad relacionada con todos los factores de la forma física relativos a la fuerza, con el fin de analizar la forma en que estos factores interactúan y proporcionan un tipo de forma física que es bastante específica de cada deporte, así como mostrarle al lector la forma de diseñar modelos apropiados para crear programas para el entrenamiento de la fuerza en un deporte concreto.

Se puede construir un modelo general de la forma física mediante los elementos motores y funcionales de la forma física, tal y como se muestra en la figura 1.40. El modelo se desarrolla en dos estadios: primero, según un modelo triangular que interrelaciona la fuerza, la stamina (resistencia muscular), la velocidad y la flexibilidad; y segundo, según un modelo piramidal más completo que interrelaciona todos estos factores con el proceso que hace posible todos los movimientos, es decir, el control neuromuscular. El diagrama muestra que la fuerza, la resistencia y la flexibilidad se pueden producir estadística o dinámicamente, a diferencia de la velocidad, que cambia a lo largo de un continuo que va de un estado estático (velocidad = 0) a otro dinámico. Sin embargo, esta imagen se complica cuando se incluye el estado casi-isométrico que influye en la producción de cualquiera de las capacidades motrices a velocidad muy lenta. Por esta y otras razones, este modelo se considera más representativo o descriptivo que científicamente analítico.

La capacidad motriz de la flexibilidad se halla en el centro de la base de la pirámide, porque la capacidad de exhibir cualquiera de las otras facultades depende sobre todo de la amplitud de movimiento (ROM). Hay que señalar que la flexibilidad estática o dinámica alude a la ROM máxima que se alcanza en condiciones estáticas o dinámicas, respectivamente.

La línea que une todas las parejas adyacentes de

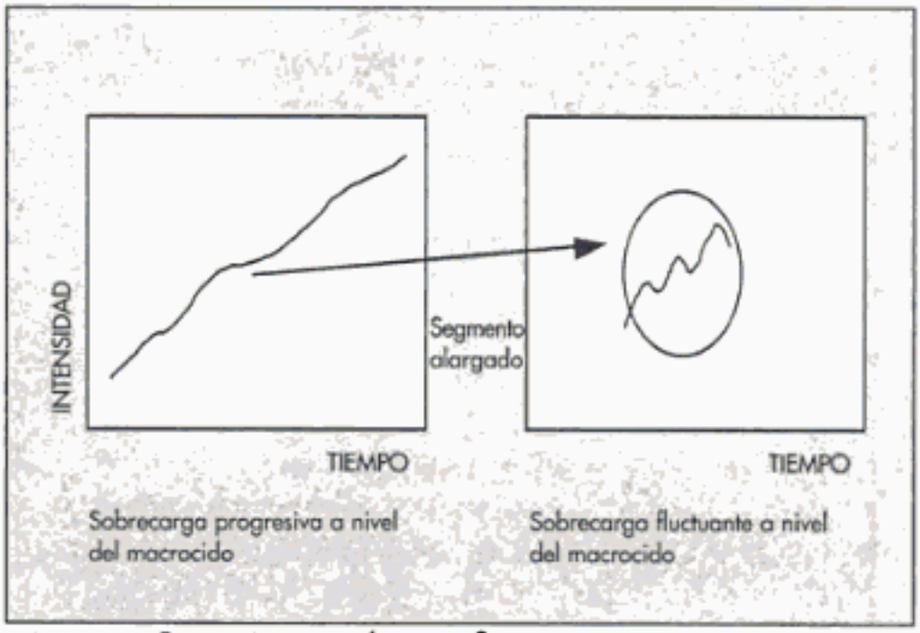


FIGURA 1.39 *Entrenamiento con sobrecargas fluctuantes.*

factores primarios de la forma física muestra la variedad de factores de la forma física que hay entre cada uno de los extremos. El modelo (que se corrobora científicamente en el capítulo 3 y sobre todo en la fig. 3.21) nos permite identificar una larga lista de factores de la forma física (los factores que llevan un asterisco son tipos diferentes de fuerza especial):

- fuerza estática*
- fuerza-resistencia estática*
- fuerza dinámica*
- fuerza-resistencia dinámica*
- fuerza-velocidad*
- velocidad-fuerza*
- velocidad-fuerza-resistencia*
- fuerza-velocidad-resistencia*
- velocidad
- resistencia.

A veces es conveniente identificar algunas de las capacidades de la flexibilidad:

- flexibilidad (estática y dinámica)
- flexibilidad-fuerza*
- flexibilidad-resistencia
- flexibilidad-velocidad.

También se puede identificar una serie de factores relacionados con la técnica, aunque hay que señalar que los tipos de técnicas forman parte integral del proceso consistente en exhibir todas las capacidades motrices o de la forma física mencionadas arriba:

- técnica
- fuerza técnica (Diachkov, 1961; Kuznetsov, 1970)
- flexibilidad tecnica
- velocidad tecnica
- tecnica resistencia.

Todos los factores de la forma física primarios o más complejos deben considerarse como descriptores adecuados de las capacidades que intervienen en proporción desigual en una actividad física concreta. Sin embargo, este modelo piramidal nos permite comprender la forma física específica de un deporte y su entrenamiento con mucha más eficacia que el modelo simplista basado sólo en los factores funcionales primarios de la forma física como la fuerza, la resistencia, la velocidad y la flexibilidad. Al comienzo de este capítulo se introdujo el concepto de la fuerza relativa. La mejora de otros factores de la forma física relacionados con la masa corporal también es muchas veces relevante. Por ejemplo, la potencia relativa (velocidad-fuerza relativa y fuerza-velocidad relativa) o la potencia por unidad de masa corporal (Berger, 1982) son muy importantes en aquellos casos en los que un deportista tiene que mejorar su potencia sin aumentar la masa corporal (p. ej., un halterófilo o un boxeador en una división de masa corporal específica). En los deportes que requieren que los deportistas mejoren la resistencia sin aumentar la masa corporal, hay que mejorar la resistencia relativa. En este caso, se debe distinguir entre la resistencia estática relativa y la resistencia dinámica relativa. Según el deporte que se practique, también es importante mejorar la velocidad-fuerza-resistencia relativa (o la fuerza-resistencia relativa) en condiciones cíclicas o acíclicas.

Muchos estudios sobre el efecto de ciertos regímenes de entrenamiento sobre el incremento de factores como la fuerza o la potencia muestran deficiencias, porque suelen pasar por alto el examen de los cambios en términos relativos. Puesto que la fuerza no está relacionada linealmente con la masa corporal, a veces es preferible emplear fórmulas de corrección apropiadas (basadas en el rendimiento de la halterofilia o el powerlifting) para comparar los cambios operados en términos relativos y más equitativos (ver cap. 3).

Algunos de los términos mencionados arriba tienen que ser explicados mejor. Por ejemplo, la fuer-

Urheberrechtlich geschütztes Material

za-resistencia estática se refiere a la resistencia muscular en condiciones isométricas; la fuerza-velocidad y la velocidad-fuerza, sinónimos de la capacidad para desarrollar mucha potencia, se refieren a las capacidades que comprenden al mismo tiempo aspectos de la fuerza y la velocidad; la velocidad-fuerza-resistencia se refiere a la capacidad para producir gran potencia de forma continua sin una disminución apreciable; la flexibilidad-velocidad se refiere a la flexibilidad que se debe exhibir a velocidades altas; y la velocidad-técnica se refiere a una acción que debe exhibir mucha calidad a altas velocidades.

A menos que cada término unido con un guión implique que esa capacidad compleja no es sino cierto tipo de mezcla de factores primarios relevantes, hay que hacer hincapié en que muchas de estas capacidades complejas se identifican como factores bastante diferenciados por sí mismos. No es apropiado entrar aquí en un estudio detallado de estos factores, porque el análisis y la aplicación práctica de los factores principales de la forma física especial constituyen la esencia de los capítulos que vienen a continuación. El modelo de forma física funcional aparece en este estadio para que el lector pueda apreciar el alcance y la complejidad del entrenamiento de la fuerza especial y comprenda la base filosófica de la terminología y el enfoque empleados en este libro.

En todos los estadios del entrenamiento es importante recordar las diferencias entre la capacidad de trabajo, y la forma y la condición física, ya que un nivel alto de capacidad de trabajo y una forma física específica para un deporte no garantizan un rendimiento excepcional. La capacidad para exhibir un nivel máximo de preparación física, como la suma resultante de la forma física y el cansancio, es esencial si se quiere que haya más seguridad a la hora de alcanzar ese rendimiento.

Si nos fijamos en el número de factores que llevan asterisco, resulta evidente que las capacidades relacionadas con la fuerza son muy importantes dentro de cualquier programa de entrenamiento específico para un deporte. El subtítulo de este libro se comprende ahora mejor: el entrenamiento de la fuerza especial se refiere a aquel entrenamiento que desarrolla con eficacia un equilibrio apropiado entre los factores relacionados con la fuerza en cualquier deporte (o cualquier otra actividad física como la danza).

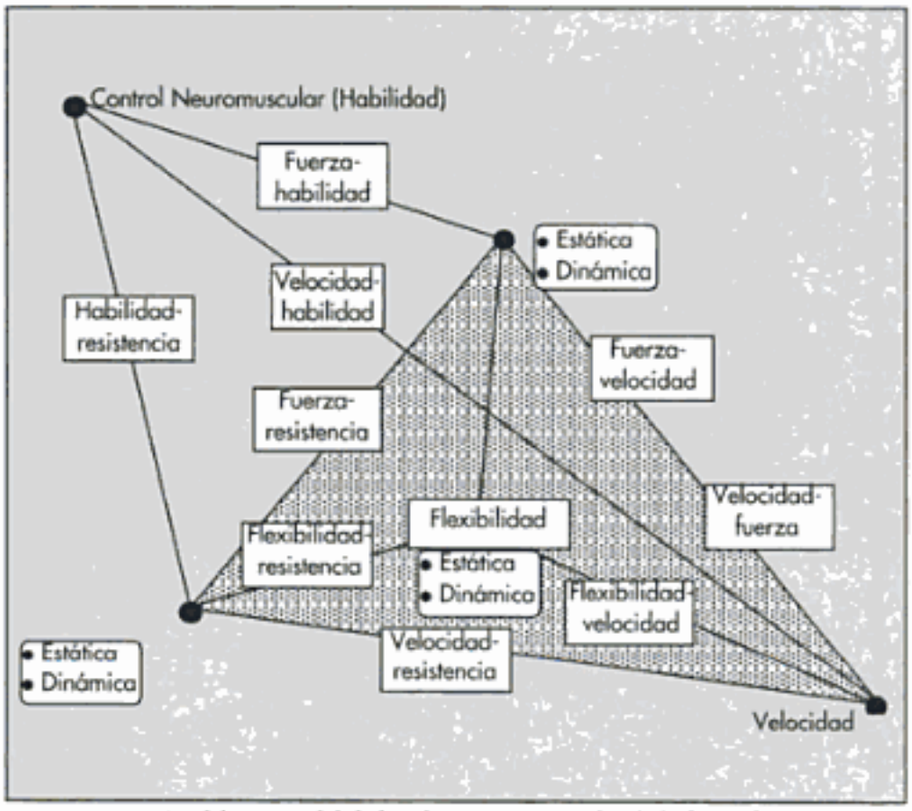


FIGURA 1.40 *Modelo piramidal de los elementos principales de la forma física musculoesquelética.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

CAPÍTULO 2

Entrenamiento de la fuerza especial para alcanzar la maestría deportiva

ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA ESPECIAL

El entrenamiento de la fuerza se ha convertido en un elemento vital para tener éxito en la preparación deportiva; sin embargo, sólo es valioso cuando se diseña una metodología específica basada en la investigación científica y se detallan el papel y lugar que ocupa el acondicionamiento de la fuerza en el proceso de entrenamiento a corto y largo plazo.

Por desgracia, sus vínculos históricos con el entrenamiento físico y la visión tradicional de los usuarios de los gimnasios han creado una impresión falsa de que el entrenamiento de la fuerza retrasa el rendimiento deportivo. El énfasis habitual que se pone en la investigación sobre las cardiopatías y la fisiología cardiovascular ha servido para consolidar este concepto extendiendo la creencia de que la forma física y la salud cardíaca en general quedan cubiertas por el ejercicio cardiovascular o «aerobio» o experimentan una mejora mínima con el entrenamiento contra una resistencia. La comunidad «aeróbica» ha confundido aún más esta visión categorizando empíricamente los ejercicios de acondicionamiento como peligrosos y considerando, por lo genera,l las actividades aerobias como superiores al resto de formas de ejercicio.

A menudo parece olvidarse de que la forma física es un estado complejo determinado por varios componentes que interactúan entre sí (los factores de la forma física tratados en el cap. 1), cada uno de los cuales requiere un entrenamiento especializado para lograr un desarrollo óptimo. Los procesos de la fuerza desempeñan un papel especialmente importante sobre el control de la estabilidad y la movilidad del cuerpo en el deporte.

Afortunadamente, ha surgido una comunidad bastante numerosa de «científicos de la fuerza» que ha desafiado los prejuicios anteriores y ha examinado el papel de la fuerza y del acondicionamiento de la fuerza en el rendimiento humano y en la rehabilitación de las lesiones. Parte de sus estudios han demostrado que la fuerza y la resistencia musculares desempeñan un papel clave en la consecución de un rendimiento superior incluso durante las pruebas de fondo como los maratones. Por ejemplo, nuestras investigaciones sobre la biomecánica de los tejidos blandos han puesto en evidencia que el

Urheberrechtlich geschütztes Material

rendimiento en las carreras de fondo mejora mediante (Siff, 1986):

- la mejora de la capacidad del CES (componente elástico en serie) del complejo muscular para almacenar y liberar energía elástica;
- la modificación de la técnica de carrera para mejorar la capacidad del deportista para emplear la energía elástica almacenada y ahorrar energía muscular.

Como se detalla en el capítulo 1, las propiedades mecánicas de los tejidos conectivos (como la elasticidad, la fuerza y la relación de amortiguamiento) y la eficacia neuromuscular (tratada en los capítulos siguientes) se alteran beneficiosamente mediante el empleo de regímenes apropiados de entrenamiento de la resistencia y pliométricos.

El éxito impactante que los entrenadores rusos y de la Europa del Este han tenido al aplicar el entrenamiento de la fuerza especial en la preparación para la mayoría de los deportes también ha estimulado al resto del mundo a tomarse más en serio este tipo de acondicionamiento. La experiencia que se ha atesorado sobre el empleo del entrenamiento de la fuerza especial ha facilitado un análisis adecuado de algunos de los principios generales; sin embargo, ha sido insuficiente para constituir un fundamento metodológico definitivo para el entrenamiento de la fuerza especial de los deportistas. El papel y el lugar que ocupa el entrenamiento de la fuerza especial sólo pueden establecerse mediante una investigación científica que vaya encaminada en dos direcciones principales:

- Estudios avanzados sobre los principios que gobiernan el acondicionamiento general del cuerpo para determinar los medios científicos con que alcanzar el potencial físico de los deportistas.
- Estudio intensivo de los principios que determinan el proceso para alcanzar la maestría deportiva (PAMD, basado en la abreviatura rusa PSSM) específica a largo plazo.

Las investigaciones científicas en la primera dirección ya han proporcionado mucha información, mientras que los estudios serios en la segunda dirección sólo han comenzado recientemente, por lo que sus hallazgos siguen siendo limitados. Sin embargo, nos permiten formular principios importantes sobre el entrenamiento de la fuerza especial, refiriéndose este último término a la aplicación específica del entrenamiento de la fuerza al deporte. Es sinónimo del entrenamiento de la fuerza específica deportiva, y ambas expresiones se pueden intercambiar para distinguirlo del entrenamiento general con pesas o el culturismo con fines estéticos o físicos.

Desde el principio hay que hacer hincapié en que el fenómeno de la fuerza no debe considerarse con conceptos simplistas como la definición clásica de que es la «capacidad para producir fuerza mediante la acción de los músculos». La fuerza depende en gran medida del contexto. Este punto de vista queda subrayado en este libro, ya que la fuerza se manifiesta de muchas formas, como la fuerza estática, la fuerza dinámica, la fuerza velocidad y la fuerza resistencia. El modelo exacto de la fuerza y otras características de la forma física de un deporte concreto es lo que transforma el entrenamiento de la fuerza general en un entrenamiento de la fuerza especial para producir una mejora del rendimiento deportivo.

El sistema ruso de clasificación de los deportistas

Antes de pasar adelante, es importante destacar el empleo de los términos «maestría deportiva» o «maestría en el deporte». Estos términos se han empleado durante muchos años en Rusia y en Europa del Este para describir el proceso por el cual se alcanza el nivel más alto posible de capacidad deportiva.

Urheberrechtlich geschütztes Material

También están muy relacionados con el plan de categorización empleado para identificar a los deportistas de distinto nivel. En este programa, los competidores de nivel básico se incluyen en la clase III; los deportistas de nivel intermedio, en la clase II, y los deportistas avanzados en la clase I, entre los Candidatos para la Maestría deportiva, en la Maestría deportiva, entre los Candidatos para la Maestria internacional y la Maestria internacional (o Maestría deportiva, Clase internacional). Las dos últimas categorías incluyen a los deportistas que han conseguido récords mundiales, son campeones del mundo actuales o campeones del mundo con varios años en la cumbre. Se establecen normas específicas para todos los deportes individuales o de equipo basadas en los tiempos, distancias, tanteos, levantamientos, número de veces en la selección para un nivel dado, o los logros obtenidos. El sistema clasificatorio no incluye a los principiantes, porque se basa en logros específicos.

Es uno de los objetivos de este libro presentar información que ayude a los deportistas a progresar mediante el empleo de un entrenamiento de la fuerza eficaz y apropiado en todos los estadios de la maestría hasta el nivel más alto posible que le permita alcanzar su potencial inherente.

Hay que señalar que el sistema ruso para clasificar a los deportistas no comienza con las competiciones formales, sino con la insignia GTO (preparación para trabajar y defenderse), que reconoce un nivel mínimo de forma física para cualquier persona. Las normas del GTO se aplican a los niños desde los 10 años y llega hasta la edad adulta tardía (por encima de los 65 años de edad). Los tests del GTO comprenden varios deportes y sirven para identificar los niveles de capacidad deportiva durante los años de formación. Aquellos que tienen intención de llegar más allá de los niveles GTO IV, III, II y I tienen que lograr unos requisitos muy serios para alcanzar las distintas clases de maestría. Antes de llegar al sistema de clasificación adulto, existen ránkings júnior (desde la Clase III hasta la Clase I) para los deportistas hasta los 19 años.

La clasificación de los deportistas no debe considerarse como un sistema cuya aplicación se reduce sólo al contexto ruso, sino un principio fundamental para la preparación científica de deportistas de todos los países. Puesto que los deportistas de niveles distintos y con diferente experiencia en el entrenamiento responden de forma muy distinta a los programas para el acondicionamiento de la fuerza, es vital que los competidores se sometan periódicamente a pruebas y se incluyan en una clasificación para que los entrenadores puedan ponerles un régimen de entrenamiento apropiado durante una fase específica del desarrollo.

Los estadios iniciales del entrenamiento de la fuerza

Hay que hacer ciertas observaciones sobre los estadios iniciales del entrenamiento de la fuerza. Virtualmente, todos los métodos para el entrenamiento de la fuerza mejoran la fuerza de los principiantes durante los primeros meses, siempre y cuando la intensidad, en concreto, se mantenga en un nivel de seguridad. Ésta es una razón por la que es erróneo y contraproducente aplicar los resultados obtenidos con estudios científicos de menos de seis meses de duración. También es una razón principal por la que los entrenadores sin demasiada experiencia tienen éxito inicial con los deportistas y siguen atrayendo a clientes. Además, se ha descubierto que cada persona despliega una eficacia, ritmo y grado distintos a la hora de responder al mismo tipo, calidad y cantidad de entrenamiento físico. Dicho de otro modo, un programa de entrenamiento idéntico tendrá efectos distintos sobre personas diferentes. El alcance de los niveles superiores de la maestría es un proceso complejo que requiere la cuidadosa aplicación de los medios y métodos apropiados de entrenamiento en los distintos estadios de la preparación deportiva para cada persona.

Al emprender por vez primera un entrenamiento de la fuerza es importante recordar que el incre-

Urheberrechtlich geschütztes Material

mento de la fuerza entre los principiantes se debe sobre todo al efecto de aprendizaje cuya naturaleza es neuromuscular. Estos incrementos de la fuerza relacionados con factores del rendimiento tales como la mejora de la técnica para ejecutar un ejercicio específico pueden incluso darse en la primera sesión de entrenamiento. Este tipo de mejora suele experimentarse con cualquier ejercicio que sea nuevo. Después de esto, se producen cambios en la fuerza siguiendo un patrón típico:

1. Aumento de la coordinación intermuscular. Esta mejora fundamental en la cooperación general entre los distintos grupos de músculos se produce en las 2-3 primeras semanas de entrenamiento.
2. Aumento de la coordinación intramuscular. Esta mejora funcional, provocada por el aumento de la cooperación entre las fibras de un grupo de músculos específico, prosigue durante las 4-6 semanas siguientes.
3. Aumento de la hipertrofia muscular. Esta primera fase estructural de incremento significativo de la fuerza se produce como consecuencia del crecimiento del tejido muscular y durante las siguientes 6-12 semanas.
4. Estancamiento. El ritmo de mejora por motivos funcionales y estructurales decrece ahora de forma acusada. Para que continúe el proceso de crecimiento de la fuerza, es necesario determinar si el estancamiento se debe a factores neuromusculares o al crecimiento muscular, para así modificar el programa de entrenamiento de acuerdo con esto. Es en este momento cuando se hacen necesarios los conocimientos de los entrenadores expertos, sobre todo por culpa de los programas de ensayo-error iniciados al comienzo de la fase de estancamiento que pueden disminuir el rendimiento deportivo general y producir dolor o lesiones.

Aunque un enfoque relativamente poco profesional produzca incrementos en la fuerza durante el primer año de entrenamiento, no es enteramente beneficioso para el deportista, porque las mejoras pueden no ser suficientemente específicas para el deporte en cuestión. Desde el principio es vital identificar con exactitud qué capacidades relacionadas con la fuerza (como la velocidad fuerza, la técnica resistencia o la fuerza resistencia) hay que mejorar al ejecutar una serie específica de tareas individuales de un deporte concreto. Todo progreso a corto o largo plazo debe planificarse cuidadosamente para que sea eficaz, no provoque lesiones y se alcance la Maestría deportiva.

PROGRAMAS PARA PERFECCIONAR LOS MOVIMIENTOS

El rendimiento deportivo se puede describir según una interacción compleja de movimientos múltiples, de lo cual se deduce que el fenómeno fundamental que subyace en toda tarea deportiva es el movimiento. El deporte es, pues, una actividad en la que se resuelven problemas y en la que los movimientos se emplean para generar las soluciones necesarias. Estos movimientos son controlados por el sistema neuromuscular, cuyo rendimiento es el resultado de las características innatas y de la adquisición a largo plazo de habilidades mediante el entrenamiento.

El perfeccionamiento de los movimientos deportivos en el entrenamiento a largo plazo se consigue en gran medida mediante la mejora de la eficacia del sistema neuromuscular para resolver con calidad tareas motoras específicas. La capacidad para emplear con eficacia el potencial motor y tener éxito constituye la esencia de la maestría deportiva. Esta capacidad se realiza por medio de un sistema específico de movimientos, cuya composición y organización están determinadas por el tipo de actividad deportiva y las reglas de la competición. El proceso para alcanzar la maestría deportiva (PAMD) es un fenómeno de complejidad excepcional. Dentro del contexto de este libro, lo apropiado es limitar el estudio a los programas de entrena-

Urheberrechtlich geschütztes Material

miento que se relacionan directamente con la fuerza muscular y la organización cinesiológica del movimiento en el espacio y en el tiempo mediante:

- el aumento del resultado del trabajo de los movimientos;
- el perfeccionamiento de la estructura motriz de los movimientos;
- el perfeccionamiento de la estructura biodinámica de los movimientos.

Aumento del resultado del trabajo de los movimientos

El resultado de trabajo de un movimiento es el producto de la interacción con objetos del medio ambiente, en donde la velocidad y la dirección del movimiento dependen del carácter de la fuerza desarrollada.

Si analizamos matemáticamente el movimiento, entonces la fuerza desarrollada en cualquier instante F(t) se puede representar gráficamente (fig. 2.1). En casi todos los movimientos deportivos el comienzo y el fin de la curva de la fuerza se hallan en el eje horizontal porque el movimiento comienza y termina con una velocidad cero. El resultado de trabajo del esfuerzo se observa en el área situada debajo de la curva F(t) y por encima del intervalo de tiempo t durante el cual el peso P es superado (el área gris), o bien como la integral $p = F(t) \cdot dt$, donde p es el impulso (m·v) del cuerpo alcanzado durante el intervalo (ver pág. 339 para las definiciones y derivaciones). Se alcanza en principio un aumento del resultado del trabajo del movimiento mediante el incremento de esta área (p. ej., su impulso). Éste es uno de los objetivos principales del perfeccionamiento de los movimientos deportivos. Otros objetivos principales incluyen el incremento de la fuerza máxima (el pico de la F(t) en el gráfico), el incremento del ritmo de producción de fuerza máxima (la pendiente ascendente de la línea de F(t) en la fig. 2.1), y la producción de fuerza máxima en el instante apropiado. Cuando se aplica una fuerza de manera explosiva en un intervalo de tiempo corto, el rápido cambio resultante en el momento se conoce como el impulso de la fuerza (detallado en el cap. 5).

A medida que aumenta la maestría deportiva, la estructura del esfuerzo producido sufre cambios específicos en el espacio y en el tiempo que se pueden desplegar incluso dentro de un periodo relativamente corto de entrenamiento. Por ejemplo, las líneas que describen la fuerza explosiva, F(t) y F(s), obtenidas antes y después de 6 meses de entrenamiento respectivamente y que aparecen en la figura 2.2., fueron producidas por una persona que ejecutaba un movimiento con una pierna estando sentado. F(t) se refiere a la fuerza como función del tiempo y F(s) es la fuerza como función del desplazamiento.

Su coincidencia en el eje vertical corresponde al instante en que la magnitud de la fuerza es equivalente al peso de la carga desplazada. La línea F(t) muestra varias características:

- se produce una reducción del tiempo invertido en producir la fuerza máxima;
- se produce un aumento de la fuerza máxima;
- el esfuerzo máximo se produce en un punto más próximo al comienzo de la tensión muscular;
- se produce un aumento de la duración general del esfuerzo.

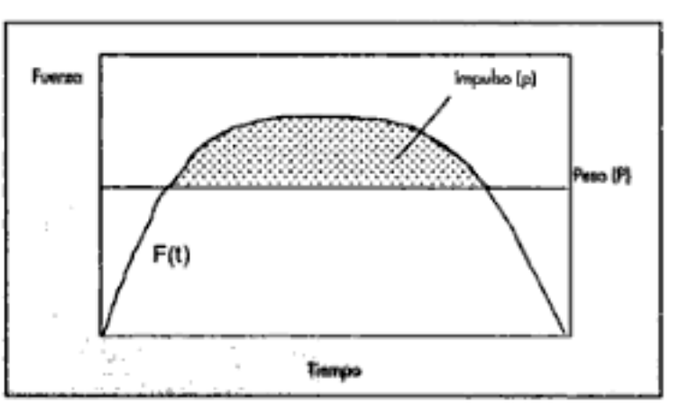


FIGURA 2.1 *Curva de fuerza-tiempo de un peso P superado por una fuerza F(t).*

Urheberrechtlich geschütztes Material

Los cambios en el perfil del gráfico reflejan los patrones generales del perfeccionamiento del movimiento deportivo que fueron identificados en la investigación con deportistas de distinta especialización y nivel mediante regímenes distintos de trabajo muscular, así como con un mismo deportista durante el entrenamiento y con distintos periodos de tiempo. Los resultados experimentales demostraron que, en el entrenamiento a largo plazo, el perfeccionamiento del movimiento deportivo se produce de la forma siguiente (fig. 2.3):

1. Inicialmente hay un aumento bastante uniforme de la fuerza (comparada con el nivel inicial de la curva 1) y una reducción insignificante de la duración (fig. 2.3a, curva 2).
2. Luego, se produce un incremento significativo de la fuerza máxima y un descenso notable de la duración del movimiento (fig. 2.3a, curva 3).
3. Finalmente, se produce un incremento de la fuerza desarrollada al comienzo del esfuerzo, con cierto incremento de su máxima y un descenso del tiempo invertido en alcanzar esta última (fig. 2.3a, curva 4).

El cambio experimentado por la dinámica del movimiento deportivo, en relación con su amplitud de trabajo, sigue una secuencia regular (fig. 2.3b):

1. El movimiento muestra inicialmente una distribución plana de la magnitud de la fuerza a lo largo de gran parte de la amplitud de trabajo, lo cual se relaciona, primero de todo, con una fuerza muscular insuficiente y, en segundo lugar, con la incapacidad para emplearla con eficacia (curva 1).
2. A continuación, con el ejercicio la fuerza dinámica máxima aumenta y se observa una tendencia a localizar el pico en la amplitud de trabajo, lo cual se puede producir en cualquier momento dependiendo de la forma en que se resuelven las tareas del movimiento (curva 2).
3. En los tipos de movimiento balístico de velocidad-fuerza contra una resistencia relativamente pequeña, la fuerza se concentra cerca del comienzo de la amplitud de trabajo (curva 3).

La fuerza situada cerca del comienzo del movimiento se produce en un pequeño grado cuando la resistencia es grande. En este caso, hay una tendencia a desarrollar la fuerza con rapidez, aunque la elevada inercia inicial exige que la fuerza máxima no puede desplegarse con un retraso mínimo. Se produce entonces cierto incremento hasta alcanzar

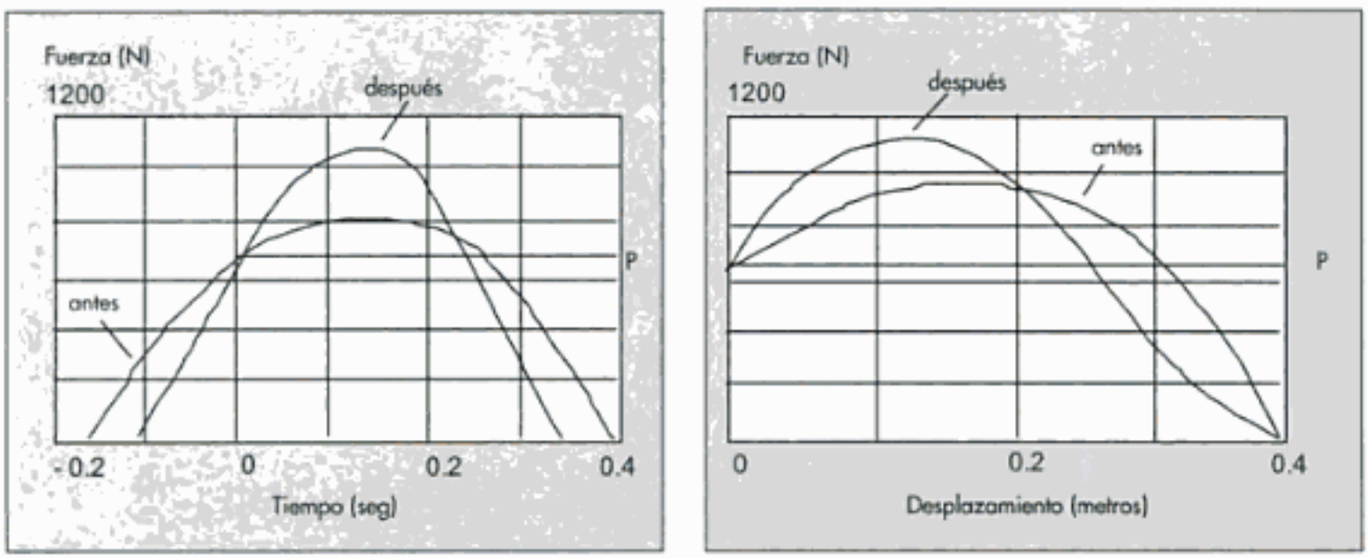


FIGURA 2.2 *Líneas de la fuerza-tiempo F(t) y fuerza-desplazamiento F(s) de la fuerza explosiva antes y después de 6 meses de entrenamiento de fuerza. P es el peso que se supera.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

una máxima cerca de la mitad de la segunda parte de la extensión del trabajo.

Así pues, el perfeccionamiento del resultado del trabajo se relaciona con la producción de una gran fuerza máxima en un periodo de tiempo corto. Este hallazgo logrado por Verkhoshansky (1961, 1963) ha sido corroborado por los estudios sobre la dinámica de los movimientos de deportistas de distinto nivel (Papysheva, 1966; Gomberzde, 1970; Semyenov, 1970; Tatyan, 1974).

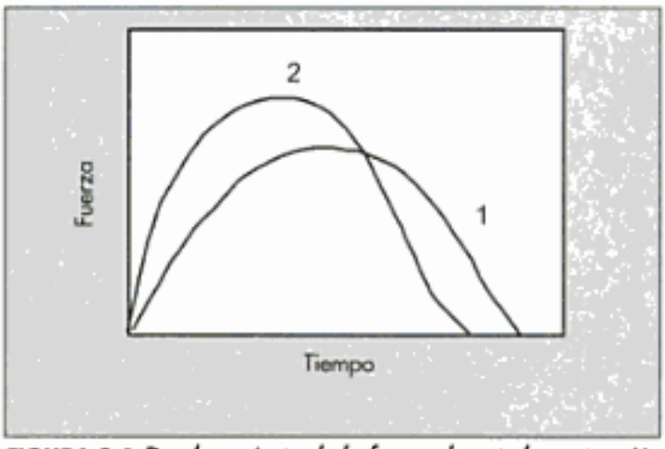


FIGURA 2.4 *Desplazamiento de la fuerza durante la contracción isométrica explosiva antes (1) y después (2) del entrenamiento.*

Hay que recordar que los distintos regímenes y las condiciones externas del trabajo muscular en el deporte influyen sin duda alguna en este patrón. Por tanto, en los movimientos relacionados con la superación de una resistencia externa significativa (como en la gimnasia deportiva, la lucha libre y la halterofilia), el perfeccionamiento del resultado del trabajo se consigue sobre todo mediante el incremento de la fuerza máxima desarrollada y con cierta reducción del tiempo invertido en su producción (fig. 2.4).

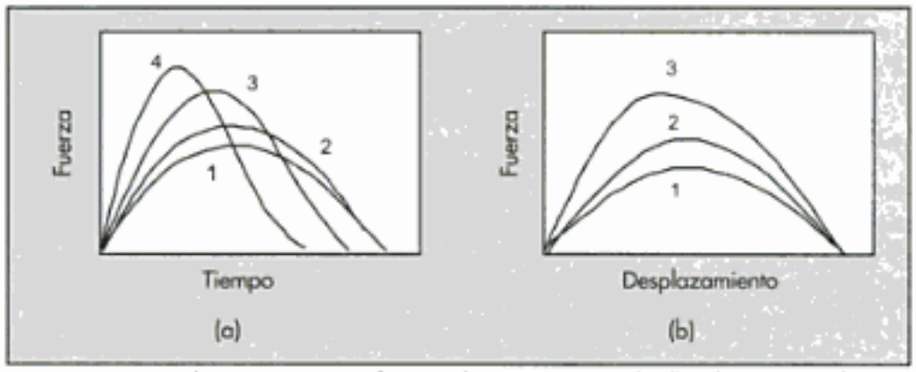


FIGURA 2.3 *Cambios en F(t) y F(S) durante el entrenamiento (detalles descritos en el texto).*

En los movimientos balísticos, en la esgrima y en ciertos aspectos de los lanzamientos, el perfeccionamiento del resultado del trabajo se relaciona con la concentración de la fuerza cerca del comienzo del movimiento. Con este aumento significativo de la fuerza máxima, la fuerza se desplaza más al comienzo del movimiento y se invierte menos tiempo en alcanzarla (fig. 2.5).

En los ejercicios consistentes en la combinación de regímenes de trabajo muscular, la fuerza de trabajo va precedida por una fase de estiramiento muscular (p. ej., saltos en el atletismo, en el patinaje artístico y acrobático). Por tanto, el perfeccionamiento del movimiento se logra mediante la mejora de la capacidad de los músculos para generar gran cantidad de fuerza durante la transición del trabajo excéntrico al concéntrico. Esta rápida transición de un estado de estiramiento a otro de contracción provoca cierta disminución de la amplitud de trabajo; p. ej., se produce una reducción del ángulo de la articulación que trabaja durante la flexión (fig. 2.6).

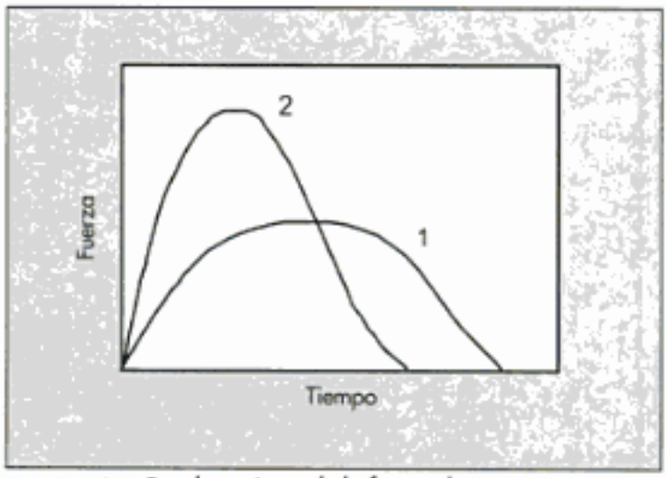


FIGURA 2.5 *Desplazamiento de la fuerza durante un movimiento balístico antes (1) y después (2) del entrenamiento.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

El resultado del trabajo en los ejercicios cíclicos (p. ej., correr, nadar y remar) aumenta mediante la mejora de la capacidad para producir con rapidez fuerza máxima partiendo de un estado de profunda y rápida relajación muscular durante la fase pasiva del movimiento. Se produce un incremento simultáneo de la duración relativa de la fase de relajación y un acortamiento de la duración absoluta del ciclo (fig. 2.7). Por tanto, durante el curso necesario para alcanzar la maestría deportiva, el proceso consistente en aumentar el resultado del trabajo del movimiento es independiente del régimen, mientras que el trabajo externo del sistema motor desarrolla un patrón específico. Este patrón se caracteriza principalmente por:

- un incremento de la fuerza máxima;
- un desplazamiento del instante en que se desarrolla la fuerza máxima muy cerca del momento en que comienza la tensión muscular;
- un incremento de la amplitud de trabajo del movimiento;
- una reducción del tiempo invertido en la producción de la fuerza.

La magnitud de estos cambios es específica del tipo de deporte que se practica.

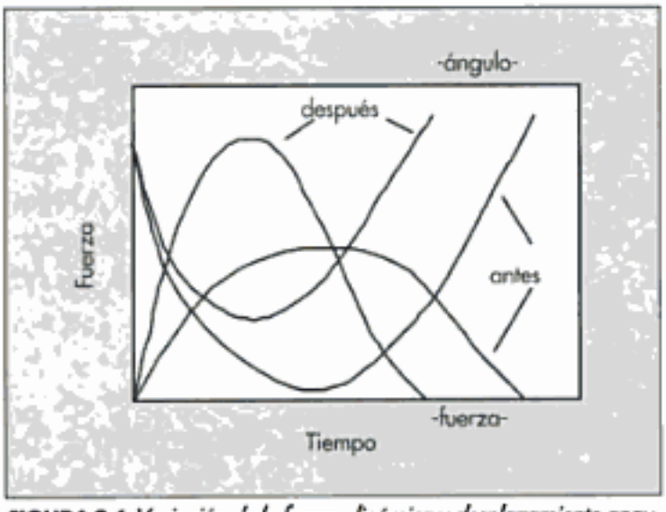


FIGURA 2.6 *Variación de la fuerza dinámica y desplazamiento angular de un movimiento balístico antes y después del entrenamiento.*

Perfeccionamiento de la estructura motriz de los movimientos deportivos

La eficacia del movimiento se relaciona sobre todo con el empleo apropiado de los mecanismos de trabajo del cuerpo. Estos producen una energía mecánica necesaria para su empleo eficaz como respuesta a las condiciones externas. Tales mecanismos de trabajo son complejos y en gran medida heredados por cada persona. El entrenamiento deportivo no aporta nada nuevo, sino que se limita a encaminarlos hasta alcanzar un nivel elevado de eficacia, y mejora su empleo coordinado e incrementa las capacidades energéticas. Los mecanismos de trabajo del cuerpo incluyen:

- La contracción de los músculos se transforma en fuerza externa mediante las palancas del cuerpo.
- Las relaciones entre sinergistas y antagonistas de los grupos musculares de las articulaciones y en el sistema musculoesquelético en conjunto.
- Los reflejos neuromusculares.
- La elasticidad de los músculos y del tejido conectivo que almacena y emplea la energía elástica.
- El fortalecimiento de un movimiento básico por medio de la excitación de otros movimientos colaterales.

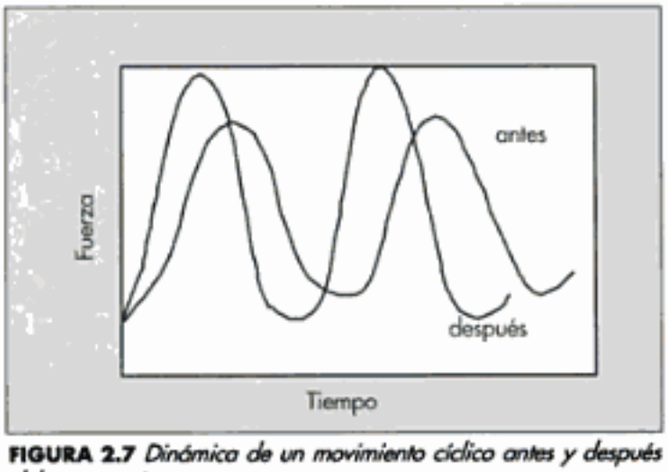


FIGURA 2.7 *Dinámica de un movimiento cíclico antes y después del entrenamiento.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

- La implicación mediante una secuencia de los músculos con distintas facultades funcionales.
- El tono del sistema muscular.

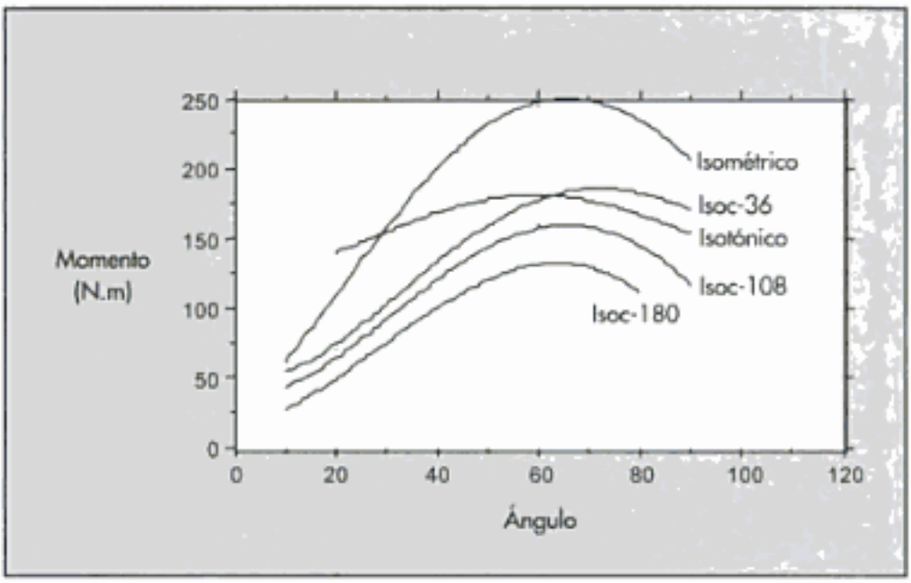


FIGURA 2.8 *Variación del impulso durante la extensión estando sentado con distintos regímenes de acción muscular realizados por hombres (basado en Knapik et al., 1983). Isoc-36 se refiere a la contracción isocinética a 36° por segundo; isoc-108, a 108° por segundo, y isoc180, a 180° por segundo.*

Biomecánicamente, es apropiado considerar un complejo motor que se organiza respecto a las características estructurales y funcionales del cuerpo y que facilita el empleo óptimo de los mecanismos de trabajo en condiciones deportivas reales. Los mecanismos de trabajo del cuerpo determinan la forma de interacción durante la ejecución de una tarea motriz dada y la forma en que el entrenamiento sistemático los emplea para producir un rendimiento eficaz. Es conveniente estudiar las propiedades funcionales de los mecanismos de trabajo del cuerpo y saber la forma en que mejoran el rendimiento específico en los siguientes niveles:

- El nivel de las parejas cinemáticas (dos nexos adyacentes que se combinan de forma activa).
- El nivel de la cadena cinemática (la combinación en forma de secuencia de varios nexos).
- El nivel del sistema cinemático (la combinación de varias cadenas cinemáticas).

La pareja cinemática

El perfeccionamiento del movimiento a nivel de las parejas cinemáticas depende del propósito de sus nexos, del desarrollo de la capacidad para producir fuerza motriz, y de la ejecución del movimiento con gran velocidad angular, o bien la suma simultánea de todos éstos y otros factores. El proceso para perfec-

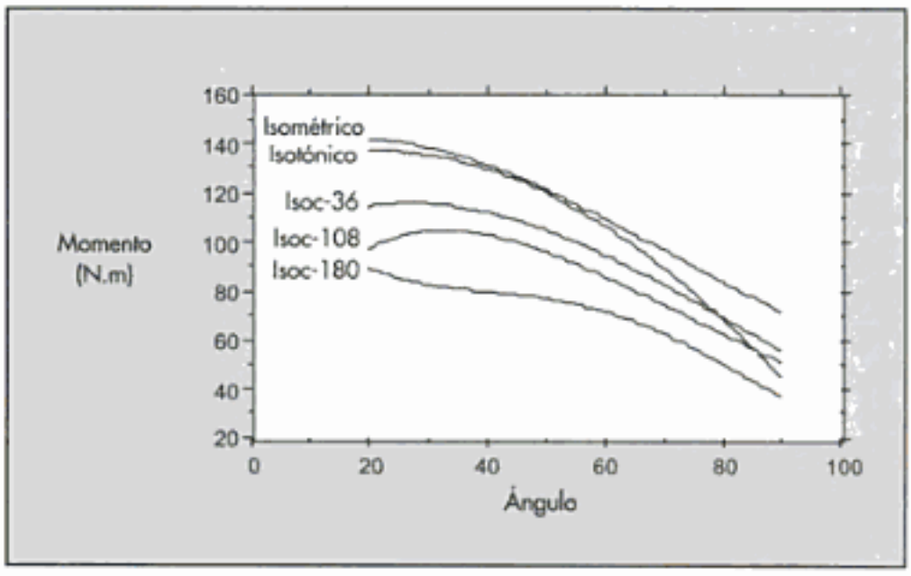


FIGURA 2.9 *Variación del momento durante un ejercicio de flexión de la rodilla estando sentado con distintos regímenes de acción muscular realizados por hombres (basado en Knapik et al., 1983). Isoc-36 se refiere a la contracción isocinética a 36° por segundo; isoc-108, a 108° por segundo, y isoc180, a 180° por segundo.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

cionar un movimiento está determinado por las características anatómicas del sistema musculoesquelético.

Muchos estudios demuestran que, en todos los movimientos uniarticulares aislados, los cambios en la fuerza dependen del papel y las funciones de los mecanismos articulares y de la disposición relativa de los nexos del cuerpo unos respecto a otros (ver las revisiones de Zatsiorsky, 1966; Verkhoshansky, 1970). Los cambios en el ángulo articular alteran las condiciones del trabajo muscular, porque la longitud del músculo y el ángulo de impulso se ven modificados. La fuerza muscular y el apoyo cambian y, por consiguiente, lo mismo hace el momento (p. ej., el momento de la fuerza) producido por los músculos de una articulación.

Por tanto, la fuerza externa máxima desarrollada por los músculos se corresponde con un ángulo articular específico en cada caso (figs. 2.8 y 2.9). La fuerza máxima (medida isométricamente en ángulos articulares distintos) se alcanza con un ángulo articular de aproximadamente 90° en la flexión del codo; 120° en la extensión del codo; 60°-70° en la extensión de la articulación del hombro, y 60° en la extensión de la articulación de la rodilla. Los deportistas entrenados producen una fuerza máxima con unos ángulos articulares que están próximos (Kosilov, 1965; Dorofyev, 1966; Hansen & Lindhard, 1923; Wilkie, 1950).

Gráficamente, la dependencia de la fuerza en el ángulo articular se divide en tres grupos: ascendente, descendente (las fuerzas máximas y mínimas que corresponden a las partes extremas de la amplitud angular del movimiento de una articulación, respectivamente, fig. 2.10, línea F) y ascendente-descendente (la fuerza mínima se sitúa en los extremos y la fuerza máxima cerca del medio de la amplitud angular).

Varios de los estudios de Verkhoshansky han establecido que la capacidad para expresar la fuerza explosiva (p. ej., Fe, a veces calculada mediante la división de un medio de la tensión isométrica

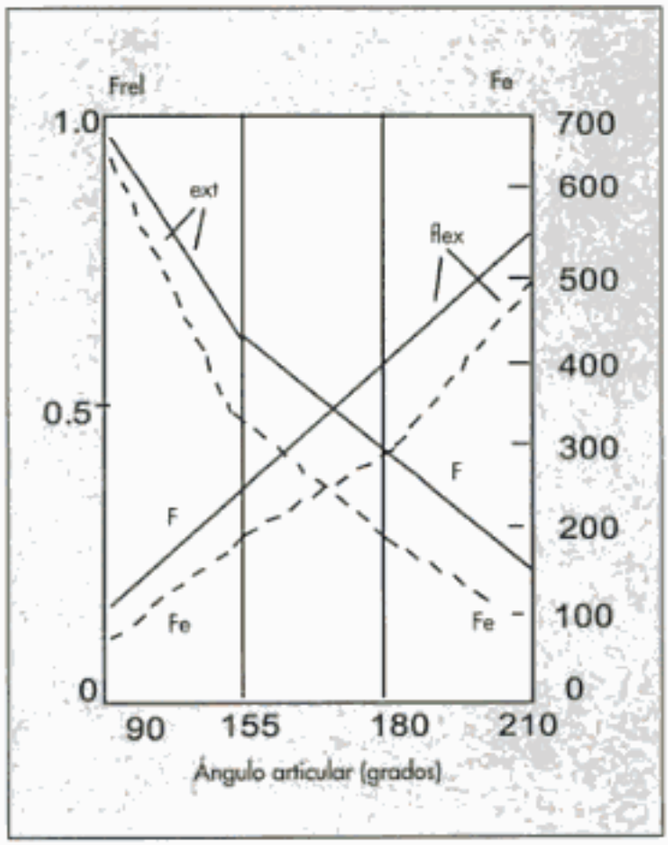


FIGURA 2.10 *Cambios de la fuerza relativa (Frel) y la fuerza explosiva (Fe) con cambios en el ángulo de la cadera obtenidos con mujeres velocistas de elite durante la extensión (ext) y flexión (flex).*

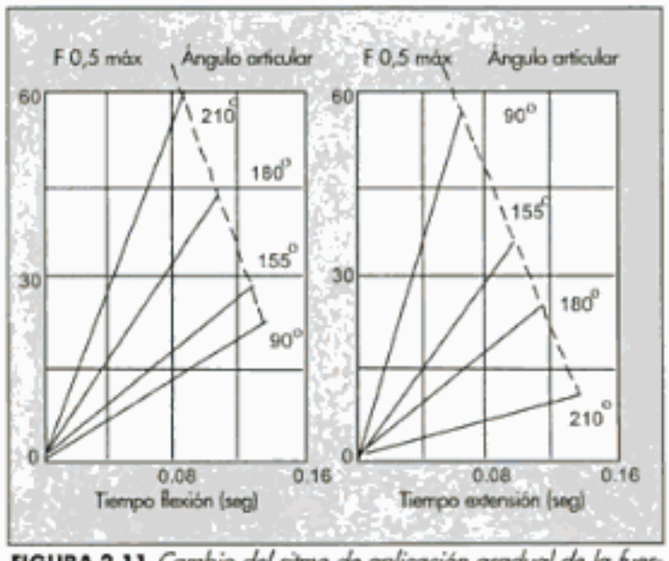


FIGURA 2.11 *Cambio del ritmo de aplicación gradual de la fuerza isométrica con cambios en el ángulo de la cadera obtenidos con mujeres velocistas de elite durante la flexión y extensión. Apréciese que F 0,5 máx = 0,5 de la fuerza isométrica máxima, lo cual proporciona una aproximación de la fuerza explosiva Fe.*

máxima por el tiempo invertido en alcanzarla; cambia de forma unidireccional con el cambio de la fuerza muscular externa (fig. 2.10, línea Fe). Una disiminución en el índice de la Fe cuando cambia el ángulo articular se relaciona al mismo tiempo con una reducción de la tensión muscular y un incremento del tiempo requerido para su producción (fig. 2.11).

La línea del ángulo de la fuerza no cambia su forma fundamental cuando se incrementa la fuerza muscular producida por el entrenamiento; sin embargo, algunos estudios han demostrado que el incremento de la fuerza a lo largo de toda la amplitud de movimientos uniarticulares depende del ángulo articular al que la tensión muscular máxima se ejerce durante el entrenamiento (Zatsiorsky & Raitsin, 1974; Raitsin & Sarsania,1975). Cuando la tensión es producida por un ángulo que corresponde a la longitud maxima de los músculos (p. ej., el grado menor de flexión en la articulación en una flexión muscular activa, o el menor grado de extensión en una extensión muscular), entonces la transferencia de fuerza a los otros ángulos articulares es relativamente uniforme.

Lo contrario es cierto cuando la fuerza muscular máxima se produce cuando la articulación está bastante flexionada y los músculos se hallan en un estado de acortamiento; en este caso el incremento de la fuerza es mayor. Sin embargo, la transferencia del resultado del entrenamiento a otros ángulos articulares es pequeña en comparación, y, cuanto más se aleja de este ángulo, menor es la transferencia de fuerza máxima. Es interesante señalar que, en el caso del ángulo articular en el que la fuerza máxima se produce durante el entrenamiento, hay un incremento relativamente mayor de la fuerza que en los ángulos articulares adyacentes.

El perfeccionamiento del movimiento a nivel de las parejas cinemáticas sigue relacionado con el incremento de la amplitud de movimiento a lo largo de una movilidad mayor de la articulación. Sin embargo, esto se aplica sobre todo a las parejas cinemáticas, es decir, a aquellas combinaciones de articulaciones que implican dos o tres planos de movimiento (p. e.j, las articulaciones del tobillo, el hombro y la cadera).

Es relevante destacar que las líneas del ángulo de la fuerza en la mayoría de los libros no se obtienen en condiciones dinámicas continuamente en cambio. Se obtienen mediante el empleo de un dinamómetro para medir la fuerza isométrica máxima en una serie de ángulos sucesivos. La curva se adapta a la serie resultante de puntos y, en sentido estricto, permite predecir la fuerza o momento isométricos máximos esperados en un ángulo articular concreto. La investigación llevada a cabo por Siff y los estudiantes de ingeniería mecánica de la Universidad de Witwaterrand con vídeos de alta velocidad y tensiómetros para medir los cambios del momento en condiciones dinámicas no isocinéticas ha confirmado las conclusiones del trabajo de Knapik y otros (1983) que demostró que las curvas dinámicas resultantes de una articulación particular eran significativamente distintas de las curvas obtenidas de manera estática (figs. 2.8 y 2.9).

Esta investigación también demostró que el perfil de la curva cambia con las cargas, la velocidad o el movimiento y con la orientación articular. Por ejemplo, el momento máximo de una flexión auxotónica del codo no se produce próxima a los 90° medidos isométricamente, sino al aproximarse a la flexión completa. Además, cuando se manifiesta el reflejo miotático mediante un comienzo balístico al aproximarse a la extensión total del codo, se obtiene un perfil de la curva distinto. Las curvas del momento generadas de forma dinámica con aparatos isocinéticos también difieren radicalmente de las obtenidas en condiciones auxotónicas sin restricción con pesos libres o sistemas de poleas.

Esto no niega el valor de las investigaciones realizadas sobre las curvas del ángulo de la fuerza isométrica, que proporcionan una imagen bastante exacta del movimiento lento contra resistencias muy grandes. Hacen hincapié en que existen curvas espe-

Urheberrechtlich geschütztes Material

cíficas para el ángulo articular de la fuerza de cada articulación, y determinadas por el tipo de contracción muscular, la velocidad del momento, las condiciones iniciales, la carga y la orientación de la articulación. El fenómeno de la especificidad vuelve a resultar aparente. Está claro que es importante obtener un modelo preciso de las características de la fuerza de cada movimiento deportivo para así poder seleccionar el régimen de entrenamiento apropiado.

La cadena cinemática

Los movimientos del cuerpo son producidos por un sistema de nexos pertenecientes a una cadena cinemática en la que los ángulos de cada combinación de articulaciones cambia simultáneamente. Las funciones de trabajo fundamentales de las cadenas cinemáticas del sistema motor consisten en transformar los movimientos articulares rotatorios en movimiento lineal (mediante el alargamiento o acortamiento de las palancas del sistema) o movimiento angular en el extremo distal de los nexos del sistema (con relación a la articulación próxima).

El resultado del trabajo de los movimientos ejecutados por la cadena cinemática varía mucho según las condiciones específicas del sistema en un momento dado (p. ej., la disposición relativa de los nexos y el potencial motor de un grupo de músculos concreto). Además, el resultado del trabajo de los ejercicios en las cadenas cinemáticas se relaciona con cambios cualitativos y cuantitativos mayores en las parejas cinemáticas.

El perfeccionamiento del movimiento mediante la cadena cinemática se asegura con tres factores básicos:

- un incremento de la amplitud de trabajo del movimiento;
- una concentración de la fuerza dinámica en cierta parte de aquella amplitud;
- una interacción óptima entre los músculos implicados.

Se logra un incremento de la amplitud del trabajo mediante una amplitud mayor de movimiento de la articulación y por medio de un incremento de la elasticidad y la fuerza de los grupos musculares correspondientes y de sus tejidos conectivos relacionados (Topolyan, 1951; Ivanitsky, 1956; Donskoi, 1960). La amplitud del movimiento aumenta en dos direcciones de la cadena cinemática, al comienzo y al final de la amplitud. Esto se realiza en el primer caso mediante un aumento de la fuerza muscular y de la capacidad de los músculos para desarrollar gran fuerza durante el movimiento, así como con un incremento de la elasticidad de los músculos antagonistas funcionales. La fuerza producida muestra dos características claras en el curso del movimiento:

1. Una disminución de la tensión muscular al final del movimiento, sobre todo cuando se realiza un trabajo balístico (que es más pronunciado cuando el movimiento es más rápido y es menor la resistencia externa).
2. Se producen un incremento y una concentración de la fuerza de trabajo en cierta parte de la amplitud de movimiento.

La primera característica es un reflejo protector expresado por la acción inhibidora de los músculos antagonistas, y se relaciona con el papel del sistema motriz (Pierson, 1965). Este mecanismo no cambia con el aumento de la maestría deportiva, que concierne a la segunda característica y se relaciona directamente con el proceso de producción de un movimiento biomecánicamente apropiado, como ya se dijo con anterioridad.

El rendimiento del trabajo de una cadena cinemática se produce por el trabajo coordinado de los grupos musculares que rodean a cada una de las articulaciones. La coordinación de la fuerza y la función de ciertos grupos músculares tienen sus propias características en este contexto. Vale la pena apreciar que los dos siguientes ejemplos no se han analizado aún adecuadamente en los libros sobre el deporte:

Urheberrechtlich geschütztes Material

a) La fuerza resultante es menor que la suma de las fuerzas de los músculos que cada pareja cinemática es capaz de producir (Verkhoshansky, 1961, 1965, 1970; Yegorov, 1966). Por ejemplo, en la flexión aislada del codo, la fuerza aumenta a medida que el ángulo de la articulación del codo disminuye y alcanza una máxima isométrica en torno a los 90°. Sin embargo, en la flexión aislada del hombro, no hay diferencia significativa en la fuerza isométrica entre los 0° y los 160° (Campney & Wehr, 1965). Si todo el brazo ejecuta un trabajo de estiramiento (extensión simultánea del hombro y flexión del antebrazo con el punto de trabajo situado en la mano), la fuerza isométrica máxima se produce en torno a los 160° en la articulación del codo. Si el trabajo de propulsión se ejecuta con toda la extremidad (p. ej., participa el hombro y el codo), la fuerza isométrica máxima se desarrolla con el codo próximo a una flexión completa; p. ej., cerca del comienzo de la flexión.
b) Con una extensión aislada de la rodilla, la fuerza máxima se produce (con ligeras variaciones) entre los 80° y los 130° para descender en seguida con rapidez (Campney & Wehr, 1965; Williams & Stutzman, 1959). Sin embargo, con el trabajo de propulsión cuando los nexos del sistema se alargan (extensión tanto en la cadera como en la rodilla), la fuerza máxima se produce cuando el ángulo de la cadera está próximo a la extensión máxima y cuando el ángulo de la rodilla está cerca de los 160° (Dorofeyev, 1965; Yegrov, 1966).

Estos ejemplos ilustran la adaptación del cuerpo a la marcha humana bípeda. Es posible que el último ejemplo de la fuerza de extensión máxima de la rodilla, que se produce con una extensión casi completa de la cadera, se relacione con la dominancia del paso erecto en el hombre.

Semeyenov y Tatyanov (1976) han llegado a la conclusión de que existe una correlación pequeña entre las mejoras en los ejercicios de carrera o salto y el momento máximo individual de cada articulación de las extremidades inferiores, que con la fuerza producida por las extremidades en conjunto. Esta correlación se incrementa de manera apreciable con el aumento de la maestría, lo cual manifiesta que la eficacia de los movimientos está determinada por la capacidad para optimizar el potencial muscular; p. ej., cuando cualquier deficiencia funcional es superada por otras ventajas físicas.

La realización de un análisis cuidadoso de las combinaciones de grupos musculares en varias condiciones de trabajo dentro de la cadena cinemática permite identificar ciertas características biomecánicas. Según cuales sean las actividades, el deportista oriente de forma involuntaria los nexos relativos de la cadena cinemática para asegurarse de que la fuerza de trabajo requerida emplea simultánea o secuencialmente los ángulos de fuerza máxima de cada articulación implicada.

El primer caso (a) se relaciona con la superación de una resistencia externa grande, como una tensión isométrica (p, ej; el intento de mover un objeto pesado). El segundo caso (b) es típico de movimientos que necesitan imponer en la medida de lo posible una velocidad grande a un objeto o masa corporal externos en condiciones de amplitud de trabajo limitada (p. ej; el despegue en un salto).

Esta relación funcional entre los grupos de músculos implicados en la cadena cinemática es tal que el movimiento comienza con la acción de los músculos más potentes de las articulaciones próximas (los músculos clave de la cadena) y es culminado cor el apoyo de los nexos distales de las articulaciones que están fijas con rigidez. Los nexos distales participan entonces en el trabajo, mientras que en los nexos próximos, la fijación comienza en las articulaciones para proveer una base estable para los movimientos de los nexos distales.

Por tanto, los deportistas siempre se esfuerzan por iniciar la fuerza del trabajo por medio de las zonas angulares de las articulaciones de mayor

Urheberrechtlich geschütztes Material

fuerza en situaciones específicas. Podemos afirmar que la técnica deportiva se desarrolló a lo largo de muchas décadas precisamente sobre esta base para brindar las condiciones más favorables en las que ejercer una fuerza máxima en un tiempo y posición apropiados. Sin embargo, en ciertos casos, se produce un conflicto entre estos mecanismos y los requisitos del movimiento durante la práctica de la actividad deportiva. Esto muestra en concreto la necesidad de incrementar la amplitud de trabajo de un movimiento, sobre todo cuando es necesario ejercer la fuerza máxima durante una amplitud en la que esta fuerza no se puede producir en gran medida sobre la base de la estructura anatómica.

Sin embargo, la gran capacidad de adaptación del cuerpo nos permite hallar la solución óptima para tales situaciones conflictivas. Esto es posible, por ejemplo, cuando los grupos musculares correspondientes (antes de iniciar la fuerza de trabajo) poseen cierta tensión adicional durante la fase del movimiento preparatorio. Por tanto, durante la fase de amortiguación (fase de absorción de choques) de los saltos verticales, la energía elástica acumulada al final de esta fase favorece la extensión subsiguiente de las rodillas.

Por tanto, es posible comenzar desde ciertos ángulos articulares en los que se produce la fuerza máxima y se logra la ganancia mayor de amplitud de movimiento comparado con los saltos desde una posición inicial de media sentadilla (p. ej., sin la fase de amortiguación). Existe una tendencia de la amplitud de la amortiguación durante la flexión de las rodillas a disminuir después de un salto horizontal. Se observa un esfuerzo evidente por actuar cerca de los ángulos de fuerza máxima de ciertas articulaciones debido a las grandes cargas dinámicas a las que se enfrentan. Parte de la pérdida de amplitud del movimiento se ve compensada con la energía elástica adicional acumulada y liberada por el complejo muscular. Por tanto, hay una secuencia específica en el proceso que lleva a perfeccionar un movimiento a nivel de la cadena cinemática:

1. La elección de la amplitud de trabajo óptima de un movimiento basado en la interrelación entre los ángulos de fuerza máxima de cada articulación, el potencial motor de los músculos y las condiciones que favorecen la resolución de la tarea motriz:

   a) en el caso de las cargas externas pequeñas hay un intento característico por incrementar la amplitud del movimiento independientemente de las zonas de fuerza máxima de cada articulación;
   b) en el caso de cargas externas grandes en las que faltan las reservas adicionales de fuerza, el movimiento se caracteriza por verse favorecido por la disminución de la amplitud de trabajo junto con un esfuerzo por ejecutar acciones cerca de la zona de fuerza máxima;
   c) en el caso de cargas externas grandes con fuentes adicionales de movimiento (p. ej., la fuerza de la inercia y la energía elástica de los músculos y los tejidos conectivos), existe la posibilidad de que haya cierto incremento de la amplitud de trabajo fuera de las zonas articulares de fuerza máxima;
   d) en todos los casos, la disminución forzada de la amplitud de movimiento se ve compensada con el almacenamiento de energía elástica en el complejo muscular, acumulada durante las fases preparatorias del movimiento, lo cual asegura una poderosa contracción muscular inicial.

2. Un incremento de la fuerza motriz máxima y su concentración sobre todo al comienzo de la zona de trabajo.
3. La participación de los músculos de la cadena cinemática en el trabajo dentro de una secuencia apropiada que les permita producir fuerza y velocidad de contracción a lo largo del movimiento.

Urheberrechtlich geschütztes Material

4. Un intento por ejecutar el movimiento dentro de las zonas de fuerza máxima de cada articulación y mejorar a la vez su eficacia mediante el almacenamiento de energía elástica durante la fase preparatoria.

El sistema cinemático

El sistema cinemático posee muchos grados lineales y rotatorios de libertad, por lo que el proceso que lleva a perfeccionar el movimiento desde el nivel de parejas cinemáticas al nivel del sistema cinemático está muy relacionado con el control y la organización eficaz de la acción motriz. Sin embargo, los factores biomecánicos siguen desempeñando un papel importante.

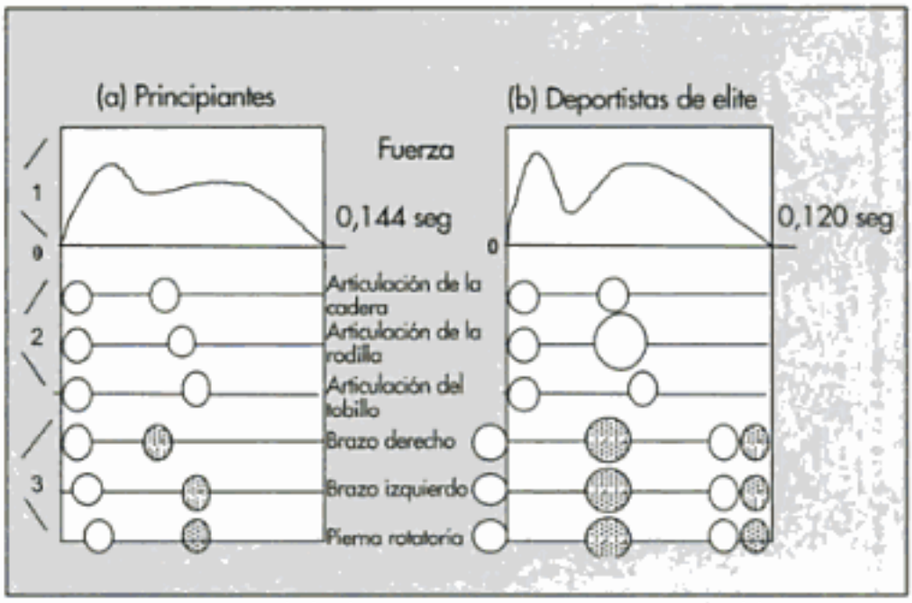


FIGURA 2.12 *Secuencia de la dinámica activa y reactiva acentuada del sistema motor durante el segundo despegue de un triple salto: 1. curva resultante de la fuerza-tiempo; 2. acentuación de la tensión de los músculos relevantes de las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo de la pierna de apoyo (medida con un miotensiómetro); 3. acentuación de la dinámica activa y reactiva (círculos sombreados de un movimiento rotatorio relacionado con el balanceo de los brazos y la pierna. a = principiantes, y b = deportistas de elite. Los círculos en blanco se refieren al esfuerzo voluntario concentrado y activo.*

Las características del perfeccionamiento del movimiento consideradas con anterioridad se relacionan con la secuencia de acciones musculares generadas en la cadena cinemática y que implican en gran medida al sistema cinemático. La única diferencia estriba en el número de grupos musculares que interactúan funcionalmente. Esta interacción comprende sobre todo el trabajo de los grupos músculares más fuertes de las piernas y el tronco, seguido por el de los músculos de la cintura escapular.

Por tanto, el perfeccionamiento del movimiento está relacionado con la determinación del método más eficaz para unir las cadenas cinemáticas individuales, así como sus mecanismos de trabajo, en un único sistema de trabajo. La organización lógica de estos mecanismos puede considerarse la estructura biodinámica de un acontecimiento motor complejo, lo cual se tratará por separado debido a su significación especial.

Perfeccionamiento de la estructura biodinámica de los movimientos

El programa motor que subyace a los ejercicios deportivos comprende ciertas relaciones de causa y efecto entre sus elementos individuales y su patrón de producción de fuerza dependiente de los procesos neuromusculares. En el curso de la consecución de la maestría deportiva, estas relaciones cambian continuamente mientras el cuerpo busca una interacción más eficaz entre los elementos del complejo motor, y su estructura biodinámica[1] adquiere mayor información para mejorar el proceso.

Esta estructura constituye el marco básico del sistema del movimiento y determina sus caracterís-

1: Verkhoshansky en principio empleó la expresión «estructura dinámica» para este concepto; sin embargo, este término se empleó con frecuencia sin prestar atención particular a su significado respecto al movimiento humano. Por tanto, es más apropiado emplear el término «estructura biodinámica», haciendo hincapié en que no nos referimos simplemente a la acción de la fuerza como una entidad de la física, sino como un proceso motor activo que implica un complejo de factores psicológicos y biológicos.

Urheberrechtlich geschütztes Material

ticas espacio-temporales y el funcionamiento del resultado del trabajo. Por tanto, la estructura biodinámica del ejercicio específico de un deporte es una condición extremadamente importante para resolver con éxito el problema del entrenamiento de la fuerza especial. Por lo que respecta a la estructura biodinámica de la acción deportiva, el campo de la fuerza, que es el resultado de la interacción entre el deportisa y los objetos externos, se divide en fases de acción voluntaria y reacción refleja (Verkhoshansky, 1958, 1963, 1966, 1968).

Inicialmente, estos elementos dinámicos se manifiestan débilmente y se distribuyen con irregularidad a lo largo del campo de la fuerza (fig. 2.12a). No sólo varía en gran medida la coordinación en el espacio, sino que el acto motor en conjunto sigue siendo dinámicamente inestable y su efecto final es ineficaz e inestable. Cuando se produce la adaptación a la situación, el deportista desarrolla la capacidad para desempeñar con mayor eficacia las tareas motrices. Esto se relaciona con las distinciones y los aumentos de las acentuaciones dinámicas, que se localizan claramente dentro de los límites del complejo motor y que se unifican en un sistema específico e interrelacionado (fig. 2.12b). Ahora, con la repetición de un acto motor, el grado de variación de sus elementos disminuye, el proceso se puede ejecutar en un periodo más corto y sus elementos no se suman simplemente en el espacio y en el tiempo, sino que interactúan según un patrón específico de acciones simultáneas y secuenciales.

La correlación entre los elementos dinámicos es tal que cualquier cambio que se produzca en las características de uno de ellos se refleja en los otros, incluso si está poco relacionado en el espacio y en el tiempo. La interrelación de elementos establece un programa jerárquico que implica el papel dominante de algunos y el papel subordinado de otros. Por tanto, se pueden separar los elementos clave cruciales para la dirección de las tareas motrices, y organizar los elementos que actúan como componentes fundamentales de la estructura biodinámica, y, por tanto, incrementar el valor funcional de estos elementos clave.

La estructura biodinámica de una acción motriz permite que un deportista haga un empleo eficaz de su potencial motor para ejecutar tareas físicas específicas. A medida que el sistema motor conforma un todo integrado, reacciona y funciona como un conjunto. Cuando una estructura biodinámica está firmemente establecida, los actos motores se reproducen con un nivel de eficacia mayor que incrementa su resultado del trabajo mediante el empleo óptimo del potencial motor del cuerpo.

Como ya se ha dicho con anterioridad, la estructura biodinámica está constantemente perfeccionándose mediante el refinamiento de las conexiones entre los elementos del complejo motor. Sin embargo, el complejo motor posee cierta flexibilidad en situaciones específicas así como capacidad para superar poderosas influencias externas sin interrumpir su eficacia funcional. Esto es posible gracias a la capacidad de la estructura biodinámica para adaptarse a las situaciones externas.

Hay que hacer hincapié en que el principio de la organización dinámica se aplica a cualquier acto motor complejo. Sin embargo, los ejercicios acíclicos exigen la producción de una fuerza significativa durante un tiempo mínimo, lo cual hace que el concepto del entrenamiento consista en formar y perfeccionar la estructura biodinámica. Por otra parte, los ejercicios cíclicos requieren el mantenimiento prolongado de la producción de trabajo. En este caso, la estructura biodinámica se desarrolla con más rapidez, su posición es más sencilla y el concepto de entrenamiento consiste básicamente en el perfeccionamiento de las contribuciones de las funciones involuntarias del cuerpo.

La estructura biodinámica forma parte del campo de la fuerza general, p. ej., la suma de todas las fuerzas externas e internas que circundan al cuerpo mientras desempeña una tarea motora dada. La fuerza que produce el movimiento es la suma geométrica de las fuerzas reactivas externas e internas.

Urheberrechtlich geschütztes Material

Cuando su clasificación se basa en el carácter, origen y dirección de la fuerza, los componentes del campo de la fuerza se reconocen por lo siguiente:

1. La fuerza motriz activa producida por la contracción muscular.
2. La fuerza reactiva que surge como resultado de la interacción entre los músculos activos y el medio ambiente.
3. La fuerza acumulada almacenada en el complejo muscular como energía elástica durante las fases preparatorias de un movimiento.
4. La fuerza de inercia del cuerpo o sus nexos.
5. El peso del cuerpo o sus nexos.

Cada uno de estos factores participa en el proceso de resolver las tareas motoras y tiene una influencia clara sobre los resultados. Por tanto, hay que tenerlos en cuenta a todos y cada uno de ellos cuando se analice la estructura biodinámica del sistema de movimiento y se seleccionen los medios de entrenamiento de la fuerza especial. Estas fuerzas, según el lugar o el punto de aplicación, son internas o externas al cuerpo; y según la dirección de movimiento del cuerpo, pueden ayudar u ofrecer resistencia al movimiento.

Es necesario identificar nuevas características del campo de la fuerza. En relación con el cuerpo, el campo de la fuerza consta de dos sistemas:

- la interacción externa con el sistema motor;
- la interacción interna con el sistema motor.

Estos sistemas aparecen simultáneamente y en varios aspectos actúan con independencia uno del otro, aunque está claro que influyen el uno en el otro hasta un extremo que aumenta a medida que mejora la pericia deportiva. La composición del sistema de interacción externa influye de manera decisiva en la estructura del sistema interno de la fuerza, mientras que el sistema de interacción interno depende de la magnitud y dirección del movimiento resultante y su cambio en el tiempo.

De ahí que la estructura biodinámica de una acción deportiva pueda ser el concepto apropiado sólo si representa parte del campo de la fuerza general. Al mismo tiempo, el control de la interacción externa del sistema motor sólo es posible a través de la estructura biodinámica interna. Por consiguiente, cuando nos refiramos al control de los movimientos de un deportista, no hay que tener tan en cuenta el movimiento (p. ej., el desplazamiento relativo de los nexos del cuerpo), sino la estructura biodinámica y su influencia sobre el efecto de trabajo del movimiento. Esto conforma la base pedagógica del problema del control del movimiento humano.

Especialización para el desarrollo de la Maestría deportiva

Una de las características principales del proceso de alcanzar la maestría deportiva (PAMD) es el perfeccionamiento continuado del sistema físico de los deportistas que se produce con cierta regularidad. Al comienzo, el cuerpo reacciona a un régimen motor nuevo con todo el sistema y esto es suficiente para obtener éxitos deportivos iniciales; sin embargo, la adaptación subsiguiente tiende a ser más selectiva, condicionada por los elementos específicos motores y las peculiaridades de los factores externos. En tales condiciones, es posible que uno de los sistemas del cuerpo experimente un desarrollo considerable, mientras que otro se desarrolle menos, según sus papeles respectivos en la consecución de los requisitos de la actividad motora.

La adaptación se ha estudiado con bastante detalle en distintos libros sobre la anatomía, fisiología, medicina, biomecánica y bioquímica del deporte; sin embargo, el carácter y el *tempo* de las adaptaciones y su interrelación con el PAMD no se han estudiado de forma adecuada. Éste es un problema importante en la aplicación de la ciencia del ejercicio y constituye el fundamento científico de todas las teorías sobre el entrenamiento deportivo. A continuación se tratarán algunas de las características

Urheberrechtlich geschütztes Material

de adaptación del sistema motor de los deportistas durante la preparación a largo plazo para desarrollar la fuerza.

Formas específicas de producir fuerza muscular

Según la estructura de la coordinación primaria de la actividad motora, la fuerza muscular adquiere una especificidad que se vuelve más aparente a medida que aumenta el nivel de maestría deportiva del deportista. Algunas de las fundamentales formas específicas en las que se utiliza la fuerza en las actividades deportivas son: la fuerza absoluta, la fuerza explosiva y la fuerza-resistencia.

La fuerza máxima caracteriza el potencial de fuerza del deportista y es un indicador de la fuerza muscular isométrica voluntaria máxima que se puede producir sin un límite de tiempo o un límite de cantidad de peso levantado. El término fuerza absoluta a menudo se considera en otros libros como sinónimo de fuerza máxima, pero en este texto se refiere a la fuerza involuntaria máxima (ver cap. 1).

La fuerza relativa de un deportista (p. ej., la cantidad de fuerza producida por kilogramo de masa corporal o sistema motor) también se define en el mundo del deporte. A veces se emplea este índice para comparar la fuerza de los deportistas de masa corporal distinta, aunque es preferible desde la óptica científica reservar su empleo para valorar los cambios que el deportista experimenta con el tiempo. La comparación de la fuerza de los deportistas de distinta masa corporal es mucho más precisa si se aplican las ecuaciones de ajuste que se detallan en el siguiente capítulo (ver cap. 3).

La fuerza-velocidad caracteriza la capacidad para realizar con rapidez un movimiento sin carga o un movimiento contra una resistencia relativamente pequeña. La fuerza-velocidad se valora mediante la velocidad del movimiento.

La fuerza explosiva representa la capacidad para producir fuerza máxima en un tiempo mínimo. El índice de fuerza explosiva Fe a menudo se describe vagamente mediante la división de la fuerza máxima por el tiempo (tmáx) que cuesta alcanzar este nivel de fuerza (fig. 2.13a):

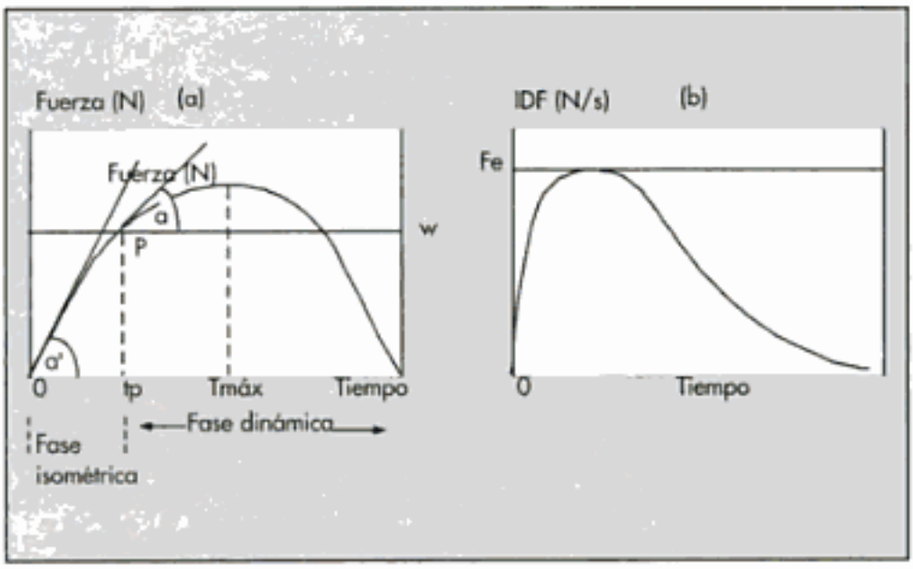


FIGURA 2.13 *(a). Curva de la fuerza-tiempo de un método empleado para determinar la fuerza explosiva, inicial y de aceleración. W es el peso que supera la fuerza F(t). El movimiento sólo se produce cuando la fuerza supera al peso W del objeto. (b) Curva del índice de desarrollo de la fuerza (IDF) obtenida mediante el trazo gráfico de la pendiente (= tangente a) de la línea de fuerza-tiempo frente al tiempo. El índice máximo de desarrollo de fuerza representa la fuerza explosiva Fe.*

$$Fe = Fmáx / tmáx \text{ (Newtons por segundo)}$$

Aunque, matemáticamente, la proporciona el valor máximo de la pendiente de la curva de la fuerza-tiempo:

$$Fe = (dF/dt)máx$$

en donde (dF/dt) es el índice de desarrollo de la fuerza (IDF) en cualquier momento.

A veces, la Fmáx/tmáx se llama de forma errónea grandiente Fe, o se localiza en la pendiente de la curva de fuerza-tiempo cuando la fuerza dinámica alcanza una máxima. La

Urheberrechtlich geschütztes Material

pendiente de la máxima (o la mínima) de una curva ondulante es siempre cero, por lo que este método de cálculo es inservible.

La producción de fuerza explosiva también se describe con otro índice llamado coeficiente de reactividad (CR), que es el índice de fuerza explosiva en relación al peso corporal o al peso del objeto que se mueve:

$$CR = Fmáx / (tmáx \cdot W) = IDFmáx/W$$
$$= Fmáx / (tmáx \cdot m.g) = IDFmax / m.g.$$

La forma más fiable de valorar el desarrollo de la fuerza en cualquier momento es trazar gráficamente la pendiente (= tangente a) de la línea de fuerza-tiempo en comparación con el tiempo, o bien emplear un ordenador para trazar al mismo tiempo las curvas de la fuerza comparándolas con las del tiempo y la derivada (dF/dt) de la curva F-t (p. ej., el índice de desarrollo de la fuerza) frente al tiempo. La máxima de esta curva del índice de desarrollo de la fuerza (IDF) proporciona una medida exacta de la fuerza explosiva (fig. 2.13b). Además, hay que señalar que cuanto menor es el valor del tmáx, más explosivo resulta el movimiento. El análisis de la curva F(t) de la fuerza explosiva muestra tres características principales del movimiento (Verkhoshansky, 1966, 1970, 1972):

- la fuerza máxima de los músculos implicados (Fmáx);
- la fuerza inicial o la capacidad de los músculos para desarrollar fuerza al comienzo de la contracción de trabajo antes de que se produzca el movimiento externo;
- la fuerza de aceleración o la capacidad para alcanzar en el tiempo una fuerza externa máxima mientras se desarrolla tensión muscular isométricamente o al comienzo de una contracción dinámica.

La fórmula siguiente se emplea para calcular un índice de fuerza inicial Fi (o el gradiente de la Fi), que se manifiesta tan pronto como se produce la coordinación en condiciones isométricas cuando t = 0:

Fi = (dF/dt)0 = la tangente (tan a) de la curva F(t) en su origen (fig. 2.13).

Este índice también se calcula según la siguiente ecuación:

Fi = 0,5 Fmáx /t0,5 en donde t0,5 es el tiempo invertido en alcanzar la mitad de la Fmáx.

La fuerza de aceleración Fa (o el gradiente de la Fa) se manifiesta tan pronto como la fuerza supera la carga y el movimiento se produce en el instante t = tp, que se determina con la fórmula:

Fa = (dF/dt)P = tangente (tangente a) de la curva F(t) en el punto P

Puesto que el movimiento es explosivo y la diferencia entre el tmáx y tp es pequeña, esta derivada se manifiesta aproximadamente con la expresión:

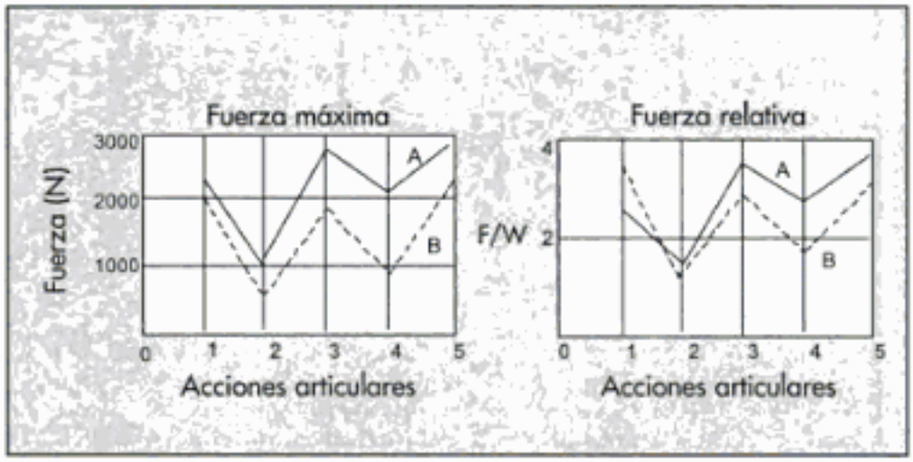


FIGURA 2.14 *Perfil dinamométrico de los saltos de altura (A) y las carreras de fondo (B) con distintas acciones articulares: extensión del tronco (1), flexión del tronco (2), extensión de piernas (3), flexión plantar de los tobillos (4) y dorsiflexión de los tobillos (5). La fuerza se expresa en newtons y la fuerza relativa es la relación entre la fuerza (F) y la masa corporal (W).*

Urheberrechtlich geschütztes Material

Fa = (Fmáx -W) / (tmáx - tp) en donde W = m.g es el peso de la carga.

A veces, el gradiente de la fuerza de aceleración también se calcula con la siguiente ecuación, análoga a la aproximación aportada por la ecuación que se emplea para obtener la fuerza inicial:

$$Fa = 0{,}5\ F / (tmáx - t0{,}5).$$

La fuerza explosiva se manifiesta por lo general en los movimientos deportivos cuando la contracción de los músculos activos durante las fases fundamentales del ejercicio va precedida por un estiramiento mecánico. En este caso, el paso del estiramiento a la contracción activa recurre a la energía elástica del estiramiento para aumentar la potencia de la contracción subsiguiente. Esta capacidad específica de los músculos se llama capacidad reactiva (CRe).

La fuerza-resistencia se caracteriza por la capacidad para mantener con eficacia el funcionamiento muscular en condiciones de trabajo de larga duración. En el mundo del deporte esto atañe a la capacidad para producir una cierta fuerza mínima durante un periodo prolongado. Hay distintos tipos de funcionamiento muscular relacionados con esta capacidad, como son el mantener una postura o posición dadas (fuerza-resistencia estática), mantener un trabajo cíclico de intensidades distintas (fuerza-resistencia dinámica) o ejecutar de forma repetitiva un esfuerzo explosivo (fuerza-resistencia explosiva).

La topografía funcional del sistema muscular

Las observaciones realizadas sobre algunas capacidades funcionales de ciertos grupos de músculos, adaptadas de un estudio fisiológico (Uflyand, 1965), nos han permitido determinar la topografía funcional del sistema muscular. Por lo general, las observaciones básicas conciernen a la fuerza máxima de ciertos grupos de músculos. La representación visual de la topografía de la fuerza muscular proporciona el llamado perfil dinamométrico (Uflyand, 1965), elaborado de acuerdo con el registro dinámico de la fuerza de distintos grupos músculares (fig. 2.14).

El perfil dinamométrico permite comparar la fuerza de los deportistas. Tiene interés particular el estudio del perfil dinamométrico general, porque determina la topografía de la fuerza de los grupos músculares representativos de los deportistas de distinta especialidad, así como los cambios en el

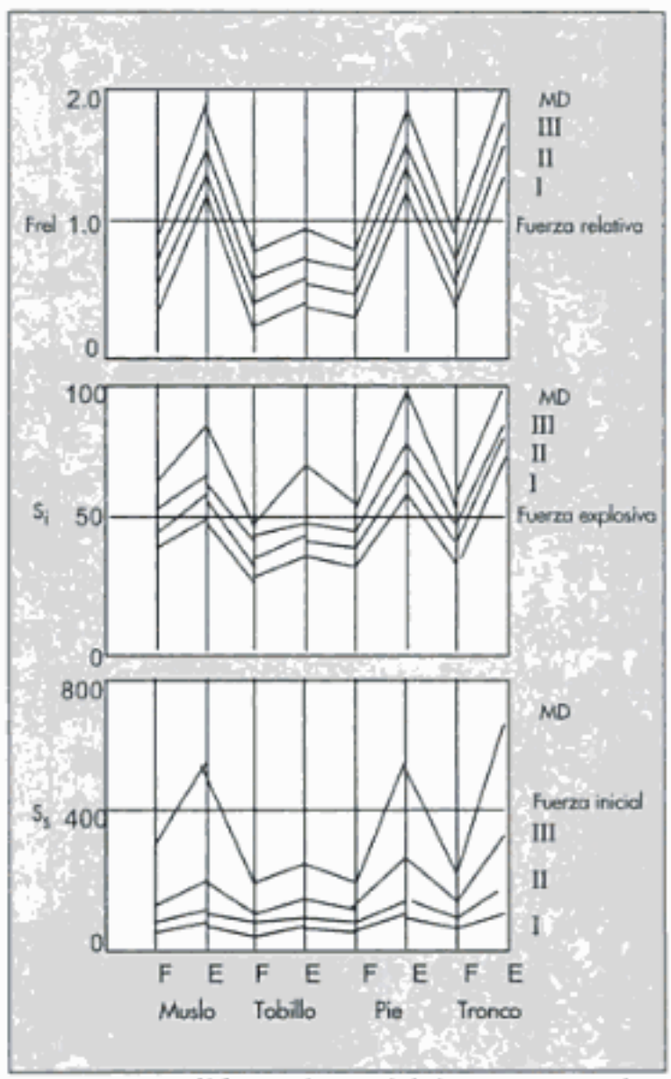


FIGURA 2.15 *Perfil funcional general de los sistemas musculares de mujeres velocistas. Las distinciones I, II, III y MD se refieren a las clases I, II, III, y Maestría deportiva, respectivamente. F y E son la flexión y la extensión, respectivamente. Frel = fuerza relativa.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

perfil general del aumento de la maestría deportiva. Este perfil general refleja las características de la fuerza de los deportistas de un deporte concreto y sirve hasta cierto punto como criterio para controlar el proceso del entrenamiento.

Semeyenov y otros (1971) demostraron que el perfil dinamométrico general de los deportistas de una especialidad se mantiene a medida que aumenta la maestría deportiva (fig. 2.15); sin embargo, siempre hay alguna irregularidad en el índice del desarrollo de la fuerza relacionado con las condiciones cambiantes de la interacción entre el deportista y los objetos externos, lo cual determina que algunos grupos musculares manifiesten un potencial mayor para el desarrollo y otros, menor.

Por tanto, el perfil dinamométrico manifiesta con claridad el carácter especializado del perfeccionamiento de la acción motriz de un competidor en un deporte concreto. Sin embargo, la fuerza muscular es sólo una de las características de la especialización funcional del sistema motor. Las personas con perfiles dinamométricos iguales muestran resultados deportivos diferentes. La causa de esto es el distinto nivel de desarrollo de indicadores tales como la capacidad para producir con rapidez fuerza externa desde el comienzo de la tensión muscular.

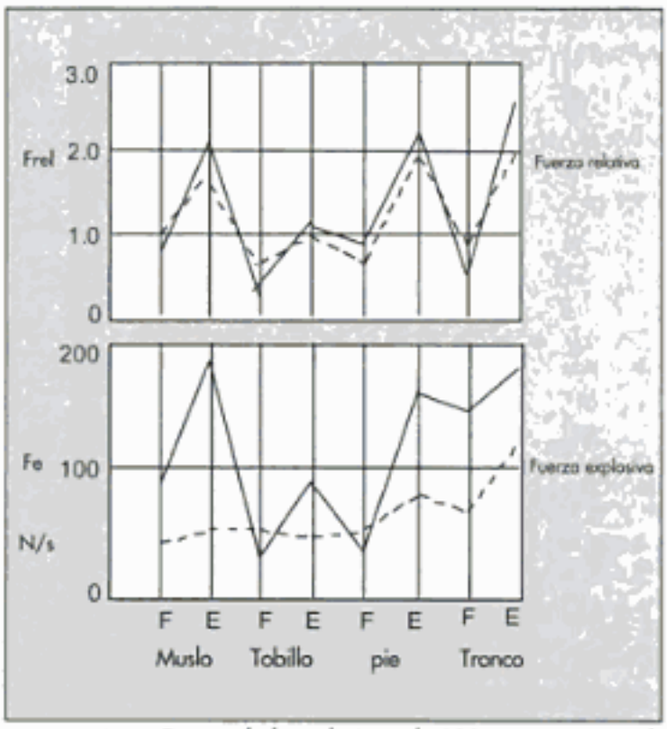


FIGURA 2.16 *Fuerza de los velocistas de 100 m con marcas de 12,1 segundos (línea continua) y 12,4 segundos (línea discontinua).*

Por ejemplo, dos mujeres velocistas pueden tener cierta igualdad en la fuerza relativa (fig. 2.16), pero una de ellas corre los 100 m en 12,1 seg. y la otra en 12,4. seg . La razón de ello son las diferencias en las capacidades de la velocidad de los músculos para desarrollar con rapidez una fuerza de trabajo máxima (la relacion entre la fuerza máxima y el tiempo en que se desarrolla la tensión muscular isométrico-explosiva).

De lo cual resulta obvio que las características que reflejan la topografía del sistema muscular del deportista incluyen su diversidad y aquellas características de los músculos que son esenciales para el deporte en concreto. Esto permite obtener una idea general de lo que puede denominarse el perfil funcional (a veces llamado perfil polifuncional) del sistema muscular del deportista, lo cual tiene importancia a la hora de determinar los objetivos de su preparación especial.

La figura 2.15 ilustra el perfil funcional de mujeres velocistas de distinto nivel, sobre todo las características de la velocidad-fuerza. Las diferencias básicas en la velocidad-fuerza de las mujeres con un aumento del nivel de maestría se aprecia fácilmente en las dos líneas inferiores, sobre todo en la última.

Los perfiles funcionales indican con claridad que la adaptación específica del sistema motor implica sobre todo aquellos segmentos que se alcanzan de forma principal con el rendimiento deportivo. La naturaleza de esta adaptación refleja las características específicas del régimen de trabajo y, al mejorar la maestría, se desarrolla incluso con más fuerza.

Por tanto, el perfil funcional del sistema muscular es un requisito previo para formalizar los objetivos del entrenamiento de la fuerza especial, puesto que permite determinar los grupos musculares que se infradesarrollan y necesitan un trabajo especial.

Urheberrechtlich geschütztes Material

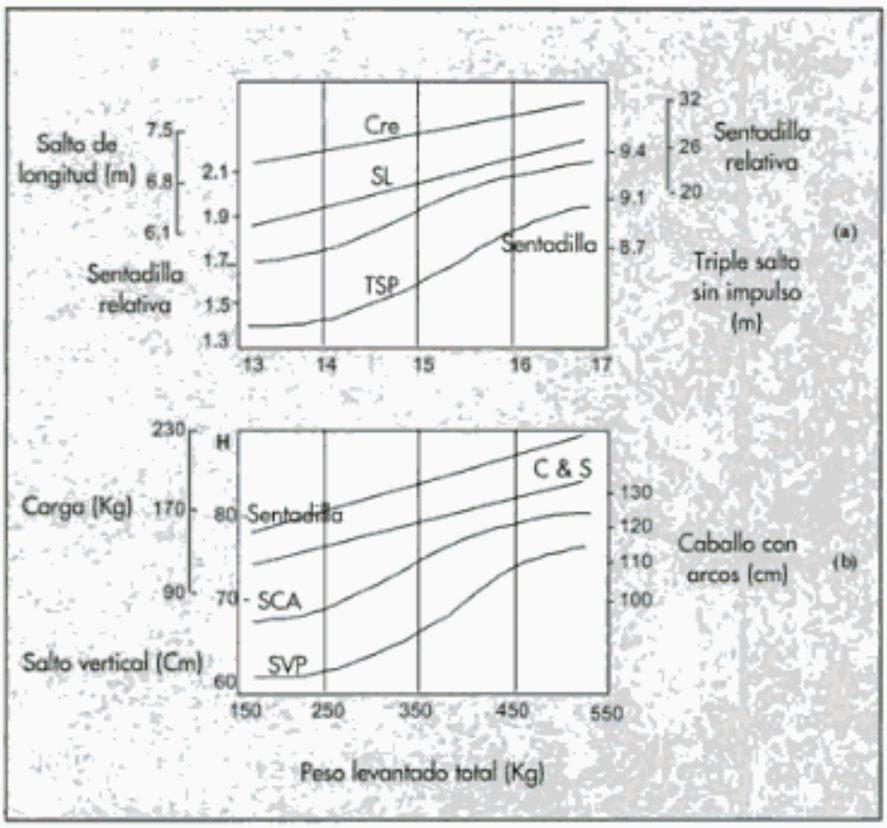


FIGURA 2.17 *Dinámica de los ejercicios de control relacionados con los resultados deportivos de saltadores de triple salto y halterófilos. Los datos de la halterofilia se aplican hasta 1971, cuando la competición constaba de tres pruebas: el press, la arrancada y la arrancada en dos tiempos (AT). Cre = capacidad reactiva; SL = salto de longitud; TSP = triple salto de pie; SCA = salto en el caballo con arcos; SVP = salto vertical de pie, y la sentadilla se refiere a las sentadillas tras nuca.*

Especialización motora para el desarrollo de la maestría deportiva

La fuerza especial de los deportistas de distinto nivel da una idea de las características más generales del sistema motor en el entrenamiento a largo plazo. Por ejemplo, existe una relación entre el incremento de la capacidad reactiva (CRe) del sistema neuromuscular y las mejoras en el salto de longitud y en el triple salto (fig. 2.17). Hay que señalar aquí que las capacidades valoradas con el triple salto de pie y las sentadillas tras nuca desarrollan una forma más compleja de correlación con el triple salto. Se aprecia una estructura análoga en la dinámica de los índices de control de la halterofilia olímpica.

Sin embargo, no hay que olvidar que en el ejemplo dado los índices de la dinámica examinados ofrecieron una combinación particular de capacidades motrices específicas. El índice de perfeccionamiento de cada una de ellas puede reflejar distintas relaciones cuyo conocimiento es vital para resolver los problemas que surgen al organizar el entrenamiento de la fuerza especial en el deporte.

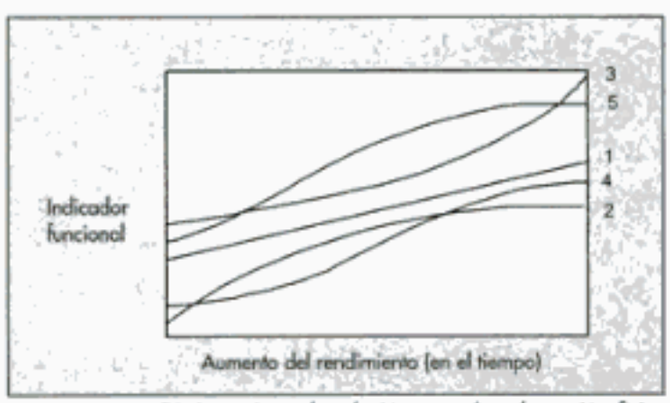


FIGURA 2.18 *Distintos tipos de relación entre la adaptación física y el rendimiento.*

El estudio detallado de esta cuestión muestra cinco variantes que describen la relación entre los indicadores de adaptación del cuerpo y el rendimiento deportivo (fig. 2.18). Esta relación se describe con las siguientes funciones matemáticas que suelen aplicarse en biología:

- lineal (1);
- exponencial con crecimiento lento (2);
- exponencial con crecimiento rápido (3);
- logístico, Gompertz y otras funciones sigmoideas (4);
- ley de la potencia y otras funciones parabólicas (5).

La primera variante (1) es característica de las capacidades motrices clave, p. ej., las capacidades dominantes que determinan el éxito en el deporte. La segunda variante (2) es característica de aquellas capacidades motrices que no son clave sino indicadores de la forma física general. Desempeñan un papel importante en los estadios iniciales del PAMD al asegurar las condiciones para un desarrollo armonioso del cuerpo y son la base del perfeccionamiento de las capacidades motrices específicas.

La tercera variante (3) es característica de la adaptación específica que determina sobre todo el nivel de desarrollo de las capacidades motrices clave, y, en consecuencia, el éxito de los logros deportivos en conjunto. La forma de esta relación muestra que la mejora del rendimiento deportivo requiere el desarrollo acelerado de las capacidades motrices clave. La correlación de estas con los resultados deportivos aumenta en gran medida con la mejora de la maestría deportiva.

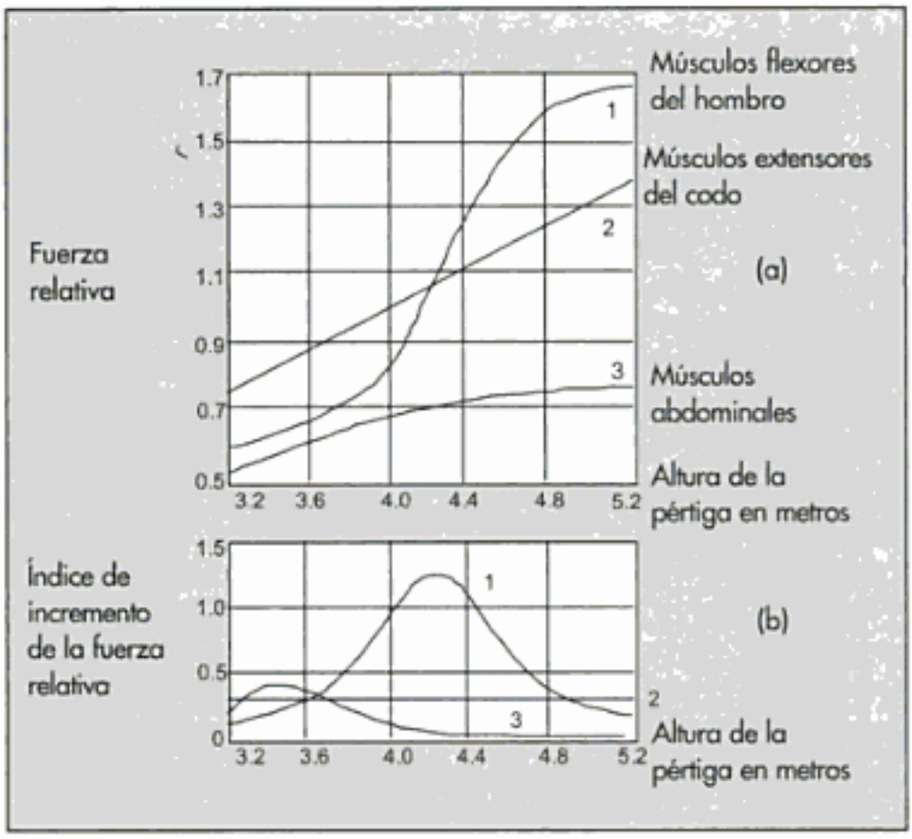


FIGURA 2.19 *(a) aumento de la fuerza relativa de los músculos flexores del hombro (1), de los musculos extensores del codo (2) y los músculos abdominales (3), de pertiguistas con mejora en la maestría deportiva.(B) aumento del ritmo en el cambio de fuerza relativa respecto a la altura alcanzada y con los mismos grupos musculares de los pertiguistas.*

La cuarta (4) y quinta (5) variantes son características de la variedad de capacidades motoras clave dinámicas y no esenciales para el PAMD.

Heterocronicidad

Se ha llegado a la conclusión de que, a medida que aumenta la maestría, se puede transferir una capacidad clave de un grupo múscular a otro para lograr ejecutar un movimiento dado. Las regularidades específicas en el proceso de la especialización funcional de los grupos musculares clave se observan particularmente en lo que se puede denominar heterocronicidad del índice de desarrollo de las capcidades motrices específicas. En ausencia de un término que describa el fenómeno, se acuñó esta palabra para describir el proceso durante el cual no se producen sucesos específicos de forma simultánea o asincrónica, sino en una secuencia compleja de pasos a acciones diferentes, cada una de las cuales establece las bases de la siguiente.

Por tanto, Nikonov y Verkhoshansky hallaron un desarrollo irregular de la fuerza en ciertos grupos de músculos de los pertiguistas. Si se comparan las curvas de la fuerza (fig. 2.19a), así como las derivadas (respecto a la altura) que describen el ritmo de aumento de la fuerza en relación a los logros deportivos (fig. 2.19b), entonces resulta fácil apreciar que los músculos flexores del hombro (1) prolongan el perfeccionamiento funcional iniciado por

Urheberrechtlich geschütztes Material

los músculos abdominales desde el momento en que la fuerza de éstos comienza a estabilizarse.

Esta continuidad tiene fácil explicación. Los deportistas principiantes elevan su cuerpo por encima de la pértiga mediante los músculos abdominales, pero, al aumentar su maestría, son los brazos y los hombros los que rápidamente pasan a hacer este trabajo. La fuerza de estos músculos aumenta de manera significativa al mismo tiempo que la de los músculos extensores del codo aumenta uniformemente (2).

En un estudio dirigido por Verkhoshansky y Purvin se descubrió que, al mejorar la maestría en el lanzamiento de pesos, el papel clave se desplaza de forma gradual de los músculos de los hombros a los músculos de las piernas. Entre los principiantes, la correlación entre los logros deportivos y la fuerza de los músculos de los brazos y las piernas es 0,83 y 0,37 respectivamente. Las cifras correspondientes entre los lanzadores de nivel son 0,73 y 0,87 respectivamente.

El estudio más detallado sobre la especialización funcional de los grupos musculares clave (en el ejemplo de saltadores y velocistas) también manifiesta el fenómeno de la heterocronicidad. Aparece en el ejemplo dado de dos formas:

- la falta de coincidencia del ritmo inicial de incremento de los factores de la fuerza específica (fig. 2.20a);
- la secuencia característica de la especialización funcional de los grupos músculares clave (fig. 2.220b).

Por tanto, la fuerza máxima y la fuerza absoluta (Fo) aumentan desde el inicio del entrenamiento; luego es la fuerza explosiva (Fe) la que comienza a aumentar y sólo más tarde aumenta de forma significativa la fuerza inicial (Fi). Sin embargo, hay que señalar que el incremento aproximadamente lineal de la fuerza absoluta y máxima es típico sólo en aquellos deportes en los que los deportistas superan una resistencia bastante pequeña y en los que es más importante la velocidad de producción de la fuerza de trabajo que la magnitud de la fuerza externa. En los estadios superiores de la maestría deportiva se produce por lo general un enlentecimiento del ritmo de aumento de la fuerza.

La segunda forma de heterocronicidad se manifiesta en la falta de coincidencia entre la aceleración inicial del crecimiento en los grupos musculares clave y las capacidades específicas como la fuerza inicial (fig. 2.22b). Se muestran primero en la flexión del tobillo, luego en la extensión del muslo y, finalmente, en la flexión del muslo.

Es fácil trazar la conexión entre las formas mencionadas de heterocronicidad para el perfeccionamiento de la acción de ciertos grupos musculares mediante el examen de los cambios en la capacidad de rendimiento del sistema motor en el entrenamiento a largo plazo. El comienzo del entrenamiento produce un aumento inmediato de la fuerza absoluta. Luego es la fuerza explosiva la que comienza a aumentar con la introducción del entrenamiento de la fuerza velocidad. Finalmente, el incremento del entrenamiento de la fuerza especial con el volumen general de medios (incluida la ejecución de los ejercicios deportivos fundamentales con una intensidad que se acerca a la de la competición) lleva a un rápido aumento de la fuerza inicial.

El fenómeno de la heterocronicidad dentro del proceso de especialización funcional del aparato de sostén depende, primero, de los distintos índices de desarrollo de la fuerza inicial de ciertos grupos musculares. Es más tarde cuando se involucran otros factores. Por ejemplo, los músculos flexores de las articulaciones de los pies se ven sometidos a cargas muy intensas al comienzo del entrenamiento. Por tanto, la mejora funcional específica se produce primero en ellos, como manifiesta el aumento de la fuerza inicial de los músculos flexores de los tobillos (fig. 2.20b). Entonces, a medida que la fuerza de los músculos extensores aumenta (en el despegue), la adaptación de los músculos extensores de

Urheberrechtlich geschütztes Material

las articulaciones de la rodilla y la cadera comienza a intensificarse.

Estos músculos actúan oponiéndose a la fuerza de la gravedad y la inercia de la masa del cuerpo, lo cual les exige producir una tensión significativa. Por otra parte, los músculos flexores de la cadera sólo tienen que superar la fuerza de la gravedad y la resistencia de la inercia de la masa de una sola pierna. Por consiguiente, requieren un énfasis menor en el perfeccionamiento funcional y, por tanto, los músculos flexores de la cadera son bastante más débiles y desarrollan la fuerza impulsiva con mayor lentitud que los músculos extensores de la cadera. Además, su fuerza inicial aumenta más tarde y se distingue por un incremento menos intenso.

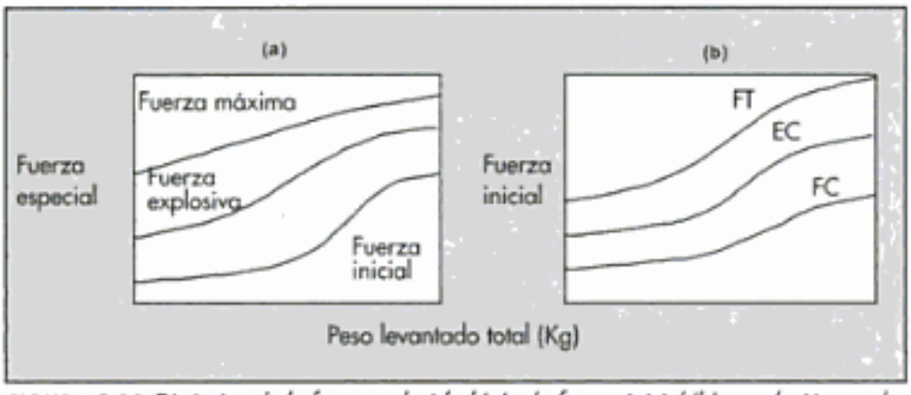


FIGURA 2.20 *Dinámica de la fuerza-velocidad (a) y la fuerza inicial (b) en relación con los resultados deportivos. FT = flexión del tobillo; EC = extensión de la cadera; FC = flexión de la cadera.*

Procesos de especialización

Debemos volver la atención al hecho de que la fuerza inicial y la fuerza explosiva aumentan lentamente durante el estadio avanzado de la maestría deportiva (fig. 2.20). Como se ha demostrado con anterioridad, esto se relaciona con una disminución de la eficacia de los medios del entrenamiento de la fuerza especial, lo cual parece ser una de las razones por las que el ejercicio deportivo en sí se erige en el entrenamiento de la fuerza especial, ejecutado con una intensidad casi-máxima. Por tanto la especialización funcional del aparato motor durante el PAMD sigue un patrón particular, que se puede expresar de la siguiente manera:

1. En el proceso de heterocronicidad que comienza con una adaptación funcional importante de ciertos grupos musculares.
2. En los distintos índices de adaptación funcional de estos grupos musculares.
3. En una secuencia específica para el desarrollo de las capacidades motrices requeridas.

La especialización funcional del cuerpo durante el PAMD se produce de dos formas básicas:

- especialización del aparato motor (ciertos segmentos de los cuales desarrollan una adaptación fuerte; p. ej., sobre todo los que soportan el trabajo pesado fundamental durante la actividad deportiva);
- especialización del cuerpo en conjunto y sobre todo aislamiento de las partes mencionadas del aparato activo al desarrollar aquellas capacidades motrices específicas que son necesarias para tener éxito en la práctica de una actividad deportiva concreta.

Por tanto, se trata de un problema de especialización del cuerpo a través, por una parte, del sistema fisiológico y de la capacidad motriz, por otra.

La especialización por medio del sistema fisiológico es local, restringida a grupos musculares específicos y a sus unidades funcionales. La especialización por medio de la capacidad se manifiesta en el desarrollo de estas capacidades del cuerpo en conjunto y, sobre todo, de los sistemas de trabajo claves que determinan el nivel de capacidad para el trabajo específico. A medida que aumenta la maestría deportiva, se vuelve más evidente el carácter local de la especialización funcional del cuerpo y de la especificidad de las capacidades motrices.

Urheberrechtlich geschütztes Material

El patrón de la especialización funcional a largo plazo refleja en esencia el curso natural de la adaptación (p. ej., no es realmente controlable porque sus características son desconocidas en gran medida). Hay que asumir que el tiempo y otros parámetros cuantitativos de los estadios y las tendencias de la especialización funcional del cuerpo no son precisamente definibles en la actualidad. Para mejorar la eficacia del entrenamiento a largo plazo, estos parámentros deben cambiar dentro de límites razonables para producir resultados óptimos. Dicho de otro modo, es el logro controlado de las regularidades de adaptación lo que determina el carácter y la dinámica de la especialización funcional del cuerpo durante el entrenamiento de la fuerza especial a largo plazo.

CARACTERÍSTICAS DE LA FORMA FÍSICA

La actividad deportiva se caracteriza por la introducción de un régimen de actividad física al cual no está acostumbrado el cuerpo. Éste trata de acomodarse a él con todo el complejo de sistemas, incluido el sistema nervioso central, el neuromuscular y muscular. La interacción entre las distintas respuestas de estos sistemas establece la eficacia de trabajo del cuerpo en conjunto.

Por tanto, es la forma física del deportista (p. ej., la adaptación funcional y estructural del cuerpo) la que determina la capacidad de trabajo. La capacidad de trabajo del cuerpo adquiere cierta especificidad que depende del tipo de deporte que se practique. Por eso se puede hablar del desarrollo primario de la capacidad para desarrollar capacidades como la fuerza, la velocidad y la resistencia y considerar su función motriz como característica clave.

Cada función clave experimenta una adaptación típica. Es en gran medida inherente a los deportistas de una especialidad concreta, aunque en cada caso tiene un carácter individual. Las diferencias individuales se manifiestan en la estructura de la fuerza. Deportistas distintos pueden obtener los mismos resultados empleando distintas contribuciones al trabajo mediante la acción de los grupos musculares básicos, sus distintas capacidades para contraerse con rapidez y su tendencia a compensar la falta funcional de un músculo con el desarrollo más pronunciado de otros. De ahí que el concepto de la estructura de la fuerza tenga gran importancia en la organización del entrenamiento de la fuerza y sobre todo a la hora de seleccionar medios eficaces para desarrollar la fuerza muscular.

La estructura de la forma física

El concepto de la estructura de las capacidades físicas en general ha sido formulado en muchos estudios, si bien sólo como una afirmación de los problemas planteados (Zatsiorsky, 1961, 1965; Verkhoshansky, 1963, 1970, 1972). Hasta ahora no se ha emprendido un análisis suficientemente profundo sobre el tema. Al mismo tiempo, los hallazgos sobre la estructura de la forma física han sido muy estudiados, sobre todo en lo que se refiere a la interrelación entre las capacidades físicas (durante su desarrollo) y la transferencia de estas capacidades de un tipo de actividad a otra (Zimkin, 1965; Yakovlev y otros, 1960; Zatsiorsky, 1965; Hebb, 1949; Lindeburg, 1949; Nelson, 1957; Woodwoth, 1958; Cratty, 1964). Estos estudios han llegado a las siguientes conclusiones:

- La transferencia de las capacidades físicas decrece con un aumento de la forma física específica (Zimkin, 1965; Zatsiorsky, 1965).
- La mecánica de la transferencia es en gran medida específica (Cumbeca y otros, 1957; Nelson, 1957; Bachman, 1961; Cratty, 1968; Lawther, 1968; Barrow, 1971).
- La interrelación entre las capacidades físicas puede ser positiva, negativa o neutra (Zimkin, 1956).
- La transferencia positiva de ciertas capacidades durante los estadios iniciales del entrenamiento puede implicar más tarde una transferencia negativa (Korobkov, 1958).

Urheberrechtlich geschütztes Material

Con frecuencia se ha afirmado que un entrenamiento que contenga ejercicios que en conjunto reúnan actividades de velocidad, fuerza y resistencia desarrolla mejor cada una de estas cualidades que el entrenamiento individual de cada una de ellas, incluso cuando la carga es mayor en las actividades separadas (Ozolin, 1949, 1970). La validez de esta afirmación se analizará más tarde en este capítulo.

El desarrollo de cada cualidad influye de forma positiva en el desarrollo de las otras, y de igual forma, la falta de desarrollo de una o más capacidades limita el desarrollo de las otras (Krestovnikov, 1951; Kaledin, 1961). Por ejemplo, el desarrollo de la fuerza y la velocidad mejora la capacidad para desarrollar la fuerza-velocidad (Zimkin, 1956; Kruznetsov, 1970).

La explicación teórica se basa en el mecanismo del reflejo condicionado que subyace en las actividades musculares aprendidas. El entrenamiento conlleva la formación de un fondo de conexiones temporales que sirve de fundamento sobre el que surgen las distintas combinaciones de las actividades motrices dependiendo del énfasis del entrenamiento. Se ha llegado a la conclusión de que, al principio, los medios de entrenamiento deben desarrollar las capacidades motrices por separado. Más tarde se integran sobre la base de los movimientos deportivos que se parecen a ellos desde el punto de vista estructural.

Avances recientes basados en numerosas investigaciones han suplementado el concepto surgido en la década de 1930 sobre la especificidad de las capacidades motrices (Downey, 1923; Allport, 1933; MxCloy, 1937; Verkhoshansky, 1970, 1972). Hacen hincapié en las relaciones altamente complejas entre las capacidades motrices, el desarrollo de los distintos medios para distintos tipos de actividad muscular, y el consiguiente bajo grado de generalidad, el alto grado de especificidad y la escasa transferencia de un tipo de actividad a otro.

La existencia de capacidades generales y específicas respalda este concepto. Las capacidades generales constituyen la base de la capacidad para ejercutar varias y distintas tareas, porque se relacionan con las fluctuaciones de las condiciones en las que se ejecutan las tareas. Las capacidades motrices generales proporcionan el fundamento para la ejecución de tareas motrices y determinan la relativa estabilidad del sistema neuromuscular. Están reguladas por la estructura física heredada y por la fisiología.

Las capacidades específicas reflejan los elementos específicos del rendimiento en las tareas motoras complejas, y son sobre todo resultado de la experiencia motriz adquirida por la interacción con el medio ambiente. Cuando las capacidades generales facilitan la ejecución de varios tipos parecidos de tarea, entonces las capacidades específicas se muestran independientes en gran medida y mejoran sólo una actividad específica. Se han hecho intentos por formular teorías que expliquen la fisiología de la especificidad y la independencia funcional de las distintas capacidades motrices por lo que respecta a la coordinación neuromuscular (Pitts, 1954; Henkey, 1960; Henkey & Whitlec, 1960; Smith, 1962). Sin embargo, estos intentos siguen siendo en gran medida especulativos puesto que se basan en investigaciones bastante rudimentarias.

A pesar de los numerosos estudios, muchos puntos siguen sin estar claros y son contradictorios por lo que respecta a la naturaleza de las capacidades de la fuerza. El análisis de los estudios publicados ha servido para identificar algunas de las conclusiones sobre las que los especialistas suelen estar de acuerdo (Verkhoshansky, 1970, 1972). En este sentido, son muchos los artículos que afirman: que la fuerza muscular desarrollada con un medio no tiene aplicación universal; que no existe correlación alguna entre la fuerza muscular absoluta y la velocidad de movimiento; que los ejercicios para la fuerza reducen la velocidad de movimiento; que no existe relación alguna entre la fuerza estática y la dinámica; que no hay transferencia del entrena-

Urheberrechtlich geschütztes Material

miento isométrico a la actividad dinamica, y que la fuerza dinámica se relaciona más con el rendimiento motor que la fuerza isométrica.

Sin embargo, hay que reparar en que tales conclusiones sobre la interrelación entre las capacidades motrices suelen basarse en datos obtenidos con personas de baja calificación deportiva y en lo que no se tiene en cuenta el proceso que lleva a alcanzar la maestría deportiva. Por tanto, es necesario ser muy cautos con estas conclusiones y limitar su aplicación a aquellas categorías de deportistas en las que se obtuvieron y no generalizarlas prematuramente.

El concepto de la estructura de la forma física de los deportistas (en concreto, la fuerza) debe basarse en las investigaciones y en el rendimiento competitivo. En este sentido es apropiado distinguir entre la composición y la estructura de la forma física del deportista. La composición no es sino la colección de todas las formas específicas de la capacidad de trabajo que determinan la maestría en un deporte concreto (p. ej., la fuerza, la velocidad fuerza, la velocidad resistencia y otros factores detallados en la tabla 8.1), mientras que la estructura es aquella interrelación compleja que aúna funcionalmente estas capacidades motrices independientes y que determina la capacidad deportiva del cuerpo.

Interrelación entre las capacidades motrices

Las investigaciones permiten reconocer las siguientes conexiones entre las capacidades motrices: generales y parciales, esenciales y no esenciales, positivas y negativas, directas e indirectas (Verkhoshansky, 1970, 1972; Semyenov, 1971; Tatyan, 1974; Khodykin, 1976).

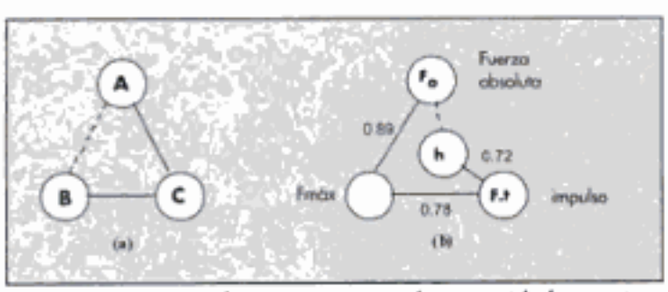


FIGURA 2.21 *Tipos de conexiones entre las capacidades motrices: modelo teórico (a) y ejemplo práctico (b).*

Conexiones generales y parciales

Las conexiones generales se caracterizan por la interacción entre dos capacidades motrices, incluida la influencia de todas las otras capacidades, mientras que las conexiones parciales implican sólo la interacción directa entre dos capacidades. El cálculo de las correlaciones generales y parciales se emplea para valorar cuantitativamente estos tipos de conexiones. En los estudios sobre las conexiones generales y parciales realizados con deportistas de especialización y niveles distintos se ha llegado a la conclusión de que:

1. Dependiendo de las capacidades comparadas, la contribución de las conexiones parciales puede ser menor (el caso más típico) o mayor que la contribución de las conexiones generales.
2. La contribución de la conexión parcial entre las mismas capacidades en deportes distintos es más estable que la contribución de las conexiones generales.

Conexiones esenciales y no esenciales

Estas conexiones se caracterizan en mayor o menor medida por la interacción de las capacidades motrices en el deporte. Las investigaciones demuestran que las conexiones esenciales (sin las cuales las acciones deportivas eficaces son imposibles) son más estables que las conexiones no esenciales (conexiones falsas que contribuyen o empeoran la eficacia del movimiento) y desarrollan un carácter no esencial que encubre la influencia de otras capacidades.

Conexiones positivas y negativas

Estas conexiones también se caracterizan por la relación entre las capacidades motrices en las que

Urheberrechtlich geschütztes Material

una capacidad mejora (conexión positiva) o empeora (conexión negativa) la situación de la otra. Las investigaciones han demostrado que:

1. Las conexiones positivas son las más características del complejo de capacidades motrices.
2. Las conexiones negativas se manifiestan inicialmente a nivel de las conexiones parciales.
3. Las conexiones positivas a nivel de las correlaciones generales pueden volverse negativas a nivel de las correlaciones parciales.

Hay que señalar que se ha identificado la existencia de una conexión negativa entre capacidades como las carreras cortas y de fondo, así como entre la fuerza absoluta, la velocidad de movimiento y la capacidad para producir fuerza explosiva contra una resistencia externa relativamente pequeña.

Conexiones directas e indirectas

Las conexiones directas se caracterizan por la relación establecida entre dos capacidades y pueden expresar cualquiera de los tipos de conexiones descritos con anterioridad. Las conexiones indirectas también son relaciones en las que hay una conexión directa y esencial entre dos capacidades. Por

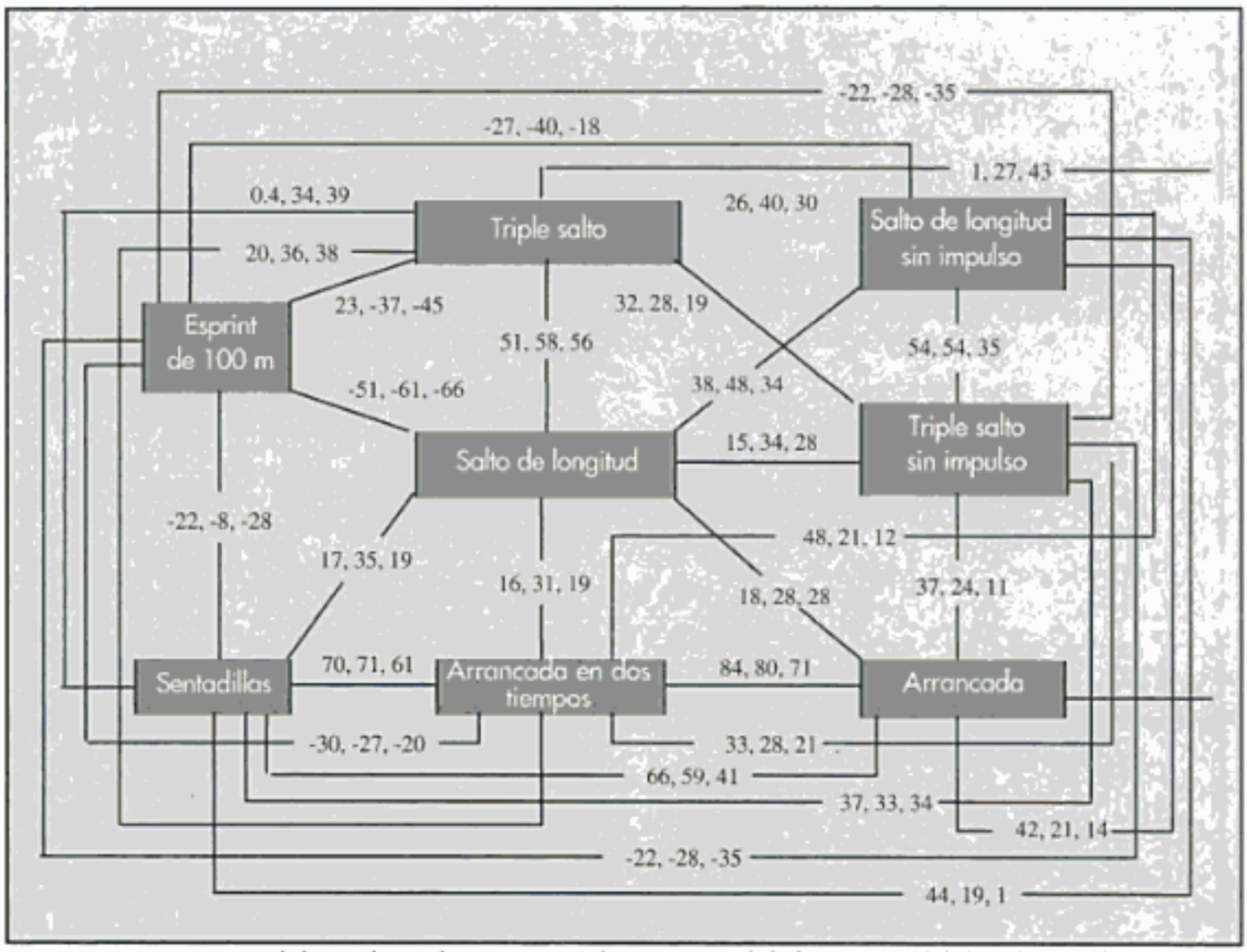


FIGURA 2.22 *Organigrama de la correlación de ejercicios para la preparación de la fuerza especial de los saltadores de triple salto. El grupo de tres números se refiere en cada caso al coeficiente de correlación expresado en forma de porcentaje para los saltadores cuyos niveles de maestría deportiva mejoran (clases 3, 2, 1, respectivamente).*

Urheberrechtlich geschütztes Material

ejemplo, no hay correlación entre las capacidades A y B en la figura 2.21(a), pero están conectadas por medio de una tercera capacidad(C).

La última de estas correlaciones es la estructura más característica de la forma física. Por ejemplo, no existe una correlación directa y significativa entre la velocidad de carrera y la fuerza absoluta de las piernas de un velocista (ya se ha mencionado que esta correlación es negativa a nivel parcial). Sin embargo, existe una correlación estrecha con los ejercicios de salto que también mantienen una relación estrecha con la velocidad de carrera. Esto pone de manifiesto la importancia de tener una representación clara de la estructura de la fuerza especial del deportista y emplearla para determinar las tareas y prescribir los medios del entrenamiento de la fuerza especial.

Las conexiones indirectas entre las capacidades motrices pueden ser más complejas. Por tanto, no hay una conexión directa y significativa (fig. 2.21b) entre la altura alcanzada en un salto vertical (h) y la fuerza absoluta de las piernas (Fo). Sin embargo, la fuerza absoluta determina la magnitud de la fuerza máxima del despegue (Fmáx) la cual, a su vez, influye en la magnitud del impulso (F.t) del despegue y, finalmente, en la altura del salto.

La interdependencia de las capacidades motrices cambia cualitativa y cauntitativamente con la mejora de la maestría deportiva. La dinámica más corriente de las correlaciones son los cambios en la proporción de los tipos de correlaciones entre las capacidades por separado. En algunos casos, éstas implican el paso de un tipo de correlación a otro. Por tanto, mientras se preserva la correlación parcial, la correlación general entre las capacidades individuales aumenta o disminuye, porque la correlación no esencial puede adquirir importancia vital y viceversa. Por ejemplo, los deportistas de triple salto pierden parte de su capacidad para ejecutar el salto horizontal de pie (o triple salto de pie) y, al contrario, aumentan la velocidad de esprint (en 30 m y 100 m)

Las correlaciones positivas y negativas representan un caso especial. Los cambios en ellas son sobre todo unilaterales cuando mejora la maestría deportiva, p. ej., de positivas a negativas (sobre todo a nivel de las correlaciones parciales), aunque es en apariencia imposible un cambio completo de un tipo a otro debido a la influencia de la tercera capacidad (nivelación).

En los estadios iniciales del entrenamiento está justificado el principio de «todos los medios son eficaces». Sin embargo, por lo que respecta al desarrollo de la forma física, las correlaciones negativas entre las capacidades parecen ser más fuertes de lo que deberían, pero se nivelan gracias a la tercera capacidad. La nivelación procede según un principio en el que se saca la media, debido a la correspondencia óptima entre un número de capacidades logrado, favorecido por la disminución de las correlaciones directas e indirectas.

Por ejemplo, la correlación negativa entre las carreras de 100 m y las de 1.500 m se vuelve más aparente entre los decatletas a medida que aumenta su maestría; sin embargo, debido a la mejora de la capacidad para correr los 400 m, estos niveles de correlación se nivelan con una reducción de las correlaciones entre los 400 m y los 1.500 m, mientras que aumenta la correlación entre los 100 y los 400 m.

Las correlaciones directas e indirectas entre las capacidades desarrollan los cambios cualitativos más pequeños. Siempre caracterizan la estructura de la forma física, son sus propiedades específicas y los cambios son sobre todo cuantitativos. Desde el punto de vista de los cambios cuantitativos, las correlaciones entre las capacidades individuales muestran dos tendencias principales:

- una disminución o un aumento de la correlación;
- un cambio lineal o no lineal de sus indicadores.

Estas tendencias se ilustran de forma concisa por medio de un modelo de estructura correlacional de la forma física especial de los saltadores de triple

Urheberrechtlich geschütztes Material

salto (fig. 2.22). Este modelo analiza la correlación entre las pruebas de rendimiento para determinar el nivel de fuerza, esprint y salto de los deportistas.

Las líneas de interconexión entre los recuadros del diagrama proporcionan los tres coeficientes de correlación (expresados en forma de porcentaje) relacionados con el rendimiento de tres grupos de deportistas de distintos niveles de maestría en el triple salto. El primer coeficiente de correlación abarca los límites del salto entre 13,50 m y 14,49 m del grupo 1; el segundo, los límites entre los 14,50 m y los 15,49 m del grupo 2, y el último los límites entre los 15,50 m y los 16,70 m del grupo 3, respectivamente (había 40 hombres en cada grupo).

Estructura de las capacidades motrices

Se han obtenido datos muy interesantes para el conocimiento de la estructura de la forma física mediante estudios que emplearon el análisis de los factores con pruebas complejas para valorar las capacidades motrices de los deportistas júnior y sénior de distinto nivel en distintos deportes. Se analizaron los datos experimentales del entrenamiento de un grupo de deportistas con distintos tiempos. Se examinó la estructura de los factores de la forma física de los deportistas en una prueba específica, así como los cambios importantes en la estructura conectados con la mejora de la maestria deportiva.

El número de factores aumenta al mejorar la maestría; se distinguen de la media de las características por las capacidades motrices que se valoran. Esto se expresa con el discernimiento de uno o dos factores. Por ejemplo, el cambio en la estructura de la forma física de los saltadores de triple salto cuya maestría ha mejorado, está relacionada con la subdivisión del primer factor en sus componentes diferenciados (un esprint de 30 m, un salto de longitud sin impulso y un triple salto sin impulso). Por tanto, cuando la composición de los factores de la forma física de un saltador júnior se identifica como forma física de saltos-esprints especial y fuerza, entonces hay que añadir un factor nuevo en el caso de los saltadores avanzados: la fuerza explosiva de salto (el factor específico).

La división de una capacidad motriz primaria y relativamente general en dos capacidades específicas es propio del proceso que lleva a formar la estructura de la forma física de un deportista. Por ejemplo, las investigaciones prácticas han analizado la separación de la arrancada y la arrancada en dos tiempo de las sentadillas y las flexiones de la cargada como indicadores del rendimiento en la halterofilia, la separación de la fuerza absoluta y la fuerza relativa como índices del rendimiento en el voleibol, y la separación de las capacidades para correr con salida lanzada y sin ella, así como las carreras de 30 m y 100 m.

El análisis de los factores permite valorar cuantitativamente la contribución de cada factor al perfil general de los factores. Este método se empleó para observar los cambios en la importancia relativa de un factor específico cuando hay una mejora en la maestría deportiva. Se ha llegado a la conclusión de que, junto con el cambio de la composición de los factores (y, por tanto, de las capacidades motrices que determinan el éxito deportivo), hay una clara sobrevaloración de su importancia cuando aumenta la maestría.

Uno de ellos muestra una importancia mayor, mientras otro se vuelve menos importante. Por ejemplo, hay una tendencia general en los deportes

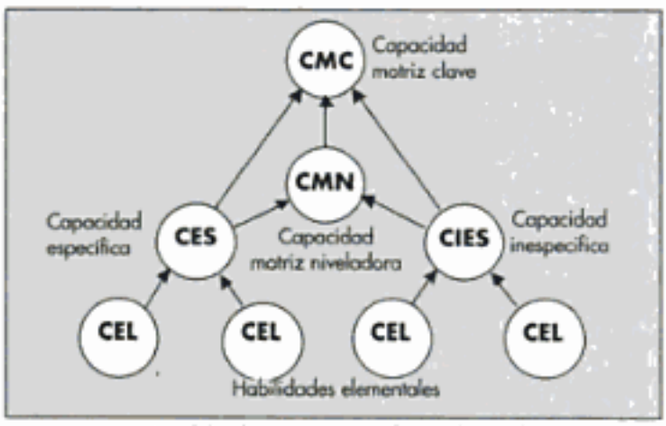


FIGURA 2.23 *Modelo de preparación física de un deportista.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

de velocidad fuerza a reducir la fuerza explosiva y a mejorar la capacidad para producir fuerza explosiva (con la excepción de los halterófilos, porque experimentan un incremento brusco de la fuerza relativa al mejorar su maestría).

La proporción de factores de las capacidades motrices individuales (como la fuerza absoluta, la fuerza inicial y la fuerza de aceleración) cambian al mismo tiempo con la mejora de la maestría; p. ej., el grado de correlación de la maestría con el factor dado. Se han observado dos tendencias fundamentales: un incremento o una disminución de la correlación entre las características de la forma física individual y el nivel correspondiente de maestría deportiva. Esto corrobora el ya mencionado papel cada vez menor de las actividades para la fuerza absoluta en la mejora de la velocidad-fuerza.

Las investigaciones también han demostrado que los cambios más importantes en la composición de la estructura de la forma física se producen durante la fase inicial del entrenamiento. A nivel de la maestría deportiva, no se producen cambios significativos en la estructura de la forma física, con lo cual se subraya la estabilidad de los programas neuromotores avanzados y las contribuciones de los factores de la forma física individual.

Conceptos generales de la estructura de la forma física

Las investigaciones y la práctica deportiva hacen apropiado dividir las capacidades motrices en capacidades generales y especiales; sin embargo, hay que destacar que el rendimiento deportivo está determinado por un complejo de capacidades motrices que son cualitativamente específicas. Son en cierta medida independientes tanto en su manifestación como en su desarrollo, y sirven como determinantes de una serie completa de acciones motoras, todas basadas en procesos fisiológicos.

Si tenemos en cuenta el papel funcional de las capacidades motrices determinantes, es apropiado dividirlas en capacidades específicas, inespecíficas y niveladoras. Las capacidades niveladoras aseguran un desarrollo eficaz de la capacidad motriz clave, lo cual expresa los requisitos motores de la acción deportiva específica. Las capacidades niveladoras, como se verá más adelante, equilibran y moderan la interacción entre todas las otras capacidades.

El papel de las capacidades específicas es asegurar la productividad de las capacidades motrices claves. Las capacidades inespecíficas no satisfacen los requisitos motores particulares y, por tanto, participan como factores asistentes. El papel de una capacidad inespecífica se manifiesta cuando la capacidad específica se desarrolla en condiciones difíciles. Por ejemplo, si la velocidad de movimiento (la capacidad específica) es el requisito primario, pero desarrollarlo a gran nivel es difícil debido a la resistencia externa, entonces la fuerza muscular (la capacidad inespecífica) actúa como un factor asistente. Por otra parte, si el nivel de fuerza explosiva disminuye por culpa del cansancio, por ejemplo, entonces el efecto motor requerido se mantiene mediante procesos de resistencia especial.

Las capacidades inespecíficas a menudo afectan negativamente a las capacidades motrices clave. Por ejemplo, el excesivo desarrollo de la fuerza

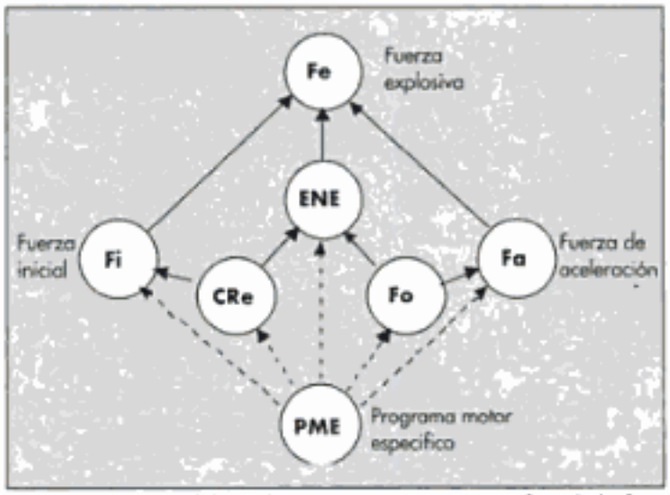


FIGURA 2.24 *Modelo de la estructura motriz específica de la fuerza explosiva. CRe es la capacidad reactiva para producir con rapidez un movimiento sin carga; Fo es la fuerza absoluta y ENE es la estructura neuromuscular específica.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

absoluta tiene un influjo negativo sobre la velocidad.

Las capacidades niveladoras desempeñan un papel importante en el refinamiento de las capacidades motrices clave y en la determinación de la estructura de la forma física general. Suavizan las discrepancias entre las capacidades específicas y neutralizan la influencia de las capacidades inespecíficas cuando actúan negativamente contra las capacidades específicas. Considerando la diversidad de las funciones motrices, donde es posible la formación de una serie completa de capacidades motrices inespecíficas, hay que reconocer que el papel nivelador de ciertas funciones adquiridas por el cuerpo es vital para favorecer un gran nivel de rendimiento en condiciones variables.

Finalmente, hay que señalar que las capacidades motrices determinantes desarrollan su propia combinación compleja de capacidades motrices elementales. Por tanto, en lo referente a la forma física, hay que establecer una jerarquía para las capacidades determinantes clave y las capacidades elementales.

Basándonos en estudios sobre los tipos de conexiones entre las capacidades, la estructura principal de la forma física se presenta de la siguiente forma (fig. 2.23):

1. La capacidad motriz clave (CMC) es el resultado del desarrollo integrado de un complejo de determinantes, sobre todo la capacidad específica (CES) y la capacidad inespecífica (CIES) en cada caso específico.
2. Las capacidades motrices niveladoras (CMN) participan en el proceso de la integración motriz de la siguiente forma:

   - para aliviar la correlación negativa entre las capacidades específicas e inespecíficas;
   - para mejorar la conexión entre las capacidades específicas e inespecíficas;
   - para expandir los límites funcionales y el potencial adaptativo de las capacidades clave.

3. Cada una de las capacidades determinantes se representa como un complejo de capacidades elementales (CEL).

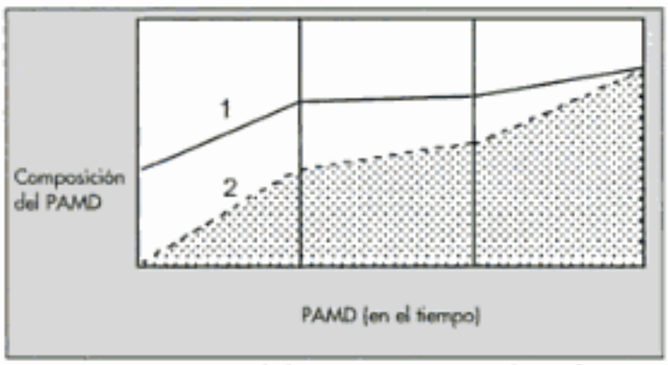


FIGURA 2.23 *Dinámica de la preparación especial (1) y la preparación técnica (2) del PAMD (proceso de adquirir la maestría deportiva) en el tiempo.*

Subyace al desarrollo de la forma física la unidad organizativa de la diferenciación e integración de las capacidades motrices. Como resultado surge una nueva capacidad que permite producir un rendimiento poderoso en gran variedad de condiciones. Esta nueva capacidades desarrolla un potencial funcional mayor que la suma de las propiedades de todas las capacidades individuales.

El desarrollo de las capacidades motrices específicas es una de las condiciones para establecer la estructura de la forma física. Antes de hacer afirmaciones sobre el mecanismo de las capacidades motrices específicas es necesario tener en cuenta los siguientes puntos:

1. Las capacidades motrices elementales son funcionalmente independientes; no se transforman en capacidades clave (específicas) y preservan su propia individualidad al mejorar la forma física.
2. La capacidad motriz específica (por ejemplo, la fuerza explosiva) es, por lo general y en gran medida, una propiedad innata del aparato motor.

Urheberrechtlich geschütztes Material

3. La capacidad motriz específica sólo se desarrolla con un régimen motor concreto.

Se barajan dos hipótesis: o bien la capacidad motora específica no está relacionada en el plano funcional con las capacidades motrices elementales, o bien está determinada por una estructura neuromotriz específica que integra parte de los mecanismos de las formas elementales separadas de las capacidades motrices en un conjunto funcional.

Es difícil aceptar la primera hipótesis. Las investigaciones y la experiencia práctica demuestran que la formación y desarrollo de las capacidades motrices específicas no se basa en la síntesis de las capacidades motrices desarrolladas individualmente o en la transformación gradual de algunas capacidades en otras; sino en que las capacidades motrices conservan sus características separadas y el entrenamiento racional establece un programa neuromotor específico que integra las contribuciones de las otras capacidades motrices.

Esta hipótesis se puede expresar mediante un esquema principal sobre la estructura de la fuerza explosiva Fe (fig. 2.24). Este esquema hace hincapié en que el desarrollo de esta capacidad (Fe) se produce bajo el control de un programa motor específico (PME), que influye en los componentes de la fuerza explosiva (fuerza explosiva Fe, fuerza absoluta Fo, fuerza de aceleración Fa, y capacidad reactiva CRe para producir con rapidez un movimiento sin carga) y forma su propia estructura neuromuscular específica (ENE). La última es la condición fundamental para desarrollar la fuerza explosiva, siendo su estructura neuromuscular específica la que desarrolla una forma funcional particular.

Hay que señalar que existe una distinción principal entre el mecanismo que forma la estructura de la forma física y el mecanismo de las capacidades motrices específicas y clave. En el primer caso, el ventajoso proceso de la integración constituye el fundamento; en el segundo, el proceso de perfeccionamiento adaptativo ya posee una estructura funcional. La estructura de la forma física y de la capacidad motriz clave es más flexible y se crea sobre la base de la gran diversidad del régimen motor. Las capacidades motrices específicas son más conservadoras y su estructura neuromuscular sólo se desarrolla dentro de un estrecho margen de medios.

Es necesario controlar el desarrollo de la estructura de la forma física, problema que es de complejidad excepcional en la teoría del deporte. Esta complejidad se debe al hecho de que los procesos

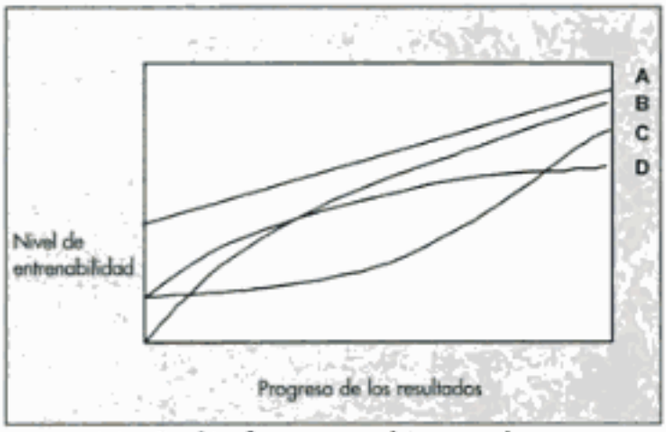


FIGURA 2.26 *Cambios frecuentes en el tiempo en los componentes fundamentales de la maestría deportiva. A es la capacidad de trabajo especial del deportista; B es la capacidad del deportista para emplear todo su potencial motor en el deporte; C es la forma física general, y D es la forma física especial.*

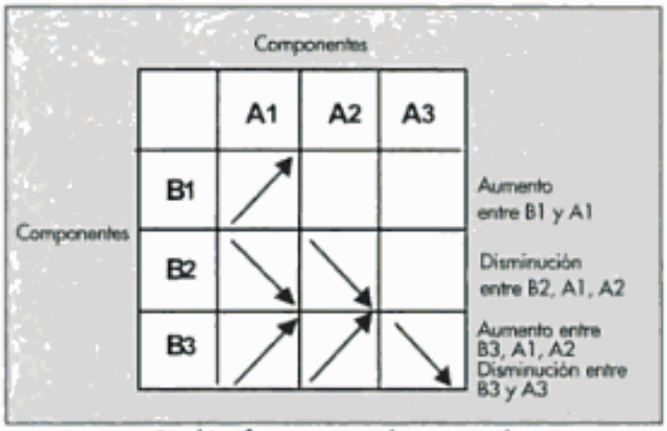


FIGURA 2.27 *Cambios frecuentes en el tiempo en los componentes fundamentales de la maestría deportiva. A es la capacidad de trabajo especial del deportista; B es la capacidad del deportista para emplear todo su potencial motor en el deporte; C es la forma física general, y D es la forma física especial.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

fisiológicos de la integración de las capacidades motrices no están todavía suficientemente claros. Por tanto, es muy importante determinar las características estadísticas de la estructura de la forma física para que sirvan de base con la que valorarla de forma objetiva y controlar los factores que influyen en ella.

Por tanto, el material estudiado en este capítulo pone en evidencia que la adaptación en el deporte muestra distintas contradicciones. Esto queda claro con tendencias tales como el carácter integrador y desintegrador de la reacción adaptativa; la generalidad de la especificidad de la adaptación, y la unidad de procesos divergentes y convergentes durante la adaptación.

Las tendencias mencionadas se manifiestan en la especialización local del aparato motor y en el desarrollo intenso de las facultades motrices específicas contra el panorama de un aumento del rendimiento. La adaptación funcional comienza con todo el cuerpo, luego procede según dos vías independientes, la adaptación general y la adaptación específica. Al mismo tiempo, la adaptación se desarrolla de forma independiente debido al carácter diferenciador y disgregador de los procesos fisiológicos.

La adaptación específica es el primer determinante del éxito en el deporte. En primer lugar, por lo que se refiere al efecto parcial del entrenamiento logrado a nivel de los componentes fundamentales del PAMD (facultades técnicas y especiales), sus características específicas tienden claramente a actuar más unidas para aumentar la capacidad de trabajo especial (fig. 2.25).

Las observaciones efectuadas sobre la adaptación del cuerpo y sus relaciones externas durante el entrenamiento a largo plazo demuestran que las mediciones de los procesos de adaptación tienden a establecer una correlación con los resultados deportivos. Esto ayuda a identificar las regularidades estructurales y dinámicas más corrientes del PAMD (Verkhoshansky, 1966, 1970). La dinámica de los cuatro componentes fundamentales de la maestría deportiva relacionada con los resultados deportivos (p. ej., la capacidad de trabajo especial, la capacidad para emplear el potencial motor, la forma física general y específica) queda expresada mediante el esquema de la figura 2.26.

El aumento de la capacidad de trabajo especial determina sobre todo el éxito deportivo; mejora de forma regular y establece una correlación lineal con el rendimiento deportivo (A). El perfeccionamiento de la capacidad para emplear con eficacia el potencial motor describe una curva de crecimiento monótono, que converge asimétricamente con la línea que describe el aumento de la capacidad motriz clave (B). La mejora de la capacidad de trabajo general del cuerpo se manifiesta mediante una curva de crecimiento monótono (C), y la forma física especial describe una parábola de ascensión brusca que deriva en una meseta (D).

La estrecha correlación existente entre los distintos componentes de la maestría deportiva diferencia y determina en gran medida la especificidad motriz de los movimientos deportivos. A pesar de las diferencias específicas entre algunos componentes, se observa cierta regularidad en la dinámica de ciertas conexiones relacionadas con la mejora del rendimiento. Los cambios principales en la dirección suelen expresarse gráficamente en forma de una matriz de vectores de correlación (fig. 2.27).

Este esquema, que se emplea para mostrar los cambios experimentados por la correlación entre los distintos componentes de la maestría deportiva de un deporte concreto, no pretende expresar de forma cuantitativa sus dependencias y es probable que simplifique la realidad. Sin embargo, es suficiente para ilustrar las características de la dinámica de los componentes fundamentales del PAMD. Puede servir de punto inicial para la planificación a largo plazo del entrenamiento y como un indicador de los efectos del programa de entrenamiento, al menos hasta que haya un análisis matemático riguroso que provea resultados más precisos y fiables.

Es importante hacer una serie de afirmaciones

Urheberrechtlich geschütztes Material

concluyentes sobre la técnica deportiva deducidos del reconocimiento de ciertas regularidades en la dinámica del PAMD. El resultado del trabajo de un movimiento deportivo es simplemente el resultado de la forma específica de organización y control de la interacción del deportista con el medio ambiente. Sin embargo, el esquema que aparece en la figura 2.25 muestra que el concepto fundamental de la técnica deportiva no aparece meramente como la organización de los componentes motores del movimiento deportivo, sino también como la capacidad de los deportistas para desenvolverse competentemente con las condiciones externas y aprovecharse de las posibilidades que ofrecen.

Esta capacidad es el resultado de muchos años de perfeccionamiento de las funciones motrices y de un empleo óptimo de los sistemas corporales. Cuando esto es así, entonces la técnica deportiva es el resultado de cierta forma de proceso desarrollable en el tiempo y, en consecuencia, como concepto científico específico, incluye las coordenadas temporales. Esto determina un principio importante: que la técnica deportiva no es una constante que se alcance una vez, sino el resultado de un progreso continuado desde un nivel inferior a otro superior de perfección.

Esto sugiere que la técnica deportiva se entiende en la teoría y en la práctica como un medio para resolver problemas motores. En un sentido estricto, la técnica deportiva es un sistema de movimiento que no representa tanto un medio para resolver los problemas motores como el problema motor específico en sí, el cual debe resolver el deportista cada vez que ejecute un ejercicio deportivo. Por consiguiente, la técnica deportiva consiste en la búsqueda de un aprendizaje sobre los métodos motores relevantes que provean el mejor medio para emplear el potencial motor propio.

Por tanto, la capacidad para alcanzar el potencial motor propio en las tareas motrices específicas mediante el mantenimiento de un sistema particular de movimiento constituye la esencia de la maestría deportiva. La mejora continua de esta capacidad es fundamental para el proceso del entrenamiento y el grado al que llega el potencial motor se considera el criterio para valorar su eficacia.

Urheberrechtlich geschütztes Material

CAPÍTULO 3

Factores que influyen en la producción de la fuerza

No hace mucho tiempo que los deportistas comenzaron a considerar seriamente las complejidades del desarrollo de la fuerza que hoy en día son tan importantes en el entrenamiento. El tema de la superioridad de la fuerza se solventó simplemente afirmando que había que levantar los pesos más grandes o registrar las lecturas máximas en un dinamómetro isocinético o isométrico. Sin embargo, la experiencia y la experimentación científica han dejado al descubierto hechos que ponen de manifiesto el primitivismo de estas consideraciones sobre la fuerza. Ello provocó la necesidad de considerar el tema del entrenamiento de la fuerza con mayor cuidado y definir el concepto de la fuerza con mayor precisión.

La definición general de la fuerza que presentamos en el capítulo 1 tiene que ampliarse y cubrir los aspectos específicos relacionados con las actividades deportivas. El concepto de fuerza debe basarse en la física y la fisiología. En la física concierne a la interacción de cuerpos que generan movimiento, por lo que, como capacidad para producir fuerza, el concepto de fuerza se emplea para analizar cuantitativamente la interacción de un cuerpo con los objetos externos. Dicho de otro modo, cuando valoramos la fuerza como la causa del movimiento no hacemos sino examinar su efecto de trabajo.

En la fisiología, la fuerza se corresponde con la capacidad de las contracciones musculares para mover el cuerpo o cualquiera de sus conexiones en una situación específica. Además, el concepto de fuerza se emplea como una de las características de los movimientos voluntarios que realizan las tareas motrices específicas, por lo que, junto con los factores de la condición física como la velocidad, la resistencia y la habilidad, la fuerza es un concepto que se emplea para describir los aspectos cualitativos del movimiento.

La gran diversidad de movimientos humanos hace necesario evaluar los componentes de la fuerza del movimiento (fuerza submáxima, fuerza máxima, fuerza de impulsión, trabajo y potencia); analizar la capacidad para producir fuerza (fuerza absoluta, fuerza relativa y el momento de la fuerza de las contracciones musculares en torno a una articulación), y evaluar comparativamente los componentes de fuerza del movimiento (fuerza explosiva, movimientos de fuerza-velocidad, fuerza-resisten-

Urheberrechtlich geschütztes Material

cia y otros) que reflejan la especificidad de los movimientos. De ahí que se puedan seleccionar los métodos apropiados para desarrollar la fuerza.

Por tanto, la fuerza muscular es una capacidad motriz especifica que se vincula funcionalmente con muchas y muy distintas situaciones deportivas, por lo que, antes de estudiar los métodos para la preparación de la fuerza especial, hay que examinar las características fundamentales de la producción de la fuerza muscular en los movimientos deportivos.

REGÍMENES DE TRABAJO MUSCULAR

Son muchos los estudios que se han dedicado a investigar los distintos regímenes de trabajo muscular. Basándonos en el propósito de cada estudio, se pueden dividir en dos grupos. Un grupo se dedica a determinar las condiciones y los regímenes que incrementan el efecto de trabajo de la fuerza muscular; el otro, a hallar el régimen que desarrolla con más eficacia la fuerza muscular. Por desgracia, muchas de estas investigaciones han generado confusión y son contradictorias.

Por ejemplo, algunos investigadores mantienen que las mayores ganancias de fuerza se consiguen con contracciones dinámicas (concéntricas); otros, con tensiones isométricas. Además, el análisis cuidadoso de los diseños experimentales muestra que contradicciones parecidas se relacionan con generalizaciones nulas de los resultados obtenidos en distintos laboratorios, en condiciones artificiales, sobre distintos grupos musculares o personas de diferentes niveles, y empleando cargas y velocidades de movimientos distintas. Por ejemplo, se afirmó que, con una tensión isométrica máxima del bíceps (con el codo flexionado y formando un ángulo de 90°), las personas eran capaces de desarrollar una fuerza entre 6,5 kg y 10 kg mayor que el peso máximo que pudieran levantar concéntricamente.

Sin embargo, esto cambia cuando se reduce la carga y aumenta la velocidad de movimiento. La actividad eléctrica del músculo bíceps al levantar el 50-80% de la carga máxima es bastante mayor que durante el periodo en que se mantiene una postura estática, tanto en lo que se refiere a la magnitud como a la producción de fuerza (Stepano & Burlakov, 1963; Monogarov & Laputin, 1966; Scheraev, 1954, 1957; Rasch & Pierson, 1960; Yanchevsky & Steklove, 1966).

Así, existe una diferencia importante entre las características de la fuerza muscular desarrollada según cual sea la magnitud de la carga y la velocidad de movimiento. Hay que destacar que el momento producido por los músculos se incrementa aproximadamente hasta el cuádruple con un ángulo de 90° durante el movimiento de flexión del codo. Por ejemplo, si comparamos la fuerza de una contracción isométrica máxima desarrollada con un ángulo de 90° y el peso máximo que puede levantarse con un ángulo de 180°, la fuerza es mayor en el primer caso.

Por consiguiente, si nos referimos al desarrollo de la fuerza muscular, es poco apropiado hablar de la superioridad del régimen dinámico frente al régimen isométrico, ya que no son comparables las condiciones biomecánicas de la producción de fuerza. Cuando es necesario comparar el efecto de entrenamiento de un régimen concreto, entonces y antes de nada hay que establecer qué tipo de fuerza se está midiendo.

Un enfoque similar es necesario cuando se comparan las ventajas del trabajo muscular excéntrico y concéntrico. Bethe (1929) demostró que la fuerza que los músculos desarrollan con una contracción concentrica máxima (fuerza concéntrica) es 1,2-1,6 veces menor que la fuerza que los músculos desarrollan cuando estan estirandose (fuerza excéntrica).

A continuación damos algunos ejemplos de la superioridad de la fuerza excéntrica sobre la fuerza concéntrica en algunos grupos musculares: 22% en los brazos, 46,8% en los antebrazos y 50% en los músculos extensores de la rodilla. Según el estudio de Semyonov con personas desentrenadas (1968), la fuerza isométrica máxima desarrollada por los

Urheberrechtlich geschütztes Material

músculos extensores de la rodilla en un ángulo de 120° es 465 newtons y 401 newtons en el régimen concéntrico. En el caso de los regímenes combinados, la fuerza mayor (504 N) se registró con una acción excéntrica lenta ejercida después de una tensión isométrica máxima preliminar (viéndose la rodilla forzada a flexionarse mediante un motor eléctrico que ofrecía resistencia), y 453 N producidos por la acción excéntrica ejercida después del trabajo concéntrico preliminar.

El reflejo de estiramiento muscular o reflejo miotático tiene gran importancia en el aumento del efecto de trabajo del trabajo excéntrico. Los experimentos realizados con animales y seres humanos han confirmado que cuanto mayor es la velocidad del estiramiento muscular, mayor es el reflejo miotático (Samoyloff & Kisseleff, 1928; Foerster & Altenlurgey, 1933; Lippold, 1957). Se ha indicado que cuanto mejor entrenado está un deportista más preciso y eficaz es el empleo del reflejo de la tensión muscular durante el trabajo excéntrico (Zakharyents, 1962).

El trabajo excéntrico emplea menos energía que el trabajo concéntrico. Se ha demostrado mediante la sustitución de las contracciones concéntricas por otras excéntricas que el consumo energético se reduce casi a la mitad cuando la velocidad de movimiento no excede los 0,12 metros/segundo (Chaubveau, 1904). Estas conclusiones han sido ya corroboradas, viéndose que se consume más energía en las contracciones musculares concéntricas que en las isométricas (Fenn, 1924; Hartree & Hill, 1928; Hill, 1930; Cattel, 1983). Sin embargo, hay que destacar que esta ventaja del trabajo excéntrico se desarrolla sólo cuando los movimientos son lentos y las cargas grandes. Por tanto, no hay razón para relacionar estas ventajas con el potencial para desarrollar la capacidad de realizar movimientos rápidos y potentes durante el trabajo concéntrico.

No hay que olvidar que esto es sólo un breve resumen de las diferencias mecánicas y fisiológicas más importantes relativas a las distintas formas de actividad muscular, si bien es suficiente para resaltar que la búsqueda de un régimen universal de trabajo muscular que desarrolle la fuerza es tan inútil como discutir las ventajas de un régimen específico sin considerar el tipo de actividad deportiva y la naturaleza específica de las contracciones musculares.

Antes de pasar a la sección siguiente, es necesario definir con mayor precisión la terminología de las distintas formas de trabajo muscular. Esto guarda relación con los tipos de trabajo mecánico y sus regímenes correspondientes de tensión muscular. No pretendemos clasificar todas las formas en las

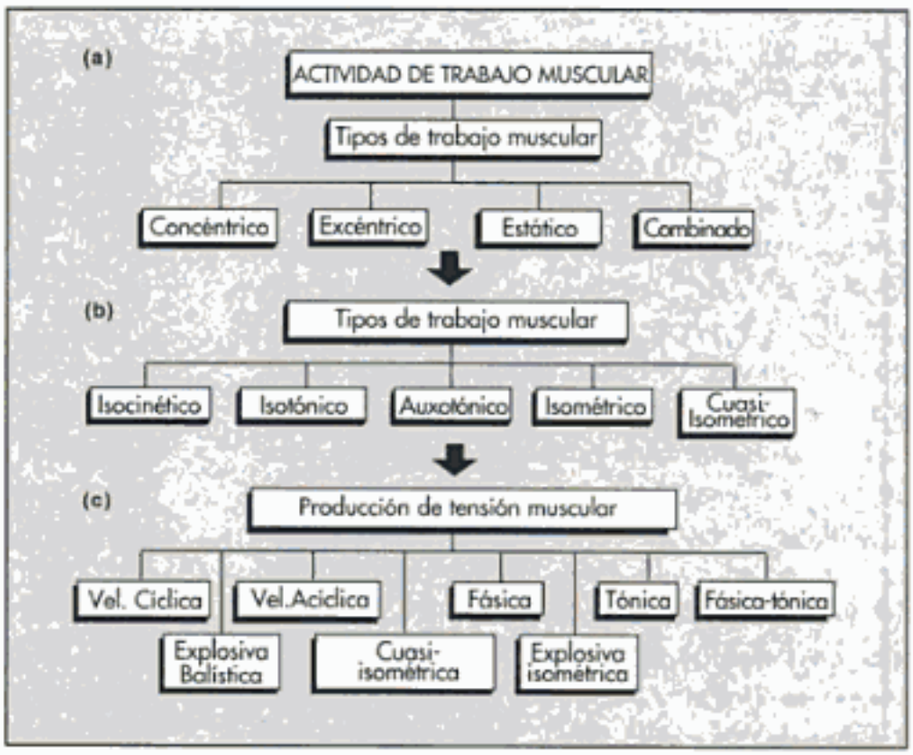


FIGURA 3.1 *Clasificación de los tipos de contracción muscular (ver también cap. 1).*

que la actividad del trabajo de los músculos aparece en la figura 3.1. Obviamente, su utilidad se reduce a la conveniencia de sistematizar los conceptos que se aplican dentro de este libro. Sin embargo, hay que destacar que los mismos principios se pueden emplear para diseñar una clasificación más estricta y representativa.

Para evaluar la forma externa de la actividad muscular, hay que diferenciar entre los cuatros tipos básicos de trabajo muscular: positivo (positivo o concéntrico), negativo (negativo o excéntrico), estático (estático o isométrico) y combinado (fig. 3.1a). Para evitar confusiones, hay que señalar que los términos «concéntrico» y «excéntrico» aplicados al trabajo muscular se emplean a veces para referirse a sus equivalentes de tensión muscular. Este empleo no puede sino esperarse, ya que todo trabajo muscular es una función de la tensión muscular.

En casos específicos, cuando tratamos sobre el movimiento del cuerpo (más los objetos externos) o el mantenimiento de una postura mediante la fuerza muscular para sostener el peso del cuerpo o cargas externas, podemos hablar de la relación entre el trabajo muscular dinámico y el estático. En el segundo caso, no hay trabajo en el sentido físico, ya que no hay movimiento. Por tanto, para calcular el trabajo estático no se puede emplear la acción de la fuerza sobre una distancia ni su fórmula básica correspondiente: [trabajo = fuerza x desplazamiento. En vez de eso, la valoración se basa en la definición fisiológica de trabajo, para lo cual se emplean la producción de fuerza, la duración de su acción y el consumo de energía biológica.

La tensión muscular debe considerarse un fenómeno fisiológico que se clasifica en los siguientes regímenes básicos (ver cap. 1): *isotónico*, cuando se produce un cambio en la longitud de los músculos pero la tensión permanece constante; *isometrico*, cuando la tensión se desarrolla sin cambio alguno en la longitud de los músculos; *auxotónico*, cuando se produce un cambio en la tensión y en la longitud de los músculos; *isocinético*, cuando la variación en la tensión muscular se produce a una velocidad constante; y *cuasi-isométrico*, cuando la tensión y longitud de los músculos cambian a velocidad muy lenta (fig. 3.1b). Sin embargo, estos regímenes no abarcan exhaustivamente todos los tipos de tensión muscular ni describen las características de los movimientos de los deportistas, tal es el caso de la velocidad y la magnitud de la tensión, o la dependencia de la tensión en la interacción entre el sistema motor y los objetos externos.

Por tanto, al tener en cuenta la diversidad de actividades deportivas, es necesario identificar el carácter específico de la tensión muscular, en particular, las velocidades distintas con las que se desarrolla la tensión, su magnitud, duración y número de repeticiones, así como el estado de los músculos antes de la tensión de trabajo. Para analizar toda esta diversidad de movimientos deportivos, la tensión muscular debe dividirse convenientemente en al menos ocho tipos (fig. 3.1c). Esta clasificación es vital para el subsiguiente estudio del entrenamiento de la fuerza especial en el deporte.

- La tensión muscular tónica se caracteriza por contracciones musculares importantes y relativamente prolongadas. La velocidad con la que se desarrolla no tiene mayor significación. Este tipo de tensión se observa en la lucha libre cuando un luchador clava al otro en la colchoneta; en la halterofilia, cuando el levantador sostiene una barra por encima de la cabeza; y en muchas maniobras de la gimnasia deportiva controladas férreamente. En todos estos casos, los músculos trabajan al límite de su capacidad de fuerza. Sin embargo, la tensión tónica puede tener una magnitud mucho menor cuando es necesario mantener una postura (p. ej., en el tiro con pistola o en la gimnasia deportiva). Según el tipo de deporte, las características de la fuerza desarrollada por la tensión tónica están determinadas por la fuerza resistencia o por la fuerza absoluta.

Urheberrechtlich geschütztes Material

- La tensión fásica se refiere al trabajo muscular dinámico desarrollado en los ejercicios que requieren la producción de una fuerza conductora de una magnitud dada. Estos ejercicios suelen constar de movimientos cíclicos en los que cada ciclo tiene su propio ritmo de cambio en las contracciones musculares, en su relajación y frecuencia de repetición. De ahí que la velocidad con la cual una fuerza motriz máxima se desarrolla no sea importante, aunque la fuerza o la resistencia de la fuerza velocidad desempeñen un papel vital. El tipo de ejercicio, la magnitud de la tensión (p. ej., al remar), el *tempo* del movimiento cíclico (p. ej., en la natación y el patinaje de velocidad), o el *tempo* y la tensión juntos (p. ej., en el ciclismo) pueden tener un papel principal en el trabajo de los músculos. También es posible desarrollar la capacidad para desarrollar un trabajo fásico de larga duración y tensión moderada (p. ej., en las carreras de fondo y en la natación de fondo).
- La tensión fásica-tónica se produce cuando el trabajo dinámico pasa a un estado de estabilización o cuando la estabilización cambia a un estado de movimiento debido a los distintos ritmos o tempos musicales de la actividad (como en la gimnasia deportiva, el judo, la lucha libre y el ballet). Los aspectos cualitativos de la preparación de la fuerza en estos casos son muy complejos y multifacéticos. Un tipo de deporte o incluso un ejercicio deportivo puede requerir una tensión tónica y fásica a la vez que comprenda una transición rápida de un tipo de tensión a otro con gran intensidad de esfuerzo en cada una de ellas. Esto se produce en la gimnasia deportiva cuando se pasa de un elemento dinámico a otro estático o de estabilización, o cuando un boxeador ataca con rapidez contra la resistencia impuesta por su contricante.

La fuerza explosiva es inherente a los siguientes tipos de tensión muscular: explosiva isométrica, explosiva balística y explosiva reactiva balística.

- La tensión explosiva isométrica es inherente a los movimientos en los que se supera la resistencia (p. ej., levantando una barra de pesas, en algunos elementos de la gimnasia deportiva y la lucha libre, o lanzando un peso pesado). Una característica básica de estos movimientos es la necesidad de desarrollar una fuerza de trabajo grande cuya máxima se alcance isométricamente al final del movimiento (ver también 4.2.4). Este tipo de tensión también se produce en las actividades pliométricas durante la breve fase de transición entre las contracciones excéntricas y concéntricas rápidas.
- La tensión explosivo-balística es característica de movimientos en los que la fuerza máxima se aplica contra una resistencia relativamente pequeña (p. ej., el lanzamiento de pesos o jabalina, el béisbol, o durante el servicio en el tenis y el squash). Aquí, la fuerza motriz alcanza su máximo con rapidez durante las amplitudes inicial y media del movimiento, y luego comienza a disminuir. Debido a la inercia y a la fuerza muscular (que al final de la amplitud de trabajo no excede el peso de la carga), la carga no tiene aceleración, sino que mantiene su velocidad.

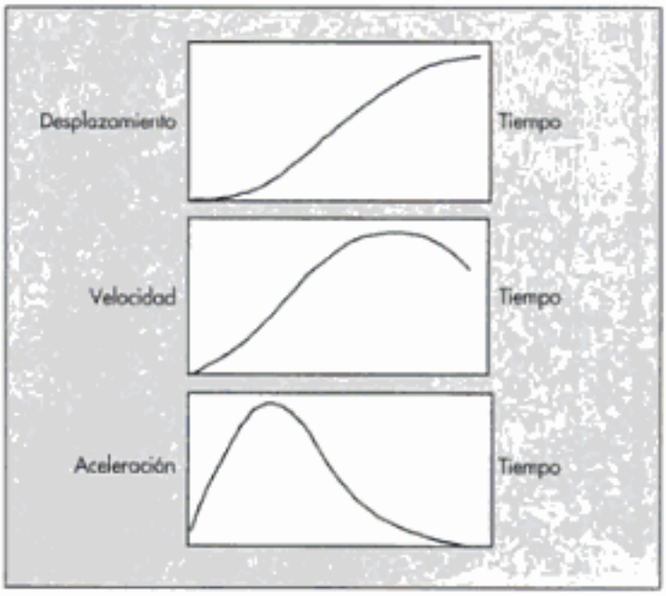


FIGURA 3.2 *Características dinámicas típicas de un movimiento balístico.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

Las características cinemáticas típicas de los movimientos balísticos aparecen en la figura 3.2. A medida que aumenta la resistencia, este tipo de tensión muscular evoluciona a explosivo-isométrica. Un movimiento balístico puede ir precedido en su fase de trabajo concéntrico por un estiramiento muscular.

- La tensión explosivo-reactiva-balística cuenta con las mismas características que la tensión explosiva balística excepto en lo que se refiere al régimen de trabajo muscular. Aquí la fase de estiramiento preliminar es brusca y pronunciada, tras la cual se produce un cambio inmediato y se pasa al trabajo concéntrico. Esto se puede observar en algunas pruebas de lanzamientos y durante elementos individuales de la lucha libre, la gimnasia deportiva, el patinaje artístico, el voleibol, el tenis o al chutar en el fútbol.

En los movimientos de velocidad que comprenden cambios rápidos en la posición de todo el cuerpo o en sus relaciones, el tipo de tensión producida es una contracción muscular momentánea y rápida (p. ej., los puñetazos de boxeo y las estocadas en la esgrima), o una repetición de acciones con un tempo rápido y específico (p. ej., al esprintar). El primer caso es un ejemplo de velocidad del tipo acíclico de tensión, mientras que el segundo es un ejemplo de velocidad de tipo cíclico.

El tipo de velocidad de la tensión es inherente a los movimientos durante los cuales la fuerza desarrollada ofrece resistencia contra la fuerza de inercia de las relaciones activas del sistema y contra una carga adicional ligera (p. ej., un estoque o una raqueta). Por tanto, no exigen que la tensión se desarrolle rápidamente mediante un impulso transitorio breve. Los tipos de tensión de velocidad cíclica requieren que el nivel del resultado del trabajo se mantenga durante cada ciclo repetido de tensión. Se precisa una capacidad altamente desarrollada de los músculos para relajarse después de cada movimiento de trabajo en dichas condiciones.

Muchos movimientos deportivos son parecidos superficialmente en su estructura espacial y se ejecutan ejercitando los mismos músculos (p. ej., los puñetazos de boxeo, los lanzamientos de peso, el press de banca, los remates en el voleibol, el servicio en el tenis y los lanzamientos de jabalina). Incluso el ojo experimentado no llega a discernir las diferencias esenciales entre los patrones cinemáticos de algunos de ellos, y lo contrario también sucede con otros movimientos. Las diferencias de velocidad, amplitud, dirección, condiciones iniciales y magnitud de la fuerza desarrollada no son obvias a simple vista. Al hacer un análisis más detallado con instrumental científico se descubren nuevos matices como las variaciones en la intensidad y el tipo de actividad muscular, la secuencia y la velocidad de los músculos que realizan el trabajo, el consumo energético y la dependencia de cada una de las distintas fuentes de energía.

La diversidad de los ejercicios deportivos se puede dividir en cierto número de grupos según las características primarias de la actividad muscular. Tal enfoque es práctico cuando los métodos de entrenamiento se seleccionan sobre la base de la identificación de las características principales del trabajo muscular de un grupo de deportes dado, según el carácter específico de este trabajo a la velocidad con la que la tensión se desarrolla, su magnitud, duración y el número de repeticiones, así como el estado de los músculos y la tensión muscular precedente.

CARACTERÍSTICAS CUALITATIVAS DE LA FUERZA

La diversidad de condiciones en las que los músculos desarrollan su trabajo es la responsable de las diferencias de la actividad motriz y, por tanto, del desarrollo de una capacidad para desarrollar un tipo de fuerza específica. La categorización de estas capacidades para desarrollar la fuerza es de cuatro tipos (fuerza-absoluta, fuerza-velocidad, fuerza explosiva y fuerza-resistencia) puede ser un tanto

Urheberrechtlich geschütztes Material

restrictiva, ya que todas están interrelacionadas en su producción y desarrollo a pesar de su especificidad inherente. Rara vez, si es que alguna se produce, se desarrollan por separado, pues forman los componentes de cualquier movimiento.

La capacidad de la fuerza más característica de las actividades deportivas es la fuerza explosiva (ver fig. 2.27), que se desarrolla en los movimientos acíclicos y cíclicos. Los movimientos acíclicos se distinguen por episodios breves de poderoso trabajo muscular, mientras que los movimientos cíclicos se distinguen por el mantenimiento de una potencia óptima durante un tiempo relativamente largo. Si se presta atención al hecho de que el carácter explosivo con el cual se desarrolla la fuerza se

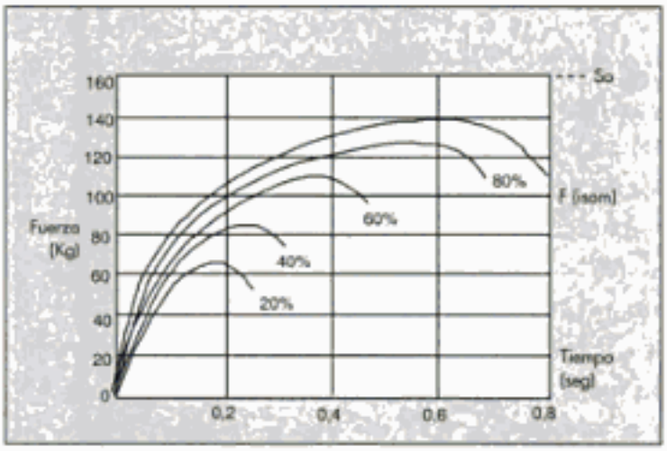


FIGURA 3.3 *Gráfico de fuerza-tiempo de la tensión explosiva isométrica F(isom) y el trabajo dinámico con el 20, 40, 60 y 80% de la fuerza máxima de un movimiento de press de piernas.*

determine con la presencia de fuerza absoluta o fuerza velocidad (dependiendo de las condiciones externas), entonces son dos las capacidades generales, la fuerza-explosiva y la fuerza-resistencia, las bases de la producción de todos los movimientos deportivos.

FUERZA EXPLOSIVA

La fuerza muscular explosiva se determina con la resistencia externa que se supera, motivo por el cual es lógico estudiar las características de la fuerza explosiva durante el trabajo muscular dinámico

Resistencia (como % de So)	Fmáx (como % de So)	Déficit de fuerza	Fmáx: So Correlación
80	94	6	0,822
60	82,7	17,3	0,798
40	64,4	35,6	0,657
20	47,7	52,3	0,316

TABLA 3.1 *Relación entre la producción de fuerza y la resistencia.*

mediante el examen de lo que ocurre con cargas de distinto peso que se mueven tan rápido como sea posible (fig. 3.3). Los gráficos manifiestan varias características. En todos los casos, la fuerza dinámica máxima es menor que la fuerza absoluta Fo, siendo el valor más próximo a Fo la fuerza máxima de la tensión isométrica explosiva F(isom). Dentro del régimen dinámico, la diferencia entre la Fo y la Fmáx (p. ej., el déficit de fuerza, como se definió en el cap. 1) aumenta a medida que disminuye la resistencia (tabla 3.1). Dicho de otro modo, al disminuir la resistencia externa, la realización del potencial de fuerza de los músculos por lo que se refiere a la fuerza esplosiva disminuye, como lo demuestra la reducción de la correlación entre la Fo y la Fmáx.

A pesar de las diferencias halladas en la magnitud de la fuerza muscular F(t) con cargas y tensio-

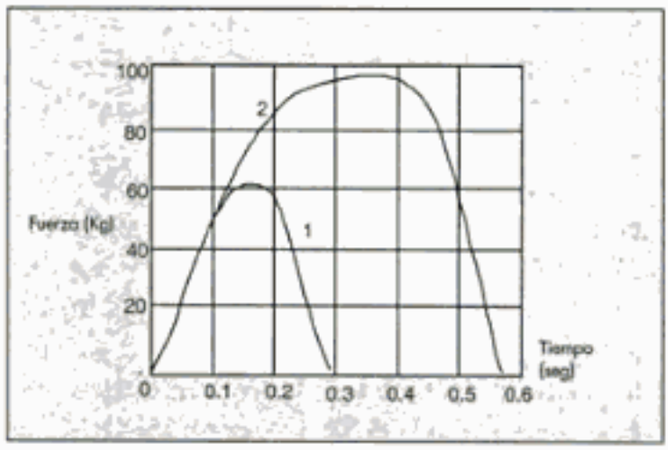


FIGURA 3.4 *Gráfico de la fuerza-tiempo del esfuerzo voluntario máximo desarrollado en un press de piernas. Gráficos de la fuerza explosiva con valores del 40% (curva 1) y del 70% (curva 2) de la fuerza máxima.*

nes isométricas diferentes, las distintas curvas se superponen con precisión la una sobre la otra en su inicio (fig. 3.4). Así, cuando la fuerza explosiva depende por completo de las condiciones externas y de su máximo de fuerza absoluta, entonces la porción inicial del gráfico F(t) queda determinada por la capacidad especial del sistema neuromuscular denominada fuerza inicial (Verkhoshansky, 1968, 1970). Podemos asumir que el grado en el cual se manifiesta esta capacidad se determina mediante la eficacia de los procesos biomecánicos de aquellos músculos que son responsables del rápido desarrollo de la tensión inicial. La intensidad de estos procesos durante el esfuerzo voluntario máximo es constante cuando se mantiene un estado funcional y un nivel de forma física dados. Es independiente de la resistencia externa, de su carácter y del régimen de trabajo muscular (dinámico o isométrico).

Durante la tensión explosiva isométrica con un esfuerzo dinámico con cargas del 60% y el 80% de la Fo, la fuerza externa alcanza con rapidez cierto nivel a lo largo de la acción de la fuerza inicial y continúa creciendo con mayor lentitud hasta alcanzar la fuerza máxima (fig. 3.3.). En el caso del trabajo muscular dinámico, los cambios en F(t) se producen en el momento en que la fuerza iguala el peso de la carga. Parece que, cuando el movimiento comienza, intermedia algún otro mecanismo fisiológico movilizado por las fuentes adicionales para aumentar la fuerza muscular. Esto determina la capacidad de los músculos para desarrollar su potencia de movimiento.

La fuerza de aceleración de los músculos ha sido definida como aquella capacidad que produce la aceleración de un objeto en movimiento (ver cap. 2). La cualidad conocida como fuerza explosiva se distingue de los otros tipos de fuerza-velocidad como aquella que produce la tensión neuromuscular más grande posible en el tiempo más corto en una trayectoria dada. También describe la capacidad para aumentar con rapidez la fuerza de trabajo hasta alcanzar la máxima (ver. cap. 1). La fuerza inicial no es sino la capacidad para desarrollar con rapidez la fuerza más grande posible en el momento inicial de la tensión, mientras que la fuerza de aceleración es la capacidad para desarrollar una fuerza de trabajo tan rápido como sea posible una vez que ha comenzado la contracción (cap. 1).

No es difícil llegar a la conclusión de que, durante la manifestación de la fuerza explosiva dinámica con un 20-40% de la Fo, la curva de F(t) se caracteriza y está determinada en su totalidad por la fuerza inicial desarrollada por los músculos. Con una resistencia del 60-80% de Fo, sus características funcionales cambian significativamente. Al igual que en el caso previo, el comienzo de la curva de F(t) queda determinado por la fuerza inicial, aunque se halla cada vez más relacionado con la capacidad de los músculos para producir con rapidez la fuerza máxima posible; p. ej., la fuerza de aceleración.

Algunos estudios parecen indicar que existe una pequeña correlación entre la fuerza inicial y la fuerza de aceleración y que en ambos casos se trata de capacidades motrices específicas. Por tanto, basándonos en un análisis de los factores, la curva de F(t) de la fuerza explosiva en los regímenes isométrico y dinámico muestra que estas capacidades se distinguen por distintos factores, en particular, por la fuerza absoluta Fo, la Fmáx, el tmáx, la fuerza inicial, la fuerza explosiva y la fuerza de aceleración. Los distintos factores se identifican con facilidad como sigue:

1. La capacidad general para desarrollar la fuerza explosiva.
2. La fuerza absoluta Fo (potencial de fuerza) del deportista.
3. La capacidad de los músculos para desarrollar con rapidez la fuerza inicial.
4. La capacidad de los músculos para desarrollar con rapidez la fuerza de aceleración.

En los experimentos en los que se registró la velocidad absoluta (la media de la velocidad de un

Urheberrechtlich geschütztes Material

movimiento sin carga; Vo, durante un intervalo dado), la fuerza de aceleración se identificó como un factor independiente. Por tanto, el resultado del trabajo de un movimiento deportivo, ejecutado con una tensión muscular voluntaria máxima, se determina hasta cierto grado por cuatro capacidades de la fuerza especial: la fuerza absoluta (Fo), la fuerza inicial (Fi), la fuerza de aceleración (Fa) y la velocidad absoluta de la contracción muscular (Vo).

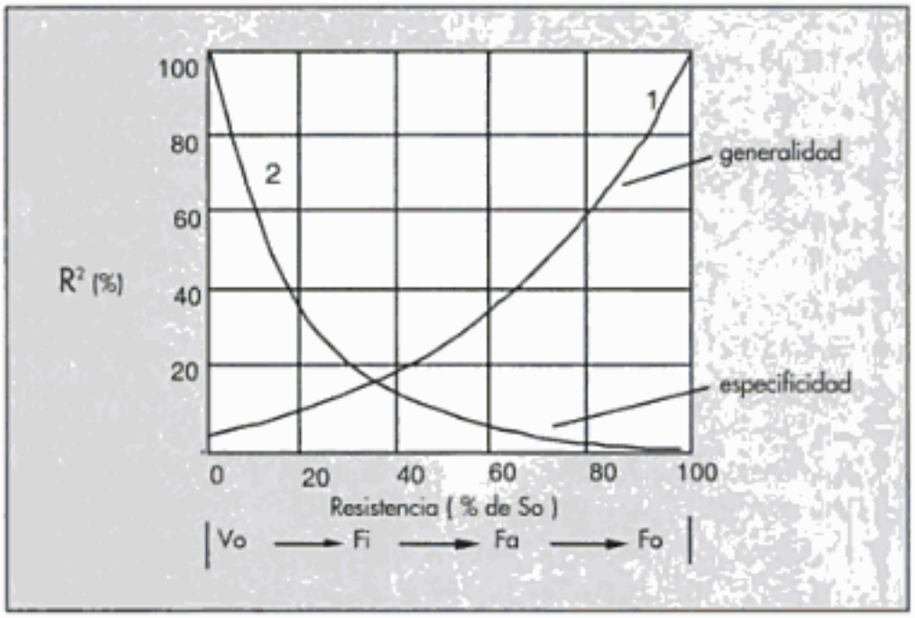


FIGURA 3.5 *Cambios en la potencia de las diferencias individuales (R2) entre la fuerza explosiva máxima Fmáx y la fuerza absoluta Fo con resistencia externa. Fi = fuerza inicial; Fa = fuerza de aceleración.*

Hasta cierto grado estas capacidades son intrínsecas a todos los deportistas de distinto nivel de condición física y especialización durante la ejecución de regímenes isométricos y dinámicos de trabajo muscular. Se ha llegado a la conclusión de que el entrenamiento no cambia la estructura de estos factores de las capacidades de la fuerza y la velocidad. Sin embargo, la importancia relativa de cada factor, la necesidad de poseer una capacidad particular de la fuerza, y la contribución de cada factor al perfil de la condición física general se alteran dependiendo del carácter y sobre todo del énfasis del entrenamiento (Verkhoshansky, 1972, 1973).

Para resolver el problema de la fuerza especial, es importante centrarse en las principales relaciones existentes entre las capacidades de la fuerza y su papel en los movimientos deportivos bajo ciertas condiciones. Cuanto mayor sea la resistencia, mayor es la correlación entre la fuerza absoluta Fo y la fuerza explosiva Fmáx. A medida que aumenta la resistencia externa, también aumenta la generalidad la media de las diferencias individuales entre la fuerza absoluta Fo y la Fmáx (fig. 3.5, curva 1). A medida que la resistencia externa disminuye, el porcentaje específico de las diferencias entre ellas aumenta (fig. 3.5, curva 2)[1].

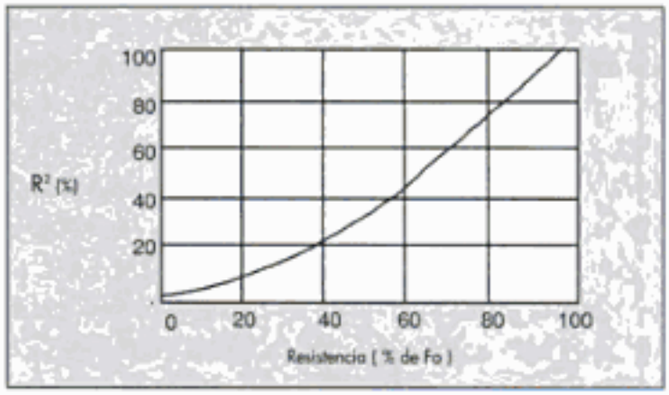


FIGURA 3.6 *Cambio en la correlación de las diferencias individuales entre la fuerza absoluta y la velocidad de un movimiento resistido, dependiendo de la resistencia externa.*

1. La determinación de los factores de la generalidad (generalidad - R2) y la especificidad (especificidad - K2) se basan en la tarea motriz (calculada a partir del coeficiente de correlación entre los indicadores). Elevando al cuadrado el coeficiente de correlación y multiplicándolo por 100; p. ej., (R2 100) obtenemos la media de la generalidad de las diferencias individuales, determinada como el signo de similaridad de las dos magnitudes cambiantes. La cantidad que caracteriza a la especificidad de ambos cambios (K2) se determina a partir de la ecuación (R2 100) + K2 = 100. Es válido considerar que la especificidad del signo es importante cuando K es mayor que R (Lotter, 1961; Bachman, 1961).

Urheberrechtlich geschütztes Material

La media de la generalidad de las diferencias individuales entre Fo y el valor de la porción inicial de la curva de F(t) es un 20-25%, mientras que la de la especificidad es un 75-80%. Hay que destacar que la correlación entre la fuerza absoluta y los valores de la curva (F(t) de la fuerza dinámica en su punto inicial es significativa en el caso de personas relativamente poco entrenadas, si bien con un incremento de la condición física se vuelve una medida poco fiable. El grado de generalidad entre la Fo y la parte inicial de la curva de F(t) disminuye de manera notable debido al entrenamiento a corto plazo (30-36 sesiones).

No sólo no hay correlación entre la fuerza absoluta Fo y la velocidad absoluta (velocidad media Vo), sino que ésta es negativa. La correlación entre la fuerza absoluta y la velocidad de un movimiento contra una resistencia externa tiene una generalidad importante (hasta un 40% de la Fo), lo cual despliega una dependencia aproximadamente lineal de la resistencia externa (fig. 3.6).

Por tanto, la fuerza absoluta Fo no determina el resultado del trabajo en el instante inicial de la tensión muscular ni la fuerza máxima de los movimientos contra una resistencia externa pequeña. Sólo se relaciona con la fuerza explosiva máxima cuando la resistencia externa es grande. La fuerza absoluta no sólo no asegura el desarrollo de la velocidad absoluta del movimiento, sino que tiende a ejercer justo el efecto contrario. Sin embargo, cuando el movimiento se ejecuta contra una resistencia externa, cuanto mayor sea ésta, más dependerá la velocidad de la fuerza absoluta. Existe un grado excepcionalmente bajo de generalidad entre la velocidad absoluta del movimiento (Vo) y su velocidad cuando se desarrolla contra una resistencia externa. En este caso, incluso con una resistencia del 20% de la Fo, la especificidad de las diferencias individuales alcanza el 70% (fig. 3.5, curva 2).

Por consiguiente, la velocidad absoluta (media de la velocidad) del movimiento ejerce una influencia moderada sobre la velocidad de la fuerza explosiva cuando la resistencia externa se halla dentro de los límites del 10-20% de la Fo. La correlación entre las características del gradiente de la curva de F(t) de la fuerza dinámica es distinto:

- la correlación media entre los gradientes de la fuerza explosiva (Fe) y la fuerza de aceleración (Fa) es un 84% (con un grado de especificidad del 16%);
- la correlación media entre los gradientes de la fuerza explosiva (Fe) y la fuerza inicial (Fi) es un 52% (con una especificidad del 48%);
- la correlación media entre los gradientes de la fuerza inicial (Fi) y la fuerza de aceleración (Fa) es un 27% (con una especificidad del 73%).

Las fuerzas de los gradientes (Fe, Fi, Fa) se relacionan en cierta medida con la fuerza absoluta (la fuerza explosiva Fe y la fuerza de aceleración Fa se relacionan en mayor medida, y la fuerza inicial Fi en menor grado) y la velocidad absoluta (la fuerza inicial Fi se relaciona en mayor medida, y la fuerza explosiva Fe y la fuerza de aceleración Fa en menor grado). Aquí, la correlación depende de la magnitud de la resistencia externa, del grado de generalidad que mide un 20% y de la especificidad que mide un 80%. Las fuerzas de los gradientes y los valores correspondientes de la fuerza dinámica F(t) con respecto al tiempo tienen una correlación por lo general mayor, y alcanzan una media del 64%. Como resultado del entrenamiento, la potencia de las fuerzas de los gradientes de la Fo disminuye significativamente (sobre todo la Fi), la fuerza dinámica F(t) aumenta, y la velocidad absoluta cambia mínimamente.

La fuerza inicial y la fuerza de aceleración apenas si dependen la una de la otra, mientras que la fuerza inicial y la capacidad general para desarrollar la fuerza explosiva tienen poco en común (ver fig. 2.24). Las capacidades generales para desarrollar la fuerza explosiva y la fuerza de aceleración se determinan hasta un grado importante por una com-

Urheberrechtlich geschütztes Material

binación de distintas causas.

No todas las capacidades contribuyen de igual manera al resultado del trabajo de la fuerza explosiva. Según cuales sean las condiciones, una u otra desempeñarán un papel preponderante y, por tanto, mostrarán el potencial principal para producir un intenso desarrollo. La participación en mayor o menor medida durante la ejecución de actos motores potentes hace que las capacidades, debido a su relativa independencia neuromuscular, se unan no estructural sino funcionalmente. Dicho de otro modo, se integran para producir una capacidad general nueva, regulando la interacción, resolviendo las tareas motrices generales y, al mismo tiempo, manteniendo su individualidad y su capacidad para establecer cualquier tipo de unión funcional exigida por las condiciones cambiantes de la actividad. Según el carácter del movimiento, el programa motor se establece mediante las capacidades de los componentes y se realiza de forma simultánea y secuencial.

La tendencia general se puede expresar así: cuanto menor es la resistencia externa (por consiguiente más rápida y corta es su ejecución), mayor es el papel desempeñado por capacidades como la fuerza inicial y la capacidad para desarrollar una velocidad absoluta alta. A la inversa, cuanto mayor sea la resistencia externa, mayor es la importancia de la fuerza de aceleración y la fuerza absoluta. Por lo que se refiere a estas capacidades de los componentes (que determinan el resultado del trabajo de la fuerza explosiva), se puede identificar la secuencia siguiente: Vo > Fi > Fa > Fo, cada componente de los cuales mantiene una correlación especifica con la resistencia externa impuesta, como se ilustra en el eje horizontal de la figura 3.5. Esta secuencia muestra ciertas características:

1. El desarrollo de las capacidades de los componentes es independiente y el crecimiento de una de ellas se relaciona con un desarrollo insignificante de las otras. Cuanto más distanciadas están unas capacidades de otras en esta secuencia, menor es la interacción.
2. El desarrollo de cada una de estas capacidades requiere un régimen de entrenamiento específico. Un programa de entrenamiento dirigido principalmente a la mejora de una capacidad tiene poco o ningún efecto sobre las otras.
3. La independencia relativa de las capacidades de los componentes en su producción y desarrollo se vuelve incluso más aparente con el aumento de la condición física.
4. Las capacidades de los componentes requieren distintos niveles de entrenamiento. Las capacidades (Fa, Fo) de la derecha de la secuencia son más fáciles de perfeccionar que las de la izquierda (Vo, Fi). Con sentido práctico y puesto que los movimientos deportivos siempre se relacionan con la superación de una resistencia externa, son sobre todo dos capacidades de los componentes las que determinan el efecto de entrenamiento de la fuerza explosiva: la fuerza inicial y la fuerza de aceleración. Para estudiar su papel en la ejecución de los movimientos de fuerza-velocidad debemos hacer referencia a la figura 3.3. Está claro que cuando se supera una resistencia externa insignificante (aproximadamente hasta un 40% de la Fo), no se puede desarrollar todo el potencial de fuerza. En este caso, la fuerza de impulsión que produce el movimiento se desarrolla sobre todo gracias a la fuerza inicial. Cuando la resistencia es grande (más del 60% de la Fo), la fuerza de impulsión que produce el movimiento se desarrolla sobre todo gracias a la fuerza de aceleración y a la fuerza absoluta (o fuerza máxima).

En este caso, la fuerza inicial desempeña un papel asistente, por lo, que para que la tensión muscular de trabajo alcance cierto nivel lo más rápido posible, la fuerza inicial ha de ser el mecanismo subyacente crucial para la producción de fuerza de aceleración. De lo cual se deduce que:

Urheberrechtlich geschütztes Material

- cuando hay una resistencia externa, la fuerza inicial se desarrolla isométricamente (sobre todo a medida que aumenta la resistencia), mientras que la fuerza de aceleración se desarrolla dinámicamente;
- cuanto mayor es el nivel en el que se desarrolla la fuerza inicial más rápida se produce la fuerza de aceleración. El último punto debe subrayarse porque existe un tiempo limitado para la ejecución de todos los movimientos deportivos de fuerza-velocidad.

Rapidez y capacidad reactiva

Se hace necesario tratar con detalle la capacidad concreta de los músculos para contraerse con rapidez. Este proceso neuromuscular se manifiesta en esencia de dos formas: con la capacidad reactiva y con la rapidez. La rapidez comprende la capacidad para contraer o relajar un músculo sin que intervenga ningún estiramiento preliminar. Su papel primario es la producción de movimientos de alta velocidad en condiciones que no requieran mucha fuerza ni potencia. Se mide como el intervalo de tiempo o tiempo de reacción entre el estímulo y la respuesta (o inicio del movimiento). Este tiempo debe distinguirse del tiempo del movimiento, que es el intervalo entre el final de la fase de reacción y el final del movimiento (p. ej., desde el comienzo al final del movimiento). Es importante señalar que no se ha demostrado que haya correlación alguna entre el tiempo de reacción y el tiempo del movimiento (Harbin y otros, 1989). El tiempo de reacción consta de dos estadios: una fase de latencia entre la recepción del estímulo y el inicio de la actividad eléctrica en los músculos relevantes, y una fase de respuesta entre la aparición de la señal del EMG y la acción motriz. Hay dos periodos de latencia en la transmisión eléctrica relacionados con el tiempo de reacción (excluyendo cualquier tiempo de procesamiento central):

- el tiempo que invierte el aferente sensorial en alcanzar el sistema nervioso central;
- el tiempo que invierte un impulso motor en viajar del sistema nervioso central a los músculos.

La media de tiempo de reacción invertida en tareas sencillas es (Harbin et al., 1989):

- 0,142 segundos para los estímulos auditivos;
- 0,155 segundos para los estímulos táctiles;
- 0,194 para los estímulos visuales.

En apariencia, el periodo de latencia está muy determinado por la genética y se modifica mínimamente con el entrenamiento, por lo que la mejora de la velocidad tiene que centrarse en modificar la respuesta o fase de movimiento. Por ejemplo, la media del tiempo del movimiento de una tarea sencilla y unidireccional ejecutada por una extremidad es 0,3 segundos, tiempo que llega a reducirse en más de un 50% en el caso de personas muy entrenadas. Hay que señalar que los tiempos de reacción anteriores pueden considerarse más lentos para tareas más complejas o menos predecibles. Por ejemplo, las señales visuales impredecibles generan tiempos de reacción que supera los 0.5 segundos (Fogel, 1963). Por lo tanto, la práctica regular de las capacidades neuromusculares tiene una importancia capital en la determinación de la capacidad deportiva.

Se ha demostrado que la capacidad para golpear un objeto en movimiento, así como para cogerlo o bloquearlo con rapidez (tenis, squash, béisbol o boxeo), depende también en gran medida más de la capacidad propia para anticipar con precisión la posible trayectoria del objeto que simplemente de un tiempo de reacción rápido. Está claro que quien necesite estas capacidades para la práctica de un deporte debe adquirir la capacidad para visualizar y ejecutar todos los patrones motores necesarios. La mejora de la fuerza tiene poco valor cuando el deportista no mantiene o mejora las capacidades neuromusculares.

Cuando es necesario desarrollar una reacción

Urheberrechtlich geschütztes Material

muy rápida, por ejemplo, en una situación en que actúa el instinto de conservación, las señales nerviosas no viajan al encéfalo para recibir una interacción consciente, sino que siguen un arco reflejo mucho más rápido hasta el nivel adecuado de la médula espinal. Esta actividad refleja es un aspecto esencial de todos los deportes, aunque en muchos casos el tiempo de reacción también comprende la toma de decisiones subconscientes o conscientes a nivel cognitivo. En estos casos, el tiempo de reacción comprende un tiempo de percepción y un tiempo de decisión, mejorando el segundo mediante la aplicación regular de un entrenamiento para las capacidades neuromusculares.

El tiempo del movimiento está muy influido por la coordinación motriz o por la precisión de los movimientos, donde la precisión comprende la capacidad de ejecutar una tarea única con un objetivo y con un pequeño grado de error o el menor número de movimientos aleatorios durante la realización de dicha tarea.

La monitorización de los reflejos y los procesos de reacción no sólo son importantes para el entrenamiento de deportistas sanos, sino también para la rehabilitación de deportistas lesionados, entendiendo por rehabilitación la vuelta del paciente a un estado de forma física funcional completo (p. ej., por lo que se refiere a la fuerza, potencia, resistencia y flexibilidad) y a la recuperación de la capacidad motriz (coordinación, eficacia y facultad de reacción). Las mediciones de la fuerza y la resistencia con dinamómetros isocinéticos o de otro tipo no aseguran necesariamente que un deportista esté rehabilitado por completo y listo para volver a la competición. La mejora del tiempo del movimiento, la agilidad y las capacidades motrices es también esencial y hay que prestar especial atención a la coordinación entre los movimientos y las percepciones sensoriales, oculares y auditivas.

También hay que distinguir la rapidez desarrollada en las tareas sencillas de la desarrollada en las complejas, y la rapidez al ejecutar acciones únicas frente a otras repetidas. En el boxeo o en las artes marciales, el primer caso requeriría soltar el puño partiendo de un estado de reposo para dar un puñetazo, o apartar el brazo con el que un judoka o un luchador te ha agarrado anticipando una proyección o una técnica de inmovilización. Ejemplos de rapidez en acciones repetidas son el dribling en el fútbol, el golpeo del volante en retornos sucesivos con gran rapidez en el bádminton, o una lluvia de golpes ofensivos en el boxeo. En estos últimos ejemplos, al igual que en el tenis, el tenis de mesa o el squash, la rapidez también comprende la frecuencia de los movimientos repetidos.

La capacidad reactiva se definió con anterioridad como la capacidad neuromuscular para generar fuerza explosiva (cap. 2), cualidad que depende del estiramiento preliminar y de la rapidez de la reacción. Depende en gran medida de la capacidad específica para desarrollar una fuerza motriz potente inmediatamente después de un estiramiento muscular mecánico intenso; p. ej., cuando se produce un cambio rápido de un proceso de trabajo excéntrico a otro concéntrico en el momento en que se encuentra una carga dinámica máxima. El estiramiento preliminar provoca una deformación elástica de los músculos y, por tanto, el almacenamiento de energía potencial que se transforma en energía cinética a medida que los músculos comienzan a contraerse. Esto se añade a la fuerza de las contracciones musculares e incrementa el efecto de trabajo.

La capacidad reactiva, como cualidad específica del sistema locomotor humano, se explica mediante algunos de los principios de la fisiología neuromuscular. Se sabe, por ejemplo, que el estiramiento preliminar de un músculo aumenta el resultado del trabajo de su siguiente contracción. Se ha llegado a la conclusión de que el trabajo concéntrico de un músculo que comienza a contraerse con rapidez después de un estiramiento preliminar es mayor que el trabajo concéntrico del mismo músculo después de una contracción isométrica (Abbott & Aubert, 1952; Cavagna, 1965, 1968).

Urheberrechtlich geschütztes Material

La fuerza adicional adquirida mediante el estiramiento aumenta dependiendo de su rapidez y de la longitud del músculo (Hill, 1938; Katz, 1939; Wolker, 1953): cuanto más rápido sea el estiramiento, mayor será la fuerza adicional (Cavagna, 1965). La aplicación práctica de este efecto se realizó tanto en actividades laborales (Stechenov, 1901) como en los movimientos deportivos (Fenn, 1930; Cavagna, 1964). Los resultados obtenidos mediante el estudio de los ejercicios deportivos demostraron, en concreto, que el empleo de estiramientos preliminares asegura que la ejecución de la actividad motriz sea más eficaz (Ozolin & Chkhaidze, 1951; Verkhoshansky, 1961, 1963). El régimen en el que se supera de forma activa una resistencia externa después de haber estado precedido por un estiramiento muscular preliminar brusco es el medio más eficaz para el entrenamiento de la fuerza explosiva (Verkhoshansky, 1963). Esta técnica a veces se denomina entrenamiento pliométrico, de impulsión o choques (ver cap. 1).

Las características básicas de la capacidad reactiva del sistema neuromuscular se demostraron mediante un experimento que modeló el trabajo muscular desarrollado para impulsar una carga en caída. Quienes participaron en el experimento procedían a lanzar una carga hacia arriba a lo largo de unos raíles guía después de que hubiera caído desde distintas alturas. Se registraba la altura de la caída y la del lanzamiento. La trayectoria se trazaba gráficamente y se registraba el tiempo invertido en alcanzar distintas alturas (fig. 3.7).

Las curvas resultantes indican que, al aumentar la fuerza del estímulo (caracterizada aquí como la energía cinética de la carga en caída), aumenta el resultado del trabajo (altura de la trayectoria de caída de la carga) y luego se estabiliza a medida que la fuerza del estímulo supera cierto límite óptimo; finalmente, comienza a disminuir. Con el entrenamiento, la altura de la curva reactiva supera el eje horizontal y su meseta y porción descendente se desplazan hacia la derecha. Dicho de otro modo, el sistema neuromuscular es capaz de responder positivamente a un estímulo cuya intensidad inicial provoque que el efecto de entrenamiento del movimiento disminuya.

Hay que analizar otro detalle, la trayectoria de la carga respecto al tiempo (fig. 3.8). El movimiento comprende una fase de amortiguación (frenado) durante la cual la velocidad de la caída preliminar de la carga es contrarrestada; y una fase de impulsión activa durante la cual se aplica velocidad vertical a la carga (el propósito es lanzar la carga tan alto como sea posible).

La pendiente del gráfico entre las partes descendente y ascendente indica que la transición en conjunto tiende a acortarse junto con el aumento de la fuerza del estímulo. Como resultado del entrenamiento específico, el movimiento se

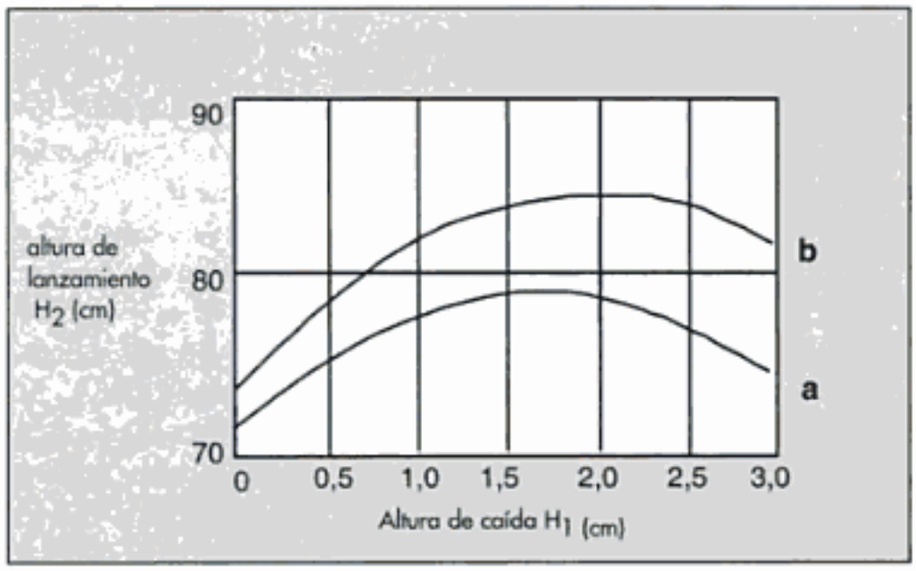


FIGURA 3.7 *Altura alcanzada por una carga lanzada hacia arriba después de caer desde distintas alturas. La dependencia de la altura (H2) lograda por una carga de 6 kg lanzada verticalmente hacia arriba después de caer desde distintas alturas (H1): (a) antes de haberse entrenado; (b) después de haberse entrenado.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

suele ejecutar con mayor rapidez y energía, con una transición más rápida del trabajo excéntrico al concéntrico, y con mayor velocidad de contracción muscular durante la fase de impulsión. El efecto de entrenamiento es mayor cuando el estiramiento muscular preliminar tiene un carácter brusco, como si fuera un choque.

En los estudios sobre la capacidad reactiva se plantea la cuestión de cómo evaluar esto cuantitativamente. Se puede aplicar la siguiente fórmula:

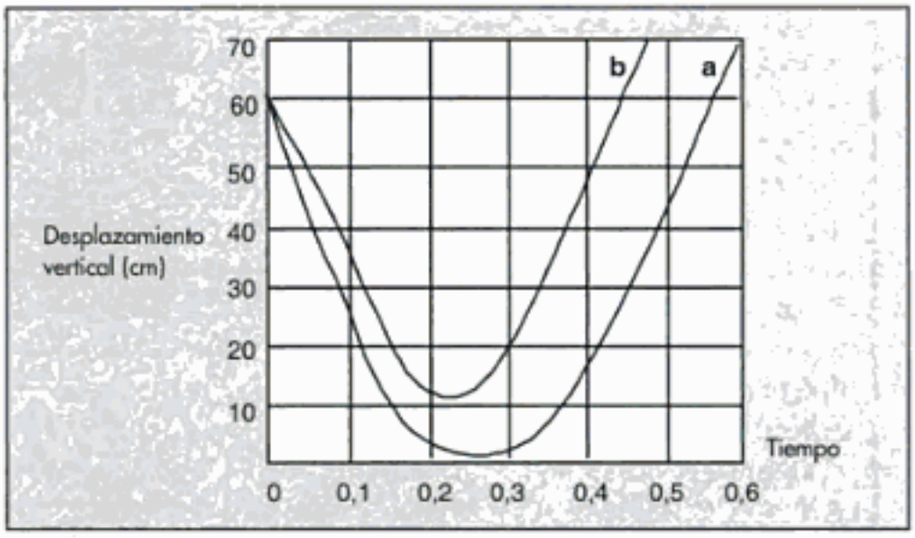


FIGURA 3.8 *Gráfico del tiempo de desplazamiento de una carga de 6 kg lanzada hacia arriba después de haber caído desde una altura de 2 metros: (a) antes de haberse entrenado; (b) después de haberse entrenado.*

Coeficiente de reactividad:
CR = K2/ K1

Aquí, K representa cualquier característica del trabajo muscular adecuada para las fases de estiramiento e impulsión activa; p. ej., la potencia generada por la fuerza de trabajo (K1 y K2 son dos características distintas como el impulso y la energía que describen las acciones justo antes y después del movimiento global). Sin embargo, la complejidad del análisis de la actividad durante estas fases restringe el empleo de este tipo de determinación.

La fórmula CR para los laboratorios de biomecánica.

CR = Fmáx / (tmáx·W)
= Fmáx / (tmáx· m·g)

Apareció por vez primera en el capítulo 2 y es más conveniente para aplicaciones prácticas donde Fmáx es la fuerza máxima, tmáx es el tiempo empleado en alcanzar dicha máxima, *m* es la masa del objeto en movimiento o la masa corporal del deportista y *g* es la aceleración gravitatoria (9,8 m/s^2). El CR consiste en la valoración de la sobrecarga de la parte que trabaja dividida en unidades de tiempo de movimiento (Verkhoshansky, 1963). Este coeficiente ha tenido una amplia aplicación en las investigaciones (Chudinov, 1966; Papysheva, 1966; Kuznetsov, 1966; Kharabuga, 1967; Chereshneva, 1967; Polmachev, 1968; Kuznetsov, 1970; Semenov y otros, 1971).

Con el fin de evaluar objetivamente la capacidad reactiva diseñamos una prueba de reactividad, que consistió en una serie de saltos verticales (sin el empleo de los brazos) tras un salto horizontal (h = 0,4 metros), sin cargas y con cargas de 10, 20, 30 y 40 kg. Se midió la altura del salto y la duración del periodo; luego se registró gráficamente la altura del salto con la masa del saltador más la carga adicional (fig. 3.9). El coeficiente de reactividad se determinó a partir de la duración del periodo de apoyo y el análisis de la media de la fuerza de despegue (basándose en la altura de caída y la altura del salto).

Son varias las investigaciones que han estudiado la interdependencia entre la capacidad reactiva (evaluada con la prueba de la reactividad), la fuerza muscular y la velocidad funcional. Se halló que la correlación entre la capacidad reactiva y la fuerza aumenta con un incremento de la carga; sin embargo, sólo se observó una correlación alta (R = 0,95)

Urheberrechtlich geschütztes Material

con cargas grandes para los grupos musculares implicados (30 y 40 kg). La correlación mayor entre la capacidad reactiva y la velocidad (determinada a partir de la duración del periodo de apoyo) sólo se observó entre el coeficiente de reactividad CR y el tiempo t medido durante un movimiento específico. Además, en todas las pruebas la correlación entre el CR y el tiempo t es mucho mayor que entre el CR y la fuerza F. La correlación entre la duración del periodo de apoyo y la fuerza tiende a aumentar en proporción a la masa de la carga, si bien sólo es significativa con cargas grandes (30 kg y 40 kg).

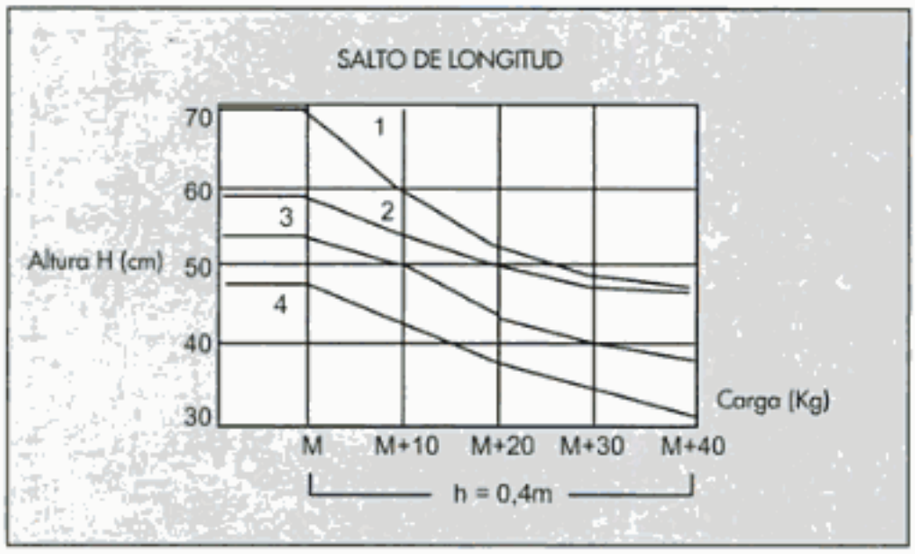


FIGURA 3.9 *Resultados de una prueba práctica sobre la capacidad reactiva con saltadores (1), lanzadores de peso (2), velocistas (3) y corredores de medio fondo (4). M = la masa del deportista; h = salto horinzontal.*

La correlación entre la velocidad de la contracción muscular y la fuerza máxima depende de las condiciones del despegue del salto. Con una carga relativamente pequeña (saltos horizontales sin peso añadido), la fuerza absoluta tiene un efecto negativo sobre la velocidad de la contracción muscular, si bien tiene un efecto positivo con cargas relativamente grandes (saltos horizontales con 40 kg). Por otra parte, una fuerza relativa grande tiene un efecto positivo sobre la velocidad de la contracción muscular con cargas ligeras, y un efecto negativo con cargas pesadas.

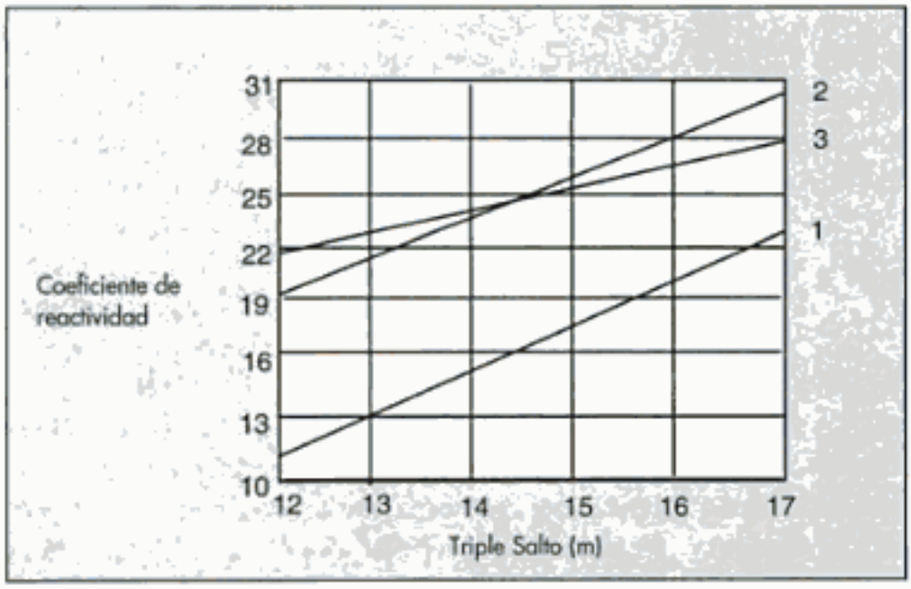


FIGURA 3.10 *relación entre la capacidad reactiva y el rendimiento en el triple salto (1 = primer despegue ; 2 = segundo despegue ; 3 = tercer despegue). El coeficiente de reactividad se calcula a partir de la ecuación citada arriba, CR = Fmáx / mg.tmáx*

Las investigaciones muestran que la capacidad reactiva es una característica neuromuscular específica que se puede mejorar mediante el entrenamiento, siendo los regímenes motores del deporte los que determinan el nivel hasta el que se puede desarrollar (fig. 3.10). De todos los deportes examinados, el nivel más alto de capacidad reactiva fue mostrado por los saltadores, y el más bajo por los corredores de medio fondo.

La capacidad reactiva es, hasta cierto grado, fundamental para el triple salto, lo cual es

obvio desde el punto de vista de la correlación lineal con los resultados deportivos (fig. 3.10) y de la alta correlación entre ellos (aproximadamente 0,95). La capacidad reactiva también tiene una gran importancia en el complejo de características biomecánicas del despegue en el triple salto.

Velocidad, fuerza velocidad y rapidez

Tradicionalmente se ha asumido que se podía desarrollar por separado cada capacidad de la condición física, reunirlas con otras capacidades y obtener un producto final en forma de rendimiento específico. Sin embargo, la práctica y los datos científicos muestran que estos conceptos tradicionales están anticuados.

En realidad, las características del resultado del trabajo resultante de los movimientos deportivos reflejan la suma no lineal compleja de muchas funciones del cuerpo. Son características tales como el ritmo de inicio del movimiento o la velocidad del movimiento. Independientemente de si uno es un velocista o un corredor de fondo, un boxeador dando un puñetazo o un lanzador arrojando un objeto, el éxito deportivo depende de la velocidad de la ejecución. Sin embargo, esto no significa que la velocidad sea la única base de su éxito. En su forma básica, la velocidad se desarrolla con movimientos sencillos, sin carga alguna y con una sola articulación (p. ej., propulsando o balanceando los brazos y las piernas en planos diferentes) y se expresa de formas relativamente independientes como el tiempo de reacción motriz, el tiempo de movimiento individual, la capacidad para iniciar un movimiento con rapidez y la frecuencia máxima del movimiento (Henry y otros, 1960, 1968; Zimkin, 1965; Godik, 1966).

Sin embargo, la velocidad de las acciones sencillas y parecidas no tiene nada en común con la velocidad de ejecución de movimientos deportivos complejos. Esto queda subrayado por la falta de correlación entre las formas elementales de velocidad y la velocidad de movimiento en la locomoción de los deportes cíclicos (Gorozhnin, 1976). Ello se debe a que los mecanismos de control neurofisiológicos complejos y sus procesos metabólicos constituyen la base de la velocidad de movimiento en la locomoción cíclica. Por ejemplo, cierto número de capacidades determinan la capacidad para esprintar, incluidas la fuerza explosiva, la capacidad de acelerar con rapidez en el inicio, el desarrollo y mantenimiento de la velocidad máxima de movimiento, y la resistencia al cansancio (Henry & Trafton, 1951; Semyonov, 1966; Primakov, 1969; Lapin, 1971). La velocidad con la que se realiza una actividad de mayor duración depende del aumento de las fuentes de energía del cuerpo y de su eficacia (Farfel, 1939, 1949; Volkov, 1966; Mikhailov, 1967; Margaria, 1963; Astrand, 1956). La velocidad de ejecución de la locomoción acíclica se determina por medio de la capacidad de los músculos para superar resistencias externas significativas (Farfel, 1939; Zimkin, 1955; Donskoi, 1960).

La velocidad en los movimientos deportivos procede sobre todo de la fuerza y la resistencia, aunque esto no excluye el papel de la rapidez como cualidad funcional del cuerpo. Esta última es inherente como la fuerza y la resistencia, pero sólo se desarrolla completamente cuando la resistencia externa del movimiento no excede el 15% de la fuerza máxima (Verkhoshansky, 1973).

En comparación con los trabajos realizados sobre la fuerza y la resistencia, las investigaciones sobre la velocidad y los métodos para desarrollarla han experimentado un desarrollo menor. Esto es sobre todo cierto por lo que se refiere a los intentos de relacionar la velocidad de movimiento con la actividad del sistema nervioso y las razones por las que se estabiliza en una «barrera de velocidad» generada por la repetición monótona de un movimiento con un esfuerzo máximo, fenómeno para el cual las investigaciones no han hallado una corroboración experimental convincente.

Sin embargo, algunos estudios han identificado los factores genéticos y fisiológicos que determinan

Urheberrechtlich geschütztes Material

y limitan la velocidad y su respuesta al entrenamiento. Por tanto, basándonos en estos estudios (Orlovsky, 1970) sobre los mecanismos neurodinámicos que determinan la velocidad de la locomoción cíclica de los animales y su parecido general con la forma de andar de los seres humanos (por lo que respecta a las amplitudes angulares, la velocidad y aceleración de los movimientos articulares), parece que los velocistas más rápidos se distinguen por una organización más eficaz de los sistemas de control locomotor. Esto se expresa sobre todo por la relación existente entre ciertos sistemas nerviosos centrales (p. ej., los sistemas reticular y de la médula espinal) y su alta frecuencia de descarga (Gorozhanin, 1973, 1977).

Como ya se estudió con detalle en el capítulo 1, la velocidad de movimiento se relaciona en gran medida con la composición de fibras de contracción rápida y lenta de los músculos, de las cuales dependen las cualidades metabólicas contráctiles (Astrand & Rodahl, 1977; Komi, 1979). Se ha demostrado también que los deportistas que poseen gran proporción de fibras de contracción rápida en los músculos, en condiciones de igualdad, desarrollan mayor velocidad de movimiento y tienen mayor capacidad para generar fuerza (Rusko, 1976; Costill y otros, 1976; Forsberg y otros, 1976; Komi y otros, 1977). Se ha demostrado que los músculos de propulsión de los velocistas contienen más fibras de contracción rápida (hasta el 75%) (Gollnick, 1972; Thortensson y otros, 1977) y que los de los corredores de fondo tienen más fibras de contracción lenta (hasta un 90%) (Costill, 1973).

Además, la información disponible muestra que la excitabilidad del sistema nervioso es un factor que regula el nivel de velocidad individual (Teplov, 1961; Nebylitsyn, 1966; Rozhdestvensky y otros, 1969; Rusalov, 1972). Se ha comprobado que las personas con gran excitabilidad del sistema nervioso se distinguen por su gran velocidad de movimientos (Gorazhanin, 1977; Sultanov, 1979; Ilin & Malchikov, 1979; Tabachnik y otros, 1978). Así pues, la velocidad, como característica del potencial motor, tiene un límite superior que en gran medida está predeterminado por la genética y su perfeccionamiento en el entrenamiento tiende a estar restringido por este límite. Por tanto, la preparación de los velocistas de elite se relaciona no tanto con el desarrollo absoluto de la velocidad como con la selección de personas dotadas genéticamente y con la organización eficaz del entrenamiento para que aquéllos puedan desarrollar al máximo sus capacidades naturales. La detención de la mejora de los resultados en los esprints no se debe a la existencia de una «barrera en la velocidad», sino a la incapacidad para alcanzar los límites del potencial de la velocidad.

Se necesitan nuevos experimentos antes de llegar a identificar y a conocer todos los factores que determinan la velocidad de movimiento. También es necesario adoptar una postura crítica con las hipótesis plausibles que durante años han limitado la investigación sobre la fisiología del ejercicio y que con frecuencia desorientan a los entrenadores deportivos.

Es importante destacar que la velocidad máxima sólo se produce cuando el movimiento correspondiente recibe un aporte suficiente de energía para su ejecución. Por consiguiente, en aquellos deportes en los que los competidores logran velocidades altas, se oponen a resistencias externas importantes o aguantan el cansancio, es necesario examinar no tanto el desarrollo de la velocidad como el perfeccionamiento de aquellos sistemas funcionales que hacen posible ejecutar la tarea motriz con la mayor velocidad posible. Depende del potencial de fuerza de los músculos y de la eficacia de los procesos metabólicos que determinan su capacidad para realizar el trabajo de resistencia. En aquellos casos en los que la velocidad de movimiento no requiere mucha fuerza ni resistencia, es necesario mejorar con cuidado a esta cualidad y no empeorarla con un entrenamiento de volúmenes desproporcionados de trabajo inútil. En este sentido, es interesante insistir en los volúmenes de entrenamiento tan bajos que

Urheberrechtlich geschütztes Material

caracterizan a los velocistas de elite.

Así pues, podemos apreciar que la rapidez y la velocidad son características diferentes del sistema motor. La rapidez es una facultad general del SNC que se desarrolla sobre todo durante las reacciones motrices de autoprotección y durante la producción de movimientos sin carga y muy sencillos. Las características individuales de la rapidez en todas las formas en las que se desarolla están determinadas por factores genéticos y, por tanto, el potencial de su desarrollo es limitado.

La velocidad de movimiento o de desplazamiento es una función compuesta por rapidez, capacidad reactiva, fuerza, resistencia y destreza para coordinar con eficacia los movimientos de respuesta a las condiciones externas en las que se ejecuta una tarea motriz (fig. 3.11). A diferencia de la rapidez, existe un potencial mucho mayor para mejorar la velocidad de movimiento.

Es importante volver la atención al hecho de que las condiciones diferentes de los deportes descansan sobre el mismo sistema (el sistema locomotor) y los mismos centros de regulación. El cuerpo no cuenta con una colección de mecanismos especializados y restringidos para satisfacer todos los requisitos motores, pero posee métodos generales y amplios de respuesta para gran variedad de posibilidades y cuenta con gran número de capacidades motrices para superar las influencias externas. La notoria capacidad del cuerpo para adaptarse a condiciones medioambientales inusuales es producto del crecimiento funcional de aquellos sistemas que resisten esfuerzos extremos como los que se producen en la práctica de deportes.

Por consiguiente, no existen mecanismos altamente especializados que sean únicamente cruciales para la velocidad, la fuerza o la resistencia. Sin embargo, y gracias a un entrenamiento correcto, estos sistemas se especializan de acuerdo con el énfasis principal del régimen motor que caracteriza la actividad del deporte concreto. El aumento de la capacidad de trabajo especial de un deportista se relaciona no sólo con el desarrollo de las capacidades físicas, sino con la especialización funcional del cuerpo en aquella dirección necesaria para producir un alto grado de fuerza, velocidad o resistencia. Esta información permite establecer métodos más eficaces para la preparación física especial de los deportistas.

La especialización funcional del cuerpo en un deporte dado requiere el desarrollo de distintos tipos de fuerza y resistencia, proceso que se inicia en el sistema neuromuscular (ver cap. 1). Se expresa mediante la hipertrofia funcional de los músculos, con la mejora del control de los procesos intramusculares e intermusculares, y con un aumento de la eficacia del metabolismo. La mejora del potencial muscular aumenta la fuerza absoluta, la potencia de los esfuerzos explosivos y la capacidad para ejecutar un trabajo durante un periodo prolongado.

La hipertrofia muscular se caracteriza por un incremento del diámetro causado por el espesamiento de las fibras y un incremento del número de

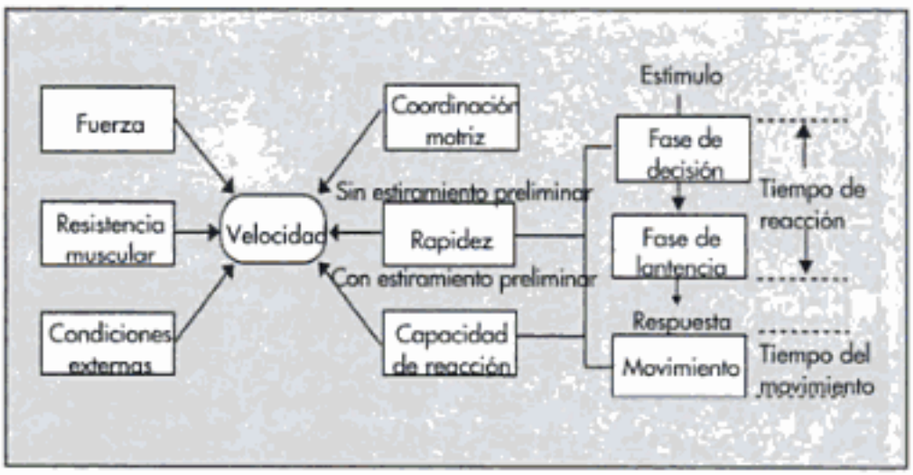


FIGURA 3.11 *Factores que determinan la velocidad de movimiento. Sólo se produce la fase de decisión cuando la acción es cognitiva y no reflexiva.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

capilares en el músculos (ver cap. 1). Cuando se necesita un esfuerzo explosivo o máximo, la hipertrofia funcional se relaciona con un incremento del volumen de las miofibrillas (p. ej., el aparato contráctil de las fibras musculares) y, en particular, las grandes unidades motrices de umbral alto. Sin embargo, el volumen muscular puede aumentar muy poco debido al incremento de la densidad de las miofibrillas del tejido muscular (ver cap. 1).

El espesamiento de las fibras musculares causado por el trabajo de resistencia se produce mediante un incremento del volumen capilar (p. ej., las partes no contráctiles de las fibras musculares), que aumenta las reservas metabólicas (glucógeno, fosfocreatina, mioglobina, etc.) y mejora las facultades oxidativas de los músculos. El entrenamiento de la fuerza o la resistencia puede causar una hipertrofia selectiva de las fibras de contracción rápida o lenta (Saltin, 1973; Skinner y McLellan, 1980). Sin embargo, la relación existente entre ambos tipos de fibras y sus cualidades contráctiles no parece cambiar a pesar de la mejora de las capacidades oxidativas de los músculos (Gollnick et al., 1973). El examen de la posibilidad de alterar las diferencias individuales en la relación de las fibras de contracción rápida y lenta como resultado del entrenamiento sugiere que es más probable que se produzca un cambio en las cualidades contráctiles (Costill y otros, 1976; Astrand y Rodahl, 1977; Komi y otros, 1977).

El incremento de la fuerza se produce por la mejora del funcionamiento de los procesos intramusculares y gracias al aumento del número de unidades motrices que participan en la contracción muscular; al aumento de la frecuencia de impulsos neuronales motores y a la mejora de la sincronización de la descarga. Esto se relaciona con un incremento de la intensidad de la excitación a la que se ven expuestas las motoneuronas desde las neuronas y los receptores de los niveles motores superiores (por la corteza motriz, los centros motores subcorticales y las neuronas intermedias de la corteza medular).

La fuerza máxima aumenta sobre todo mediante la implicación de grandes unidades motoras (de umbral elevado) en las contracciones, mientras que el trabajo de resistencia requiere la activación de unidades pequeñas (de umbral bajo). En el último caso es posible alternar la actividad de las distintas unidades, lo cual permite que la capacidad de trabajo se mantenga más tiempo. La fuerza explosiva se manifiesta mediante un rápido aumento de la tensión muscular y se determina en gran medida por la naturaleza de la excitación nerviosa de los músculos. Es sobre todo la frecuencia del impulso inicial de las neuronas motoras y su grado de sincronización lo que produce una movilización más rápida de las unidades motoras.

Como ya se trató con anterioridad (cap. 2), la curva de F(t) del esfuerzo explosivo desarrolla tres componentes y está determinada por condicionantes neuromusculares como la fuerza absoluta, la fuerza inicial y la fuerza de aceleración. La validez del aislamiento de la fuerza y la fuerza de aceleración ha sido corroborada por la investigación electromiográfica, que muestra las diferencias existentes de los patrones neuromotores, el reclutamiento de las unidades motrices y la frecuencia de descarga de las moto neuronas durante la producción de la fuerza explosiva (Masalgin, 1980). Esto confirma la hipótesis de que la fuerza inicial está hasta cierto grado determinada por las capacidades innatas del aparato neuromuscular y, en concreto, por la relación entre las fibras musculares de contracción rápida y lenta (Vutasalo y Komi, 1978).

La especialización del sistema neuromuscular para desarrollar las fuerzas absoluta, inicial y de aceleración está determinada sobre todo por la magnitud de la resistencia externa que hay que superar. Por tanto, a medida que el impulso de la inercia de una masa en rotación aumenta y opone resistencia al movimiento, la estructura de los factores de la fuerza explosiva muestra que el papel de la fuerza inicial y de la velocidad de movimiento disminuye mientras que el papel de la fuerza abso-

Urheberrechtlich geschütztes Material

luta y de aceleración disminuye (tabla 3.2). Por tanto, cuanto mayor es la resistencia externa, mayor es el papel de la fuerza absoluta. También es sabida la correlación de la última con las dimensiones del cuerpo y el estadio del entrenamiento.

La especialización funcional del cuerpo a lo largo de muchos años de entrenamiento mejora la eficacia de los procesos metabólicos que proporcionan la energía para el trabajo muscular mediante el mantenimiento del equilibrio del ATP. Por tanto, en los deportes con actividades explosivas o en los deportes en los que se desarrolla un trabajo corto de gran intensidad, la producción de energía de los músculos mejora con el aumento de los procesos metabólicos; p. ej., la velocidad de la liberación de energía y la recuperación del equlibrio del ATP logradas por medios anaerobios (reacciones de la fosfocreatina). Durante un trabajo prolongado de potencia submáxima, se emplean procesos metabólicos de mayor duración, la base de los cuales es la glucólisis anaerobia de los hidratos de carbono (ver cap. 1). Este método de la resíntesis del ATP no es tan potente como las reacciones de la fosfocreatina, pero su capacidad es mayor. Finalmente, durante el trabajo prolongado de intensidad moderada, se emplea la capacidad de resíntesis del ATP más alta (aerobia), en la que se emplea la adición de hidratos de carbono.

FUERZA-RESISTENCIA

La fuerza-resistencia es la forma específica en que se desarrolla la fuerza en actividades que requieren una duración relativamente larga de tensión muscular con una disminución mínima de la eficacia. Por ejemplo, un deportista que reme 2.000 metros en 6-7 minutos debe ejecutar 230-250 paladas (a un ritmo de 36-45 por minuto), siendo la fuerza de cada palada equivalente a un peso de 40-60 kgf (Samsonov, 1969).

La fuerza resistencia es un complejo intrincado de capacidades motrices que se expresan básicamente de dos formas: dinámica y estática. El tipo de actividad deportiva y el carácter con el que se desarrolla la tensión muscular determinan las distinticiones entre estas dos formas de fuerza-resistencia. Por tanto, basándonos en el carácter de la tensión muscular, la fuerza-resistencia se puede dividir en la tensión de gran intensidad y la tensión de intensidad moderada. Según el tipo de actividad deportiva, podemos distinguir entre la fuerza-resistencia dinámica y la fuerza-resistencia estática:

- La fuerza-resistencia dinámica suele relacionarse con ejercicios cíclicos en los que se repite sin

	Magnitud de la resistencia		
Orden de los factores	Impulso = 44 N.m	Impulso = 572 N.m	Impulso = 1144 N.m
1	Fuerza absoluta 24	Fuerza absoluta 32,1	Fuerza absoluta 34,7
2	Fuerza inicial 15,4	Fuerza de aceleración 17,2	Fuerza de aceleración 16,2
3	Velocidad de movimiento sin carga 3,1	Fuerza inicial 12,6	Hipertrofia 13,5
4	Fuerza de aceleración 12,2	Hipertrofia 10,6	Fuerza explosiva 11,3
5	Velocidad de movimiento con carga 11	Velocidad de movimiento sin carga 9,1	Fuerza explosiva 9,1
6	Fuerza explosiva 7,3	Fuerza explosiva 7,3	Velocidad de movimiento sin carga 8,4

TABLA 3.2 *Cambios en la estructura de los factores de las características de la fuerza velocidad aplicada a un esfuerzo explosivo (extensión de los muslos) realizado por lazandores de disco, y cuyo momento se incrementa (factores expresados en %, Dobrovolsky).*

interrupción una tensión considerable durante cada ciclo del movimiento (p. ej., en las carreras, la natación y el piragüismo); y también con los ejercicios acíclicos que se ejecutan repetitivamente con distintos intervalos de descanso cortos (p. ej., saltos o lanzamientos repetidos).

- La fuerza-resistencia estática se relaciona con actividades en las que es necesario ejercer una tensión isométrica de intensidad y duración variables (p. ej., en la lucha libre o en la vela) o para mantener cierta postura (p. ej., en el tiro o en el patinaje). La fuerza-resistencia estática se relaciona con una tensión muscular sostenida poco o mucho tiempo y cuya duración está determinada en cada caso por su intensidad.

Finalmente, dependiendo del número de músculos que participan en el trabajo, es necesario clasificar la fuerza-resistencia en dos tipos:

- La fuerza-resistencia general relacionada con actividades en las que participan muchos grupos musculares.
- La fuerza-resistencia local relacionada con actividades ejecutadas por grupos musculares aislados.

Esta distinción es muy importante, ya que los medios del entrenamiento de la fuerza deben influir en gran medida en estos grupos musculares que son los responsables del movimiento. En varios deportes cíclicos la actividad de estos grupos musculares se puede observar con un electromiografía, por ejemplo, en el piragüismo (Lazarov, 1967); e indirectamente (estableciendo una correlación de la fuerza con los resultados deportivos) en la natación (Shchavekyev, 1969). Los músculos sometidos a prueba en el remo fueron el cuádriceps, el gemelo, el bíceps, el tríceps, el deltoides y el músculo dorsal ancho.

En la natación, la participación relativa de distintos grupos musculares depende del estilo con el que se nade. Por ejemplo, la fuerza relativa de los músculos flexores de los brazos, los extensores de las piernas y el gemelo no están muy vinculados con la velocidad de nado del estilo crol, espalda y mariposa, aunque sí con la braza. Por otra parte, la fuerza relativa de los músculos extensores de los brazos está muy relacionada con la velocidad de nado en los tres primeros estilos, pero no con la braza.

Por tanto, las formas en las que la fuerza-resistencia se desarrolla son muy diversas y existe una interdependencia compleja entre ellas al igual que sucede con otros tipos de fuerza. Por ejemplo, se ha establecido una estrecha correlación entre la fuerza y la resistencia estática, al igual que entre la fuerza-resistencia y la resistencia de larga duración de los corredores, nadadores y esquiadores de fondo (Popov, 1968; Trushkin, 1968; Guzhalovski & Fomichenko, 1971). En ciertos casos, estas correlaciones son complejas, como se deduce del modelo de correlaciones de la preparación de la fuerza especial de los nadadores de crol en pruebas cortas (fig. 3.12).

Las correlaciones más altas con los resultados son la fuerza máxima de impulsión desarrollada en 10 segundos (R = 0,810), y la media de la fuerza de impulsión en 40 segundos (R = 0,721). Esto está muy relacionado con la resistencia en tierra y en el agua (relación directa), así como con la fuerza estática del estilo y la fuerza muscular general (relación indirecta).

Éste es uno entre los pocos estudios que han tratado el problema de la estructura de la fuerza-resistencia. Lamentablemente, los estudios posteriores siguen siendo rudimentarios y deficientes en el plano teórico. Hay investigaciones sobre la resistencia general, pero no tratan en absoluto la estructura de la fuerza-resistencia (Nabatnikova, 1972; Volkov, 1975; Mikhailov & Panov, 1975).

Además, como ya señalamos antes, el número comparativamente pequeño de estudios en este campo se distingue por su gran diversidad y sus conclusiones contradictorias (Zatsiorsky y otros,

Urheberrechtlich geschütztes Material

1965; Verkhoshansky, 1970). Por ejemplo, en un estudio se halló una correlación general y positiva entre la fuerza y la resistencia; en otro, no se estableció tal relación, mientras que en un tercero se observó que había una correlación negativa. La razón de estas discrepancias es que suelen medirse distintas capacidades de la resistencia. Por tanto, se ha sugerido que la resistencia se divida en dos tipos en los que las capacidades motrices se refieran a cualidades como la fuerza estática, la fuerza absoluta, la fuerza de aceleración y la fuerza explosiva (Zatsiorsky y otros, 1965):

- Resistencia absoluta, o el resultado global sin considerar el nivel de desarrollo de las capacidades motrices individuales.
- Resistencia parcial, o el nivel de desarrollo de las capacidades motrices específicas calculadas cuando la influencia de otras capacidades ha sido excluida de algún modo.

Así pues, para determinar la sobrecarga parcial en los ejercicios de fuerza, se levanta un peso que requiera el desarrollo de un porcentaje dado de la fuerza máxima (fuerza-resistencia estática), o bien se mueve repetidamente hasta fallar un intento (fuerza-resistencia dinámica). Se obtiene un índice parcial cuando no existe correlación con la fuerza máxima o la correlación es negativa. En el caso en que los deportistas levanten el mismo peso, la valoración de la fuerza resistencia absoluta tiene una alta correlación positiva con la fuerza máxima. Para establecer distinciones entre estos deportistas es necesario calcular la fuerza-resistencia estática o dinámica mediante la división de la carga levantada por la masa corporal o por un factor de adaptación a la masa corporal. Como ya se ha dicho antes, las evaluaciones contradictorias de la fuerza-resistencia y su relación con la fuerza se pueden explicar por el hecho de que algunos estudios examinan la fuerza-resistencia parcial y otros la fuerza-resistencia absoluta.

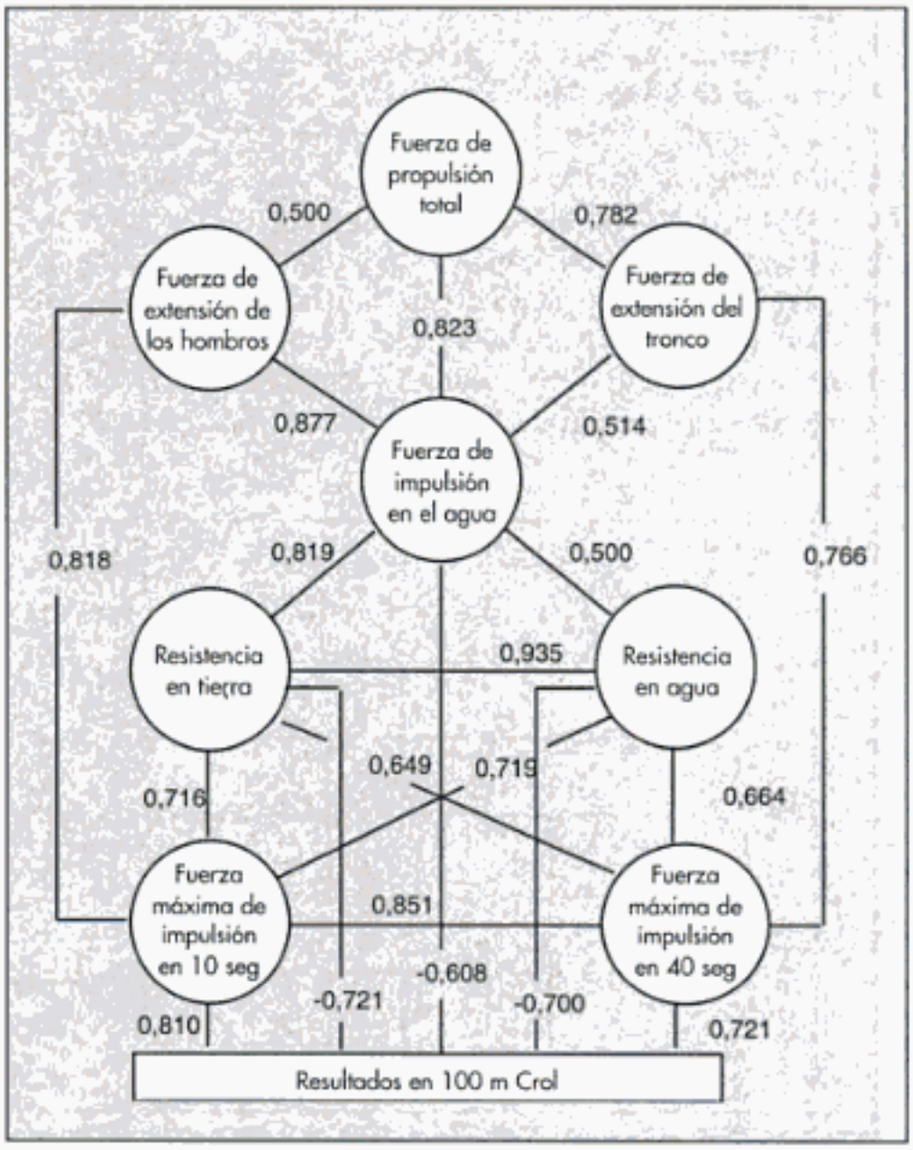


FIGURA 3.12 *Modelo de correlaciones de la fuerza especial de nadadores de crol en distancias cortas.*

La fuerza-resistencia es tan específica como las otras características de la actividad muscular. Sin embargo, la especificidad de la fuerza-resistencia se expresa en un menor grado que, por ejemplo, la especificidad de la velocidad, aunque la transferencia de un tipo de actividad a otra es mayor. No hay que olvidar que la fuerza-resistencia proporciona un nivel alto de capacidad de trabajo especial que es sobre todo típica de los deportes cíclicos y de aquellos en lo que se ejecutan acciones de gran potencia. En los deportes acíclicos y, sobre todo, en aquellos en los que la técnica y la habilidad son importantes, el papel de la fuerza-resistencia, sobre todo en su forma estática, es incluso más significativo (dependiendo del nivel de capacidad deportiva).

Por ejemplo (fig. 3.13), los arqueros experimentan un incremento regular de la fuerza máxima, Fmáx, y de la fuerza resistencia (deducida del tmáx, tiempo invertido en alcanzar la fuerza máxima). Al mismo tiempo, la relación entre estos índices y los resultados deportivos decrece gradualmente. En este caso, la mejora de los resultados de los deportistas de gran nivel (arqueros) está determinada no tanto por la fuerza-resistencia sino por la capacidad para controlar las contracciones musculares necesarias para tensar la cuerda del arco (Farfel y otros, 1975).

La hipótesis de que la resistencia especial (incluida la fuerza-resistencia) se desarrolla a partir de una base preliminar de la resistencia general ha sido casi universalmente aceptada (ver la revisión de Nabatnikov, 1972). La mejor forma de desarrollar la fuerza-resistencia es ejecutar los ejercicios de la competición en condiciones de sobrecarga o en un volumen grande. Sin embargo, esto no excluye el empleo de ejercicios para la fuerza especial.

En conclusión, hay que destacar que no se ha diseñado todavía un medio fiable y objetivo para evaluar la fuerza-resistencia en las actividades deportivas. Los especialistas suelen emplear pruebas inadecuadas que disminuyen el valor de los estudios y generan contradicciones. Por tanto, la primera condición para eliminar las deficiencias en la teoría del entrenamiento deportivo es diseñar formas sólidas y objetivas que evalúen la fuerza-resistencia.

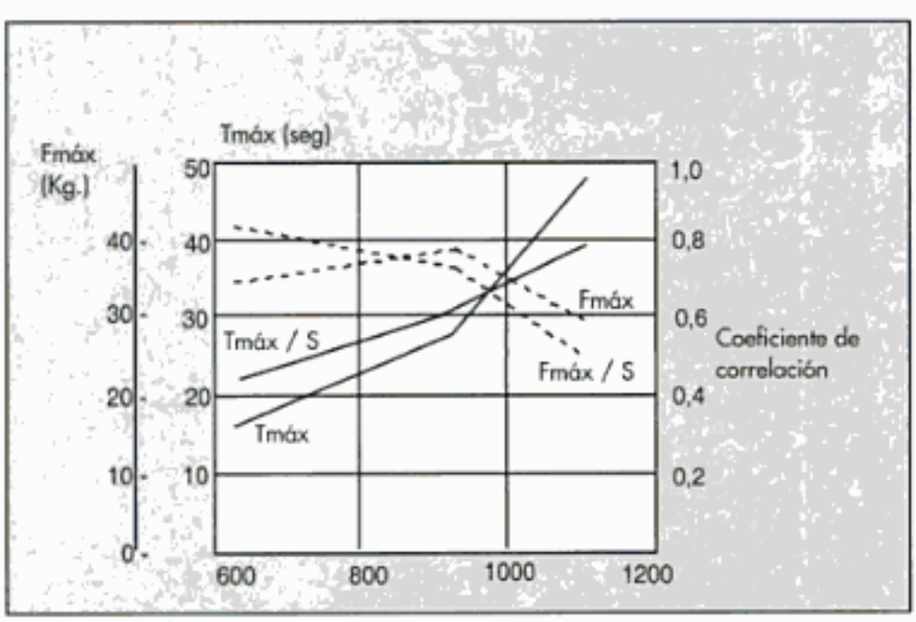


FIGURA 3.13 *Índices de la dinámica de la fuerza (Fmáx) y la fuerza resistencia (tmáx) en el tiro con arco. La línea discontinua muestra la correlación entre la Fmáx y el tmáx y los resultados deportivos (S).*

INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES EXTERNAS SOBRE LA FUERZA

La fuerza muscular y, por consiguiente, el efecto de trabajo del movimiento están influidos en gran medida por las condiciones externas y por los factores fisiológicos y psicológicos.

La influencia del estado de los músculos antes del trabajo

El resultado del trabajo de los movimientos deportivos está muy determinado por el estado de los músculos antes

Urheberrechtlich geschütztes Material

de la producción de fuerza: es importante saber si éstos están relajados, contraídos o estirados al comienzo de la contracción muscular.

En condiciones de laboratorio y empleando movimientos modelados (p. ej., lanzar una carga hacia arriba con una máquina especial), la evaluación del resultado del trabajo (la altura alcanzada por la carga) depende del estado anterior al trabajo del sistema neuromuscular:

1. Músculos relajados.
2. Músculos con tensión isométrica producida por la carga de distintos pesos.
3. Músculos estirados dinámicamente, p. ej., durante la fase «onda» en la natación.
4. Músculos estirados mediante una carga de impacto causada p. ej., por el frenado rápido de una carga que ha caído desde cierta altura.

Los resultados de un experimento, descritos gráficamente por la distancia (Sy), la velocidad (Vy) y la aceleración (Ay) de la carga, demuestran el crecimiento del resultado del trabajo al pasar de una variante de impulsión a otra en la secuencia mostrada (fig. 3.14).

En otros experimentos se reprodujo el mismo tipo de estado muscular previo al trabajo (además del estado de relajación) durante el despegue en un salto vertical. Los deportistas realizaron el salto vertical sin ayudarse de los brazos, partiendo de una posición estática de media sentadilla; de una media sentadilla preliminar, y de un salto horizontal desde una altura de 0,5 m. Las alturas alcanzadas fueron respectivamente 39 + 6 cm; 44,2 + 5 cm, y 48,6 + 7 cm (Verkhoshansky, 1963, 1970).

Por tanto, el estado preliminar de los músculos influye apreciablemente en el resultado del trabajo del movimiento. Cuando los músculos están relajados o en un estado de tensión isométrica, la velocidad y la potencia de su siguiente contracción están determinadas sobre todo por los impulsos efectores de los músculos. Si los músculos han sido sometidos a un estiramiento preliminar mediante una fuer-

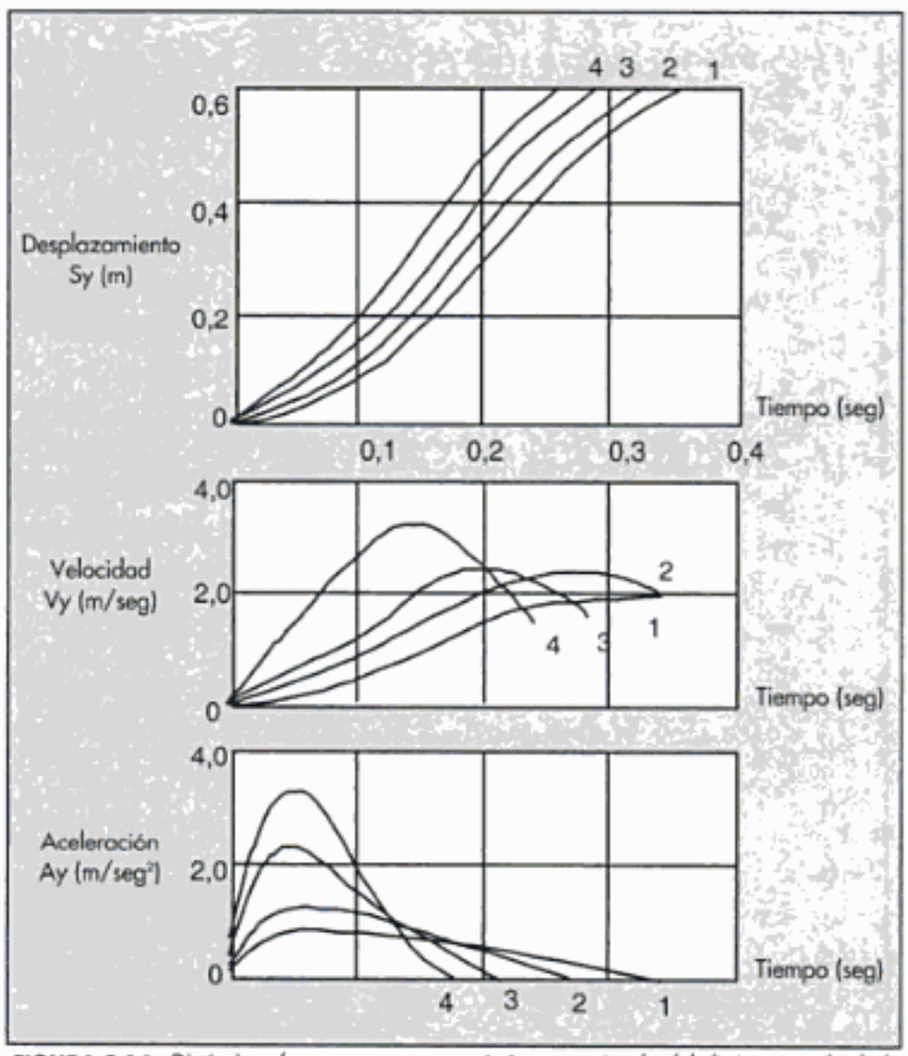


FIGURA 3.14 *Dinámica de una carga en movimiento partiendo del distinto estado de los músculos antes del trabajo (los números 1, 2, 3 y 4 se refieren al estado de los músculos descrito en el texto precedente).*

Urheberrechtlich geschütztes Material

za externa, entonces el trabajo que realizan está ayudado por la energía elástica que han acumulado. Tienen importancia considerable los reflejos del sistema neuromuscular que incrementan la fuerza de contractilidad de los músculos cuando aumenta la frecuencia y la intensidad de los impulsos aferentes.

Es importante examinar el primer tipo de estado de los músculos previo al trabajo. Se suele afirmar en los trabajos publicados que es necesario que los músculos estén relajados durante el estadio previo al trabajo. Se considera un indicador importante de la capacidad del deportista; sin embargo, esta recomendación no debe generalizarse ni afirmarse que es apropiada para todo tipo de actividad deportiva sin prestar atención al carácter de los movimientos y a las situaciones.

Es sabido que la fuerza de trabajo va precedida por algún cambio en los músculos, sobre todo por cierta tensión preliminar (el «sentido de anticipación» del sistema neuromuscular, según A.V. Berstein): se ha comprobado que la velocidad de movimiento es grande cuando se produce una liberación súbita de los músculos durante un experimento, y en condiciones de tensión muscular preliminar los deportistas ejecutaron el movimiento un 4% más rápido, mientras que el tiempo de reacción fue siete veces más rápido que al hacer el movimiento partiendo de un estado de relajación. Los índices de tiempo de reacción y velocidad de movimiento más rápidos corresponden en orden de eficacia a las siguientes condiciones preliminares de los músculos: 1. Estirados > 2. Contraídos > 3. Relajados (Smith, 1964). También se demostró que el periodo de latencia de una reacción motriz refleja es más corto cuando el músculo permanece ligeramente tenso durante 10 milisegundos (Person, 1965).

Las investigaciones demuestran que, cuando un movimiento comienza estando los músculos relajados, éstos no están preparados óptimamente para el trabajo; por consiguiente, su efecto cinético es menor que cuando están dispuestos. Está claro que la tensión muscular previa no es perjudicial para el rendimiento como suele afirmarse en las obras publicadas; es justo lo contrario, ya que una intensidad óptima puede incrementar la eficacia de los movimientos.

Por tanto, hay que entender la relajación preliminar en su relación con el movimiento específico. La relajación, entendida como la eliminación de una tensión muscular ineficaz o excesiva, no está directamente relacionada con el movimiento o con el trabajo de los músculos durante la fase pasiva de la

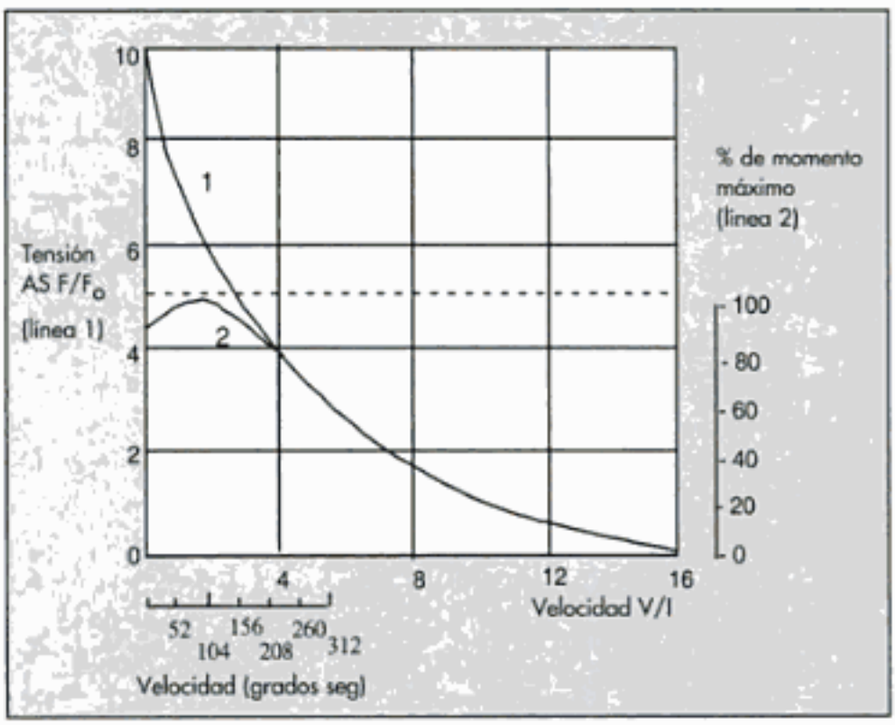


FIGURA 3.15 *Relación entre la fuerza y la velocidad de un músculo aislado (1) y músculos humanos in vivo (2) determinada en dos experimentos distintos en condiciones de carga parecidas. La curva de la hipérbola se basa en el estudio de Hill, mientras que la otra curva procede de las investigaciones de Perrine y Edgerton (1978).*

Urheberrechtlich geschütztes Material

locomoción cíclica, pero sin duda es una medida importante del rendimiento en muchos deportes. Sin embargo, en el caso de los movimientos breves y sobre todo si son explosivos, es necesario y apropiado que haya una tensión preliminar óptima, aunque haya que limitar su duración, puesto que, al prolongarla, puede disminuir significativamente la fuerza funcional dinámica. Siempre es esencial eliminar tensiones musculares ineficaces reactivas para mejorar el rendimiento, p. ej., la contracción de cualquier músculo que no contribuya a la movilidad o estabilidad específicas durante una acción deportiva concreta.

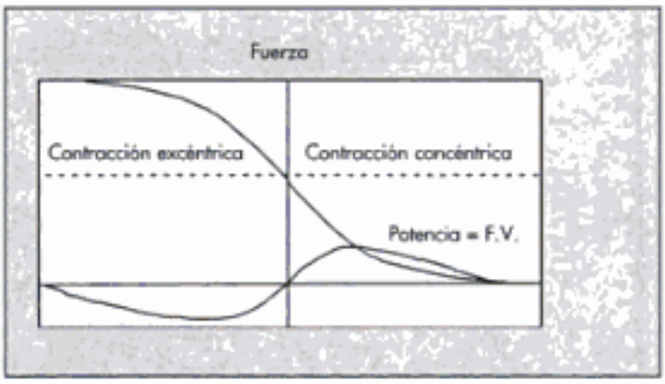


FIGURA 3.16 *Cambio en la potencia muscular como una función de la velocidad de contracción durante los movimientos de flexión y extensión del antebrazo. También se muestran las curvas idealizadas de fuerza-velocidad de las contracciones concéntricas y excéntricas. Señalar que la potencia es absorbida con velocidades negativas, p. ej., en condiciones excéntricas.*

El efecto de la carga sobre la velocidad de contracción de los músculos

Las actividades deportivas suelen requerir la ejecución de movimientos rápidos y potentes y, por lo tanto, dependen del desarrollo de la velocidad explosiva. Puesto que la fuerza se desarrolla sobre todo por medio de ejercicios de sobrecarga, es necesario analizar la relación existente entre la sobrecarga y la velocidad de contracción muscular. La mayoría de los estudios clásicos en este campo se han hecho sobre músculos aislados que desarrollaban contracciones aisladas en actividades acíclicas; de ahí que esta sección comience con una revisión de estos hallazgos.

La importancia histórica de este trabajo se basa en los estudios sobre las actividades clasificadas como isocinéticas o isotónicas, aunque no deben ocultar las implicaciones de las investigaciones más recientes sobre la relación entre la fuerza y la velocidad obtenidas en condiciones balísticas (ver pág.41 y sobre todo las figs. 1.22-1.24).

Velocidad de contracción y fuerza en las actividades acíclicas

Para determinar la relación existente entre la velocidad de una contracción muscular isotónica (ver cap. 1) y la sobrecarga superada, se han elaborado varias fórmulas matemáticas que suelen coincidir con los datos experimentales (Fenn & March, 1935; Hill, 1938; Polissar, 1952; Aubert, 1956). La ecuación de Hill es la que más se emplea para la dinámica muscular:

$$(F + a)(V + b) = (Fo + a)\, b = \text{constante} \quad (3.1)$$

Esta fórmula describe una hipérbola con asíntotas paralelas a los dos ejes principales, a una distancia de la última de a y b respectivamente (línea 1, fig. 3.15). Los parámetros a y b son constantes y representan los factores de la fuerza y la velocidad respectivamente. Se pueden determinar a partir de experimentos dinámicos o mediante la medición del calor producido por los músculos (Hill, 1950; Katy, 1939).

Esta ecuación establece la relación funcional entre la fuerza ejercida (F) y la velocidad máxima de la contracción muscular (V) en condiciones «isotónicas», en cuyo caso la velocidad de la contracción muscular disminuye hiperbólicamente a medida que aumenta la carga. Puesto que se puede describir cualquier ecuación hiperbólica mediante la fórmula xy = constante, es obvio que la velocidad de la contracción muscular es inversamente proporcional a la sobrecarga. Es importante destacar que es posible que la fuerza y la velocidad (F y

Urheberrechtlich geschütztes Material

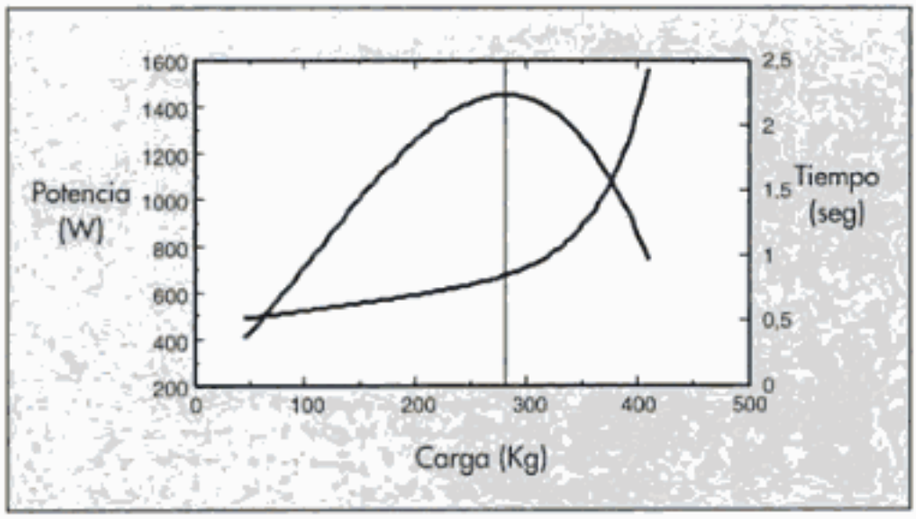


FIGURA 3.17 *Relación entre la potencia, la carga y el tiempo del movimiento en ejercicios de sentadillas para un grupo de halterófilos de +125 kg cuyo mejor intento medio es de 407,4 kg Si se traza una línea vertical en una carga dada, la intersección con los gráficos da la potencia correspondiente y el tiempo invertido en completar el levantamiento; p. ej., la línea que cruza la potencia máxima de 1.451 vatios lo hace con una carga de 280 kg movida durante un periodo de 0,85 segundos.*

V) producidas con distintas cargas dependan de la fuerza máxima (Fo) medida isométricamente.

(Nota: Fo en este contexto no es la misma que la fuerza absoluta Fo, definida en la fig. 1.1).

La sobrecarga determina características mecánicas importantes como es la potencia del trabajo muscular. Cuando se examina la contracción muscular, en la que los cambios de la sobrecarga son la fuerza (F) y la velocidad de contracción (V), entonces la dependencia entre ellas es similar a la que aparece en la figura 3.16. Por consiguiente, la potencia muscular se determina mediante el producto de estos cambios (P = FV) y alcanza la máxima aproximadamente con un tercio de la velocidad máxima de la contracción muscular y con un cuarto de la fuerza máxima (Wilkie, 1950). Dicho de otro modo, la potencia muscular isotónica máxima se desarrolla cuando la sobrecarga externa requiere el 25% de la fuerza máxima que los músculos son capaces de producir.

Hay que señalar que el patrón de producción de potencia en las actividades funcionales puede diferir bastante del que se obtiene en los laboratorios, de la misma forma que la potencia instantánea difiere de la media de la potencia desarrollada en la amplitud de un movimiento dado. Por ejemplo, la potencia máxima en las sentadillas de la halterofilia se produce con una carga de más o menos dos tercios de la máxima (fig. 3.17). La potencia desciende hasta un 52% de la máxima en sentadillas con una carga máxima y el tiempo invertido en ejecutar el levantamiento aumenta por debajo de un 282%. El gasto de potencia y la velocidad de ejecución dependen de la carga; por tanto, la selección de las cargas apropia-

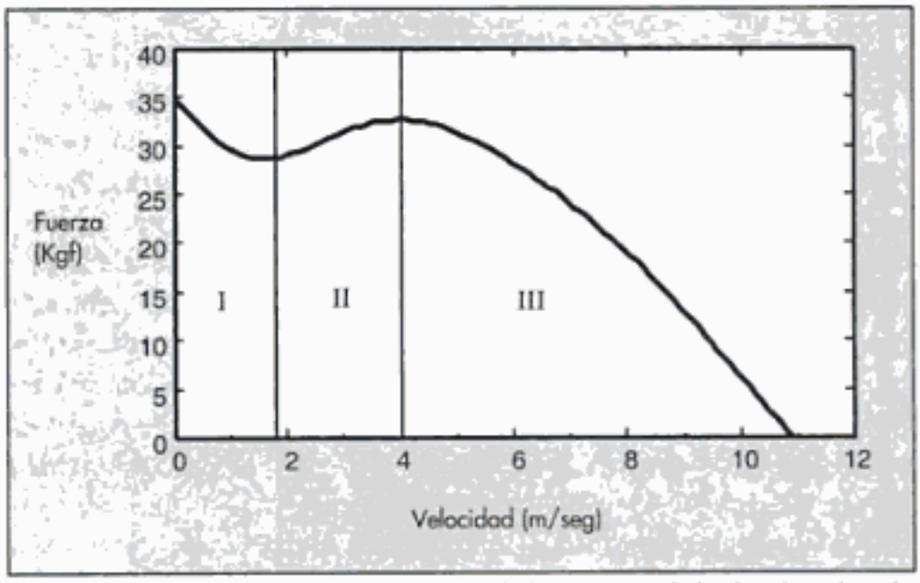


FIGURA 3.18 *Relación entre la fuerza y la velocidad en una actividad cíclica (basada en los datos de Kuznetsov & Fiskalov, 1982).*

das es vital para el desarrollo de las capacidades motrices requeridas (p. ej., la fuerza máxima, la fuerza-velocidad o la fuerza- resistencia).

Es interesante señalar que la forma de la relación de Hill ha sido modificada por la investigación más reciente de Perrine y Edgerton (1978). Empleando métodos *in vivo* para el estudio de las contracciones musculares, a diferencia del método *in vitro* de Hill, estos investigadores descubrieron que la curva de fuerza-velocidad no es sólo hiperbólica (curva 2 en la fig. 3.15). En vez de progresar con rapidez hacia una asíntota cuando la velocidad es baja, la fuerza desarrolla una forma más parabólica en esta región y alcanza un pico con velocidades bajas antes de descender hasta un valor inferior con contracciones estáticas (V = 0). Dicho de otro modo, el momento máximo o la fuerza no se desarrollan en condiciones isométricas, sino con cierta velocidad baja. Cuando la velocidad es más alta (un momento superior a unos 200°/seg), se sigue aplicando la relación hiperbólica de Hill.

Por tanto, la imagen general que surge de la ecuación de la dinámica muscular es la de una interacción inversa entre la magnitud de la sobrecarga y la velocidad del movimiento, excepto en condiciones isométricas y cuasi-isométricas. Aunque esta interacción no es importante para el desarrollo de la fuerza absoluta, es importante para el problema de la fuerza velocidad. Lo que exponemos a continuación muestra hasta qué punto es solventable este problema en la actualidad.

Velocidad de contracción y fuerza en las actividades cíclicas

Los estudios anteriores sobre la relación existente entre la fuerza y la velocidad se realizaban con ejercicios sencillos y uniarticulares, o para músculos aislados *in vitro* y en condiciones que solían excluir los efectos de la inercia o la gravedad sobre los músculos y miembros implicados. Además, las investigaciones han demostrado que las relaciones velocidad-tiempo y velocidad-fuerza de las tareas motrices elementales no establecen una correlación con las relaciones similares de los movimientos complejos y multiarticulares. Otros estudios han demostrado que existe una transferencia escasa de capacidades de fuerza-velocidad desarrolladas con ejercicios uniarticulares a las actividades multiarticulares ejecutadas en condiciones naturales en las que actúan las fuerzas de la gravedad y la inercia sobre los miembros, el cuerpo y el sistema locomotor. Por consiguiente, Kuznetsov & Fiskalov (1985) estudiaron a deportistas que corrían o caminaban a distintas velocidades sobre un tapiz rodante y ejercían fuerza contra tensiómetros. Sus resultados revelaron una curva de fuerza-velocidad que era muy distinta de la curva hiperbólica obtenida por Hill (fig. 3.18).

Esta línea se puede dividir en tres zonas:

- La zona I muestra una correlación parecida a la de la relación hiperbólica clásica.
- La zona II, en la que hay una proporcionalidad aproximadamente directa entre la fuerza y la velocidad; p. ej., el incremento de la fuerza se relaciona con un incremento de la velocidad.
- La zona III, en la que la fuerza y la velocidad están inversamente relacionadas, aunque no en la forma hiperbólica obtenida por Hill y otros.

El mismo programa de investigación también halló que la fuerza o impulso máximos no se alcanzan necesariamente en condiciones isométricas, resultado que coincide con el trabajo de Perrine y Edgerton ya tratado.

Estos hallazgos permiten seleccionar con mayor precisión los ejercicios de fuerza velocidad para actividades cíclicas frente a acíclicas, para diseñar máquinas de entrenamiento con mayor fiablidad y para producir fuerza con mayor eficacia en unas condiciones determinadas.

Efecto de la fuerza sobre la velocidad de contracción muscular

El análisis de la ecuación de Hill sobre la dinámi-

Urheberrechtlich geschütztes Material

ca muscular muestra que la velocidad de movimiento depende de la fuerza muscular máxima medida isométricamente. No es difícil corroborar esto: la segunda ley del movimiento de Newton (F = ma, o F = m.V/t) demuestra que la velocidad (V) suele ser directamente proporcional a la fuerza (F) y al tiempo de su acción (t); e inversamente proporcional a la masa (m) del cuerpo; p. ej., V = F.t / m.

La física de esta expresión está clara: para incrementar la velocidad es necesario aumentar la intensidad o la duración de la fuerza aplicada (o ambas), o disminuir la masa del cuerpo. Sin embargo, con propósitos prácticos no todas estas posibilidades se pueden lograr en el movimiento humano. Los deportistas no son capaces de disminuir la masa corporal o de un aparato deportivo estándar, ni aumentar la duración t de un momento dado. Sin embargo, es posible incrementar el tiempo de un movimiento de amplitud limitada disminuyendo la velocidad, si bien es una tontería. Por consiguiente, el único recurso que queda es aumentar la fuerza.

Esto es bien sabido en la práctica y ha sido corroborado experimentalmente. Por ejemplo, varios investigadores han demostrado que la velocidad de movimiento aumenta con la fuerza muscular (Kusinitz y Kecney, 1958; Clarke y Henry, 1961; Hunold, 1961). Sin embargo, hay una serie de hechos que despiertan dudas sobre la lógica de lo anterior. Aunque se produce un aumento de la fuerza muscular y la velocidad de movimiento en el entrenamiento, los experimentos de laboratorio sólo han hallado una correlación moderada entre estos factores (Clarke y Henry, 1961).

Se ha demostrado que básicamente no hay correlación entre la velocidad absoluta de un movimiento sin carga y la fuerza relativa (Rach, 1956; Henry, 1960; Henry y Whitely, 1960). En concreto, el aumento de la fuerza no tiene ningún efecto virtual sobre la velocidad de movimiento cuando la resistencia externa es pequeña. Sin embargo, el papel de la fuerza se vuelve más importante a medida que aumenta la sobrecarga. Por ejemplo, si la velocidad impuesta en el levantamiento de un peso del 13% de la máxima requiere un 39% de la fuerza máxima, entonces una carga equivalente al 51% de la máxima requiere un 71% de la fuerza máxima (Masalgin, 1966). La figura 3.19 muestra cómo la correlación entre la fuerza y la velocidad de movimiento aumenta con la carga.

Esta misma correlación es apreciable en otras condiciones, como cuando se ejecuta un movimiento después de detener una carga en movimiento y se impulsa en dirección opuesta. En este caso, la correlación entre la fuerza muscular y la velocidad de movimiento permanece relativamente constante o incluso disminuye (fig. 3.20).

Aparte de la magnitud de la carga y el tipo de trabajo muscular, la correlación entre la fuerza y la velocidad de movimiento también está determinada por las diferencias halladas en la capacidad para generar fuerza. Una característica importante que rige la relación entre la fuerza y la velocidad es la

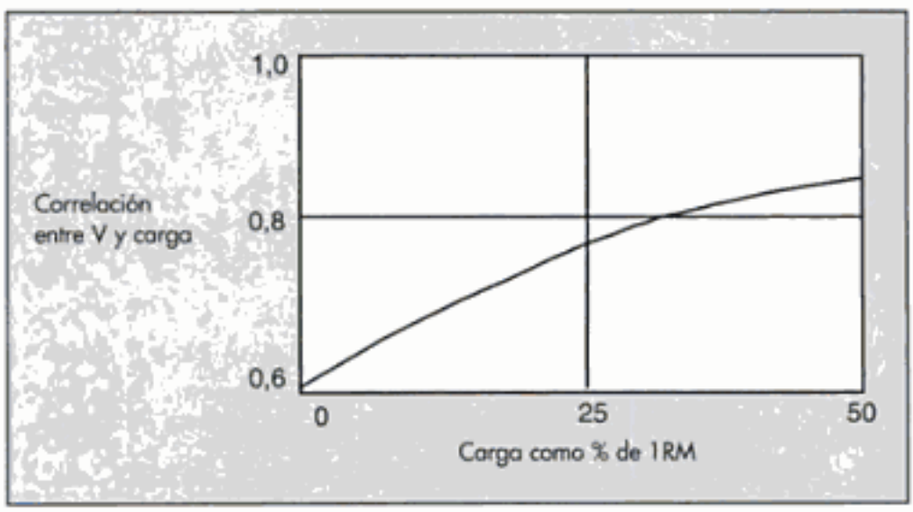


FIGURA 3.19 *Cambio en el coeficiente de correlación entre la velocidad de movimiento y la resistencia, a medida que aumenta ésta.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

fuerza isométrica máxima Fo (Hill, 1938; Ralston y otros, 1949; Wilkie, 1950). Cuando la velocidad de la carga se expresa en relación con la Fo y la Vo, la velocidad de contracción máxima sin una carga, entonces la relación (a/Fo) determina por completo el carácter de la curva de carga-velocidad. Esto puede verse si se reescribe la ecuación de Hill (3.1):

$$(F/Fo)\,(V+b) + (a/Fo)\,V = b$$

donde (a/Fo)
es una constante sin dimensión
...(3.2)

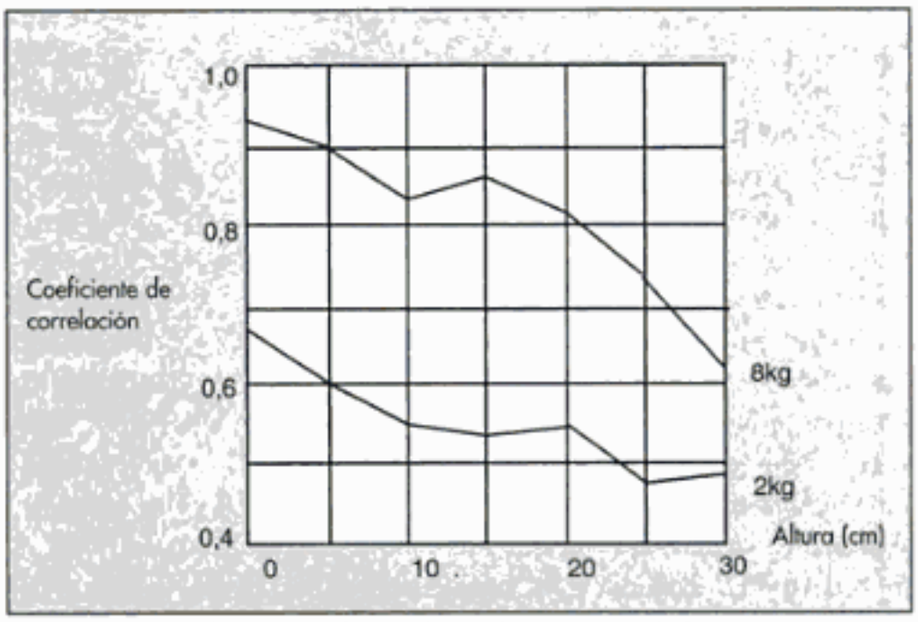


FIGURA 3.20 *Cambio en el coeficiente de correlación (R) entre la fuerza isométrica máxima y la velocidad de movimiento en lanzamientos de pesos de 2 y 8 kg verticalmente hacia arriba, en relación con la altura de la caída preliminar.*

Ahora V alcanza un valor máximo Vo cuando F = 0.

Sustituyendo en la ecuación (3.1):

$$b = a(Vo/Fo)$$

Sustituyendo por b en la ecuación (3.2):

$$F/Fo(V + b) = (a/Fo)\,(Vo-V) \quad (3.3)$$

La investigación de Masalgin ha demostrado que la relación (a/Fo) está hasta un grado importante determinada por las características del deporte.

El entrenamiento sistemático con un tipo particular de actividad muscular establece una relación específica entre la fuerza y la velocidad de la contracción muscular. Hill (1950) estudió la amplia significación de la velocidad constante (b), explicándola mediante las diferencias en la velocidad de movimiento de distintos animales. También señaló que la curva de la sobrecarga adopta una forma distinta cuando describe la velocidad de los velocistas y los corredores de fondo. Está claro que la fuerza máxima es el factor principal que determina la velocidad de movimiento, aunque el papel de la fuerza no es el mismo en distintas condiciones o cuando se levantan distintos pesos.

La pregunta sigue planteada: ¿por qué los experimentos no muestran correlación alguna entre la fuerza absoluta y la velocidad de movimiento, mientras que en las condiciones naturales de un entrenamiento con un incremento de la fuerza se produce un incremento correspondiente de la velocidad? ¿Por qué razón existe esta paradoja que despierta tantas dudas sobre la objetividad de las investigaciones citadas con anterioridad? Para dar una respuesta, tenemos primero que determinar qué medios de entrenamiento, incluidos los que desarrollan la fuerza, mejoran el desarrollo de la velocidad.

Aparentemente, algo debe de afectar a algún mecanismo neuromotor específico que es esencial para mejorar la velocidad de movimiento. En este sentido, hay que decir que la relación entre la velocidad y la fuerza está vinculada con una conclusión anterior; al seleccionar un medio para el entrenamiento de la fuerza, el deportista debe ser consciente de las condiciones en las que durante cual-

Urheberrechtlich geschütztes Material

quier movimiento se produzca una capacidad de la fuerza específica.

Velocidad fuerza y fuerza velocidad

Las curvas clásicas y revisada de Hill proporcionan un medio útil para establecer una distinción entre las diferentes capacidades relacionadas con la fuerza. Es tentador hablar únicamente de la fuerza velocidad, pero esto ocultaría el hecho de que ciertos deportes ponen más énfasis en la velocidad y otros en la fuerza. Esto queda claro en la curva de fuerza-velocidad, que nos permite identificar una continuidad en las capacidades relacionadas con la fuerza localizada entre los extremos definidos por V = 0 (fuerza estática) y V muy grande (fuerza explosiva).

El examen de esta curva de fuerza-velocidad nos permite reconocer cinco distintas capacidades relacionadas con la fuerza (que ya vimos con anterioridad):

- fuerza isométrica con velocidad cero;
- fuerza cuasi-isométrica con velocidades muy bajas;
- fuerza-velocidad con velocidades bajas;
- velocidad fuerza con velocidades intermedias;
- fuerza-explosiva con velocidad alta.

La distinción entre fuerza-velocidad y velocidad fuerza es de particular importancia a la hora de diseñar los programas de acondicionamiento para deportes específicos. Esto es importante para el entrenamiento cuando el desarrollo de la velocidad es vital y la fuerza es más importante, mientras que el segundo término se refiere al entrenamiento en que el desarrollo de la velocidad contra una resistencia es vital, pero la adquisición de fuerza es algo menos importante. En el contexto competitivo, los deportes de velocidad-fuerza y fuerza-velocidad se pueden dividir en las siguientes categorías:

- ciclismo, natación y atletismo de corta duración, máxima potencia y cíclicos;
- actividades de esprint con producción de potencia máxima, que comprenden saltos o paso de obstáculos (p. ej., vallas);
- actividades con producción de potencia máxima contra cargas pesadas (p. ej., la halterofilia);
- actividades con producción de potencia máxima que comprenden el lanzamiento de implementos (p. ej., lanzamiento de pesos, lanzamiento de martillo o de jabalina);
- actividades de salto;
- actividades de salto que incluyen un implemento (pértiga).

En el lenguaje de la física, los términos velocidad-fuerza y fuerza-velocidad son sinónimos de potencia (ritmo de trabajo). Esta cantidad es lo que distingue las actividades de velocidad-fuerza y fuerza velocidad de los restantes de tipos de deporte: ambas tienen una producción de potencia muy alta comparada con otras de intensidad menor y duración mayor.

Finalmente, al intentar analizar las actividades de velocidad-fuerza y fuerza-velocidad, no hay que centrar la atención simplemente en los procesos musculares contráctiles, ya que estos tipos de acción rápida suelen comprender la liberación de energía elástica almacenada en tejidos no contráctiles como los tendones (que se estiran sólo por medio de una contracción excéntrica poderosa). También hay que tener en cuenta el papel del reflejo miotático a la hora de facilitar la contracción muscular involuntaria. Hay que señalar que las curvas de Hill y Perrine-Edgerton no se aplican a acciones que reclutan en gran medida el reflejo de estiramiento muscular o comprenden la liberación de energía elástica almacenada.

Interrelación entre la fuerza y otros factores de la condición física

Se han hecho estudios parecidos a los de Hill para examinar la relación que existe entre la fuerza

Urheberrechtlich geschütztes Material

y la resistencia, y la velocidad y la resistencia. De ellos se deduce que la curva de la fuerza-resistencia es hiperbólica, mientras que la curva de la velocidad resistencia es parecida a la curva de fuerza-velocidad de Perrine y Edgerton, hiperbólica en gran parte de su trayectoria, pero más parabólica por lo que respecta a la resistencia cuando la velocidad es alta. La figura 3.21 resume gráficamente la interrelación entre la fuerza, la velocidad y la resistencia. Empleando el mismo enfoque que en la sección anterior, podemos distinguir entre los distintos factores de la condición física que se implican en todas las actividades motrices. Si la naturaleza de estas actividades es más cíclica, entonces hay que aplicar la curva de velocidad-fuerza obtenida por Kusnetzov y Fiskalov (fig. 3.18).

Relación entre la fuerza y las palancas articulares

De las condiciones que influyen en el desarrollo de la fuerza, tiene especial importancia la disposición relativa de los nexos activos del cuerpo (p. ej., las palancas articulares). Los ángulos articulares de los nexos activos cambian con el movimiento, y, por consiguiente, lo mismo hace la longitud operante de los músculos de una articulación dada y con un ángulo de inserción dado en los huesos. Al aumentar o disminuir la palanca, el impulso de la fuerza muscular cambia las condiciones mecánicas del trabajo, lo cual puede ser una ventaja cuando el potencial de fuerza de los músculos se emplea al máximo, y un obstáculo cuando sólo se puede emplear parte de su tensión máxima.

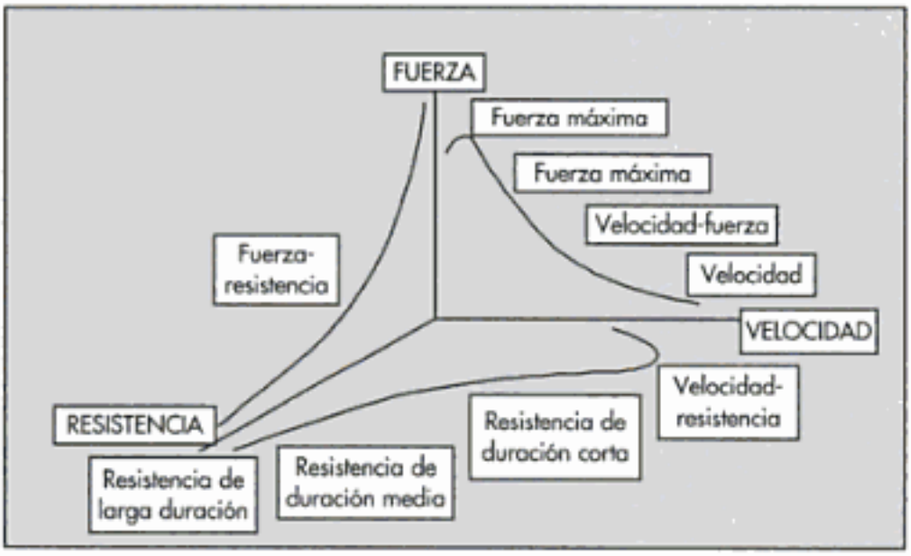


FIGURA 3.21 *Interdependencia entre las capacidades motrices de la fuerza, la velocidad y la resistencia. Las curvas (no la escala) se basan en los datos independientes, unos respecto a otros, de Hill, Perrine y Edgerton, y Gundlach.*

Variación de la fuerza con el cambio en las palancas articulares

Los cambios en la fuerza que están influidos por las palancas articulares pueden producir cambios significativos en la acción muscular. Por ejemplo, el músculo pectíneo, durante la extensión de la articulación coxofemoral, gira el muslo hacia afuera; y durante la flexión de la misma articulación, gira el muslo hacia adentro (Baeyer, 1922). Según la posición del muslo, el músculo sartorio puede flexionar o extender la articulación coxofemoral (Ivanntsky, 1956; Donskoi, 1960).

Las investigaciones sobre la contribución del músculo sartorio a la flexión y extensión de la cadera han establecido que la estrecha correlación entre la fuerza del músculo sartorio (medido cuando el muslo adopta 30° en relación con el eje vertical del cuerpo) y la fuerza de los músculos flexores y extensores de la cadera es máxima cuando los últimos se hallan en posiciones extremas. La correlación es 0,92 para la flexión con un ángulo de 210° de la cadera, que aumenta hasta 0,41 con 90°, mientras que lo inverso se produce cuando se extiende la cadera; p. ej., 0,86 con 90°, y 0,32 con 210°.

En ciertos casos, el menor cambio en la posición de las palancas puede producir alteraciones significativas de la fuer-

Urheberrechtlich geschütztes Material

za, motivo por el cual la pronación del antebrazo disminuye la fuerza del brazo cuando adopta una flexión de un tercio (Rasch, 1956; Wells, 1960; Tricker, 1967). Una ligera flexión de los codos durante la ejecución de un ejercicico de arrancada desde el suelo con barra de pesas disminuye la fuerza del levantamiento por debajo del 40%; la flexión del tronco disminuye esta fuerza por debajo del 13,3%, y una inclinación lateral de la cabeza, una media del 9% (Sokolov, 1967).

La fuerza máxima desarrollada en los puntos activos de las palancas del sistema durante el trabajo simultáneo de los grupos musculares activos de las distintas articulaciones depende en gran medida de la posición de las palancas del sistema relacionadas con las articulaciones. Por ejemplo, la fuerza desarrollada en la extensión o flexión de la articulación de la rodilla está determinada por el ángulo de las articulaciones coxofemorales (Clarke y otros, 1950; Houtz y otros, 1957; Lehman, 1962). Por tanto, se ha hallado que la fuerza máxima en la extensión de la cadera en posición sentada se generaba cuando la rodilla adoptaba un ángulo de 160°.

Sin embargo, en un ejercicio de press de piernas (recostado sobre la espalda) no se halló diferencia alguna en la fuerza de extensión de la rodilla con una amplitud angular coxal entre 100° y 140° (Lindeburg, 1964). La fuerza de extensión de la rodilla aumenta entre un 10% y un 12% cuando el torso se inclina hacia atrás 20-25° respecto a la vertical de una persona sentada en ademán de remar (Dorofeyev, 1965). Así pues, para producir fuerza máxima durante un movimiento hay que considerar la estabilidad anatómica y asegurarse de que en los momentos cruciales la postura permite que los músculos desarrollen una fuerza externa máxima.

Fuerza, seguridad e inclinación pélvica

La pelvis desempeña un papel vital en la capacidad de los deportistas para producir fuerza con eficacia y seguridad, ya que es el nexo principal entre la columna vertebral y las extremidades inferiores. Una orientación inadecuada de la pelvis puede hacer que los movimientos de la columna o de la articulación coxofemoral proporcionen una base débil o inestable para realizar la mayoría de las actividades. Por ejemplo, una flexión pronunciada de la columna o una flexión de la columna combinada con un movimiento de rotación puede imponer una fuerza excesiva sobre los discos de la región lumbar de la columna durante la ejecución de movimientos de levantamiento y producir una «dislocación» discal (hernia discal).

Muchos entrenadores de la condición física insisten en que sus clientes se pongan un «cinturón pélvico» para trabajar con seguridad y eficacia, porque creen que existe una única inclinación pélvica «correcta» para todos los movimientos de los seres humanos. Por tanto, es necesario subrayar que existe una diferencia funcional entre la inclinación pélvica anterior y posterior, y que el tipo de inclinación pélvica empleado depende de la fase específica de cada ejercicio. La inclinación pélvica posterior que suele recomendarse es inadecuada para levantar cargas del suelo, como ha confirmado el análisis de vídeos, de ejercicios en plataforma de equilibrio y contrarresistencia, y de EMG con halterófilos y powerlifters. por lo tanto existe un ritmo pélvico-lumbar correcto con el que una forma de inclinación pélvica cambia sincrónicamente a otra durante el proceso del levantamiento de un peso (Cailliet, 1981).

La prescripción de cualquier tipo de inclinación pélvica depende en primera instancia de conocer bien la terminología anatómica. Se emplean dos sistemas para describir la dirección de la inclinación pélvica. Una describe la inclinación de la parte superior de la pelvis (o cresta ilíaca) en relación con la posición pélvica neutra; la otra describe la inclinación de su parte inferior (sínfisis púbica).

Antes de recomendar una forma particular de inclinación pélvica, es vital recordar que el propósito de la inclinación péliva deliberada es mantener la curvatura lumbar neutra tanto como sea posible,

Urheberrechtlich geschütztes Material

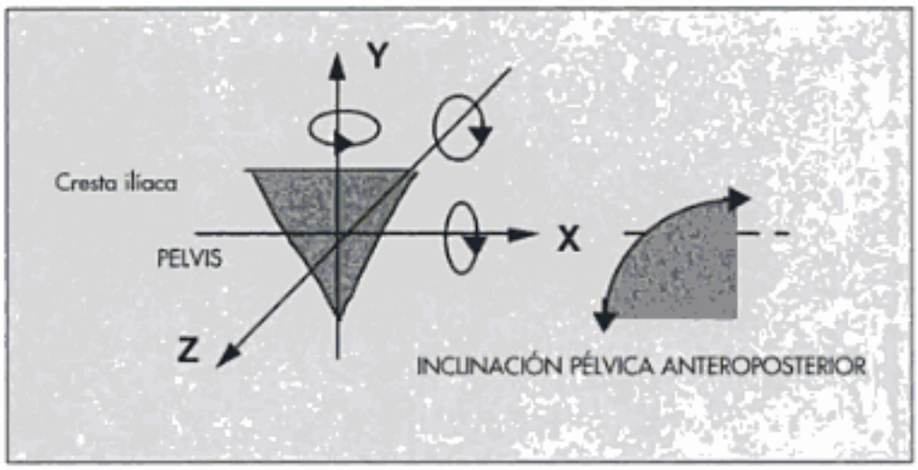


FIGURA 3.22 *Los tres ejes de la rotación pélvica.*

ya que una flexión lumbar prolongada o excesiva puede someter a una tensión excesiva las articulaciones intervertebrales lumbares y los tejidos blandos periarticulares. Sin embargo, en este contexto, hay que cuestionarse la aplicación de la definición normal sobre la neutralidad, que se refiere a la pelvis de una persona en una posición de pie y estática, cuando la gravedad actúa longitudinalmente a lo largo del eje vertical del cuerpo. Está claro que la neutralidad de la posición de la pelvis y los grados relativos de curvatura de las tres curvas de la columna cambian cuando la persona se inclina, se tumba boca arriba o boca abajo o adopta otra posición asimétrica y no vertical. Además, la inclinación pélvica neutra no debe considerarse como sinónimo de que haya poca tensión sobre la columna y máxima seguridad durante todas las actividades estáticas y dinámicas. La definición normativa sobre la postura pélvica neutra debe servir de referencia normativa y no como la posición más segura y deseable para la ejecución de todo tipo de movimientos. Es en este contexto donde el término «neutro» se empleará en lo que resta de sección.

Por tanto, la inclinación pélvica neutra ofrece la posición menos estresante para sentarse, estar de pie o caminar. Sólo cuando se levanta una carga (o masa corporal) o se le ofrece sobrecarga, son necesarios otros tipos de inclinación pélvica. Incluso entonces se emplea sólo la suficiente inclinación para prevenir una flexión o extensión vertebral excesivas. Por lo que se refiere a la convección de la cresta ilíaca, la inclinación pélvica posterior es la rotación pélvica apropiada para las sentadillas o el levantamiento de objetos a nivel de la cintura. Por el contrario, el análisis biomecánico de los halterófilos y otros deportistas muestra que la inclinación pelvica anterior (de la cresta ilíaca) es la rotación pélvica correcta para ponerse de cuclillas, levantar cargas pesadas del suelo o para tocarse los dedos de los pies. Es particularmente peligroso comenzar los movimientos de levantamiento o de las sentadillas con una inclinación pélvica posterior, ya que genera una flexión lumbar y expone los discos lumbares a posibles daños.

El modelo anteroposterior de la inclinación pélvica es demasiado restrictivo para describir adecuadamente la libertad tridimensional completa de la pelvis. La pelvis puede girar en relación con los ejes X, Y o Z (fig. 3.22) cuando la rotación en torno al eje X comporta una inclinación anteroposterior. La mecánica de la pelvis en todos los planos de la acción es muy relevante para hacer un uso eficaz y seguro de la región lumbar de la columna y de las extremidades inferiores, ya que estos sistemas interactúan directamente con las estructuras de la pelvis.

Se producen otros tipos de rotación pélvica en torno a los ejes Y y Z. La rotación en torno al eje Z se relaciona con la inclinación hacia arriba y hacia abajo de las crestas ilíacas izquierda y derecha en relación la una con la otra. Este balanceo característico de la pelvis se produce al caminar normalmente y es natural y seguro, pero puede provocar lesiones si se produce al hacer sentadi-

Urheberrechtlich geschütztes Material

llas, enviones por encima de la cabeza o ejercicios de press, peso muerto, remo de pie y otras maniobras que requieren un nivel de estabilidad estática de la pelvis.

La rotación en torno al eje Z también se produce naturalmente durante numerosas actividades como caminar, correr, golpear, lanzar o dar patadas a distintos objetos. Una amplitud excesiva de la rotación en torno al eje Y, en concreto, impuesta durante periodos largos o con gran intensidad por el impulso dado a objetos pesados, la ejercitación con contrincantes deportivos o máquinas de pesas pueden ser especialmente dañinas para la columna lumbar. Los riesgos de este tipo de actividades se exacerban si la rotación en torno al eje Y se ve acompañada de una rotación sin control en torno a los otros ejes, produciendo, por tanto, una rotación vertebral simultánea e hiperextensión o hiperflexión.

Patrones similares de rotación pélvica inestable pueden producirse durante la mayoría de las acciones deportivas y laborales manuales, como empujar en las melés de rugby, los lanzamientos en los deportes de pelota, las patadas, la oscilación de los palos de golf, las sentadillas rápidas con giros, cavar, el saque en el tenis y pasar vallas en el atletismo. Es muy importante señalar que hay patrones óptimos, principios y secuencias de tiempo de la estabilización en los movimientos de la pelvis. Una velocidad inapropiada, la duración o las secuencias de las transiciones de un extremo de la rotación pélvica a la otra o entre las distintas fases de la estabilidad y la movilidad pueden causar muchos de los problemas lumbares que deben atender hoy en día los fisioterapeutas.

Por supuesto, el concepto de la inclinación pélvica no es tan sencillo como parece deducirse de muchos de los libros y de los comentarios de los profesionales de la condición física. Comprende una serie interrelacionada de distintos tipos de rotación pélvica, cada uno de ellos apropiado para una fase distinta de la estabilización y movimiento tridimensional del cuerpo humano.

El efecto de la posición de la cabeza sobre la fuerza

La posición de la cabeza tiene un poderoso efecto sobre la postura general, sobre todo al desarrollar actividades de pie o sentado. Como es sabido, en la gimnasia deportiva, inclinar la cabeza hacia delante es el comienzo de los saltos mortales hacia delante, de la misma forma que la inclinación hacia atrás de la misma inicia el salto hacia atrás en la gimnasia deportiva y el salto de trampolín. La flexión del cuello provoca una relajación refleja de los músculos erectores de la espalda, lo cual es potencialmente peligroso para los movimientos de levantamiento con sobrecarga como las sentadillas, la cargada y el peso muerto. Por tanto, es muy importante emplear una extensión evidente del cuello para facilitar la poderosa contracción de los músculos posturales del tronco durante todos los movimientos de levantamiento del suelo. Esta acción facilitadora de la cabeza no debe hacerse de forma que provoque una inclinación pronunciada de la espalda, porque esto también puede cargar los discos de la columna asimétricamente y exponer la región lumbar a daños. Los levantamientos deben hacerse de forma que se mantenga la disposición neutra de la columna tanto como sea posible y con sus tres curvaturas naturales. La correcta colocación de la cabeza asegurará que la espalda adopte una postura en la que la estabilización del tronco sea compartida por los músculos erectores de la espalda y los ligamentos de la columna. La hiperextensión lumbar somete los músculos a una mayor carga, mientras que la hiperflexión impone una excesiva tensión sobre los ligamentos.

Una hiperextensión o hiperflexión excesivas, sobre todo si se combinan con movimientos de rotación, pueden ser muy peligrosas para la columna. La rotación de la columna se puede producir mediante el giro de la cabeza, por lo que es vital asegurarse de que ésta también se mantiene en una posición recta y hacia delante. El giro de la cabeza no es aconsejable durante los levantamientos ni tampoco durante los movimientos realizados con cargas en decúbito,

Urheberrechtlich geschütztes Material

como los ejercicios de press de banca, o movimientos boca abajo como los «buenos días». Si la cabeza se inclina hacia atrás en los ejercicios de press de banca para que el levantador arquee el cuerpo desde la nuca, se produce una hiperextensión cervical con carga que puede causar daños a las frágiles estructuras del cuello.

La perfección de muchos de los movimientos técnicos como la arrancada o la arrancada en dos tiempos depende en gran medida del control de la posición de la cabeza en cada momento del levantamiento. Por ejemplo, la inclinación prematura de la cabeza hacia atrás al levantar la carga del suelo puede provocar que la barra se desplace muy lejos del cuerpo. Inclinar la cabeza hacia atrás durante el envión puede provocar que la barra de pesas se venza hacia delante, mientras que durante la fijación de la posición en cuclillas en la arrancada una inclinación de este tipo puede causar que el levantador se caiga hacia atrás y pierda la barra de pesas. Inclinar la cabeza hacia delante durante las sentadillas puede ser especialmente peligroso, porque provoca que la columna lumbar adopte una posición de hiperflexión potencialmente dañina.

La acción de los ojos está estrechamente relacionada con la acción de la cabeza, por lo que es esencial facilitar que el cuerpo o los miembros adopten una correcta postura empleando los ojos para que la cabeza asuma la posición más apropiada en cada estadio de un movimiento dado. Por lo general, la posición neutra de la columna se mantiene con mayor facilidad cuando los ojos miran directamente al frente y se fijan en un objeto lejano. Si el entrenador o los compañeros se mueven delante de un levantador, pueden alterar los patrones de fijación de la vista, por lo que hay que tener cuidado y evitar estas acciones en el entrenamiento o durante la competición.

Fuerza, simetría y alineación de los miembros

La producción de fuerza y la prevención de lesiones dependen de la alineación adoptada en cada momento de los miembros unos respecto a los otros. La estipulación de que hay una única técnica «correcta» para ejecutar un movimiento dado crea la impresión de que la eficacia y la seguridad estén determinadas por la repetida reproducción de un patrón de movimiento preciso para cada persona. Aunque existe un modelo general que ofrece unas valiosas pautas para todos los deportistas que emprenden una acción particular, las diferencias individuales en factores como la estructura corporal, la composición de los músculos y el grado de control neuromuscular son esenciales para reconocer la existencia de un modelo específico para cada persona.

Uno de los más importantes hechos en este sentido es la asimetría estructural y funcional del cuerpo y sus distintos componentes. Cualquier intento por alterar la asimetría de los movimientos por la única razón de la estética o la tradición puede empeorar gravemente el rendimiento de un deportista, por lo que es fundamental ser capaz de valorar cuándo la asimetría es natural e inocua y cuándo es una desviación ineficaz y peligrosa del modelo ideal.

Por ejemplo, en cualquier momento de un levantamiento de peso, el deportista suele girar o inclinarse ligeramente a un lado y la barra no consigue desplazarse paralela a los planos frontal, sagital o transversal. Al hacer esto, es necesario observar y registrar la trayectoria de la barra desde ambos lados del cuerpo y –sólo entonces– compararla con la trayectoria ideal de ese movimiento. Por tanto, es evidente la importancia de los años de experiencia en la observación y el análisis de los movimientos deportivos.

La dependencia del uso de aparatos isocinéticos o tecnológicos para medir las relaciones de la fuerza entre el lado izquierdo y el derecho, y los músculos agonistas y antagonistas en un intento por corregir los así llamados desequilibrios, puede ser improductiva y desaconsejable. El tema del entre-

Urheberrechtlich geschütztes Material

namiento simétrico se tratará en detalle en el siguiente capítulo (cap. 4).

La fuerza y su dependencia de la masa muscular

La fuerza se relaciona con el área del corte transversal de los músculos, y, por tanto, se relaciona indirectamente con la masa corporal. Cuanto más pesa un deportista, mayores cargas puede levantar. La masa corporal del deportista es proporcional al cubo de sus dimensiones lineales, mientras que un área de corte transversal de un músculo es sólo proporcional a su cuadrado. A partir de este análisis dimensional básico, la relación matemática entre la fuerza máxima (F) y la masa corporal (M) se puede expresar como F = a.M2/3, en la que a es una constante que caracteriza el nivel del deportista de fuerza (Lietzke, 1956). Lietzke halló que los datos más fiables sobre la condición física se obtenían con un exponente de 0,6748 y que se acercaba al valor teórico de 0,6667. Esta ecuación expresa con cierta precisión la relación existente entre la masa corporal y los resultados obtenidos en los levantamientos olímpicos.

En el campo de la práctica, ya en 1937 Hoffman había señalado que el valor de la ley de la potencia era dos tercios cuando comparó el rendimiento de halterófilos de distinta masa corporal; tras lo cual añadió esta ecuación como el nombre de «fórmula de Hoffman». Más de diez años después, Austin consideró que el exponente teórico 2/3 no era suficientemente preciso para describir los actuales registros, por lo que escribió la «fórmula de Austin» con un exponente de 3/4. Sin embargo, en la actualidad varios investigadores han persistido en la ley de los dos tercios de potencia, incluidos Karpovich y Sinning (1971), quienes emplearon registros normales de halterófilos para demostrar que el exponente seguía siendo cercano a los dos tercios. Sin embargo, su ecuación ofrecía poca precisión, con una media del 5,2% de error sobre todas las clases de masa corporal con la interpolación de imprecisiones mayores en la extrapolación de levantadores más pesados (p. ej., el error con una masa corporal de 125 kg era del 14,7%).

Son numerosos los intentos que se han hecho desde entonces para exponer lo mejor posible la relación matemática entre los levantamientos olímpicos y la masa corporal (p. ej., O'Carroll, Vorobyev y Sukhnov), pero todas las ecuaciones favorecen invariablemente ciertas clases de masa corporal, mientras que los halterófilos de nivel competitivo son impermeables a las comparaciones de su rendimiento basándose en los tanteos relativos mediante el empleo de alguna de las fórmulas existentes.

Por consiguiente, en 1971 Siff y McSorley, un estudiante de ingeniería de la Universidad de Ciudad del Cabo, en Sudáfrica, examinaron la posibilidad de adecuar varias ecuaciones a los registros habituales de la halterofilia teniendo en cuenta todas las dividisiones de la masa corporal hasta los 110 kg. Poco después, McSorley preparó tablas parabólicas generadas por ordenador para comparar los rendimientos de los halterófilos de distinta masa corporal. En 1972, estas tablas fueron adoptadas por la South African Weightlifting Union (Unión de Halterofilia Sudafricana) y se han empleado durante casi una década para otorgar premios y seleccionar el equipo nacional. En 1976, Sinclair, de Canadá, llegó a la conclusión similar de que un sistema parabólico era el mejor medio para comparar la fuerza de levantadores de distinta masa corporal (Sinclair y Christensen, 1976).

Los sistemas parabólicos de McSorley y Sinclair estaban limitados porque eran más precisos cuando las masas corporales llegaban hasta los 110 kg, ya que se basaban en los registros mundiales de no más de tres años sucesivos, motivo por el cual las tablas se volvían imprecisas cada vez que se superaba una marca mundial. Para evitar estas dificultades es preferible reunir una base de datos que incluya la media de los diez mejores levantamientos jamas logrados en cada una de las 11 clases esta-

Urheberrechtlich geschütztes Material

blecidas según la masa corporal y hasta unos 165 kg, (Siff, 1988). Las técnicas de regresión estadística mostraron que las distintas curvas sigmoideas (en forma de S), como las funciones logística, hiperbólica, la regresión de Gompertz y la ley de la potencia se adecuan a los datos (coeficiente de correlación R > 0,998). Se halló que la ecuación más sencilla para su aplicación práctica era la siguiente ecuación de la ley de la potencia:

$$\text{Total levantado} \quad T = a - b.M - c \quad (3.4)$$

en donde M = masa corporal y a,b y c son constantes numéricas.

En el caso de los datos de la halterofilia hasta 1988, los valores de las constantes para halterófilos adultos son:

a = 512,245; b = 146230, y c = 1,605 (R = 0,999)

La misma ecuación de la ley de la potencia se aplica con fiabilidad en el caso de los registros del powerlifting (Siff, 1988).

En el caso de los datos del powerlifting hasta 1987, los valores de las constantes son:

Total:
a = 1270,4; b = 172970; c = 1,3925 (R = 0,996)
Sentadillas:
a = 638,01; b = 9517,7; c = 0,7911 (R = 0,998)
Press de banca:
a = 408, 15; b = 11047; c = 0,9371 (R = 0,998)
Peso muerto:
a = 433,14; b = 493825; c = 1,9712 (R = 0,997)

Los totales de la halterofilia y el powerlifting calculados con las ecuaciones de la ley de la potencia aparecen en la tabla 3.3. y se pueden emplear para comparar el rendimiento de levantadores de masa corporal distinta.

Las bases de datos para halterófilos juveniles (hasta 18 años de edad) son bastante menores y el análisis estadístico debe basarse más en registros individuales de cada división de la masa corporal que en la media de al menos seis totales de cada división. En este caso, la mejor adecuación a los datos la proporciona una función logística de la forma:

Total juvenil:

$$T = a/[1 + b.e\text{-}c.M \quad (3.5)$$

donde:
a = 329,251; b = 35,045; c = 0,07906 (R = 0,9996). En la tabla 3.4. aparecen los valores reales del total calculados con esta ecuación.

Se halló que una ecuación de la ley exponencial proporcionaba la mejor adecuación a la media de los totales de las 5 mejores halterófilas (Siff, 1988):

Total femenino:

$$T = c - a.e\text{ -}b.M \quad (3.6)$$

donde:
a = 943,063; b = 0,05142; y c = 257,314 (R = 0,995). Los valores reales del total se calcularon con esta ecuación y aparecen en la tabla 3.4.

Para comparar el rendimiento de levantadores de distinta masa corporal, sólo hay que sustituir en las presentes ecuaciones la masa corporal de cada levantador para calcular el Total (o levantamiento) esperado de un levantador de nivel mundial. Entonces, se divide el Total real de cada levantador por este valor y se multiplica por 100 para obtener el porcentaje de los levantamientos de nivel mundial alcanzados por cada levantador. Este método también es valioso para monitorizar el progreso de un deportista cuyos levantamientos y masa corporal aumentan a lo largo de un periodo de tiempo, puesto que no tiene sentido hacerlo teniendo únicamente en cuenta el incremento de la masa absoluta levantada cuando la masa corporal del deportista ha cambiado de forma significativa.

La correlación entre la fuerza absoluta de un practicante de lucha libre y su masa corporal se expresa mediante otra ecuación de la ley de la potencia: log. F = log. 1,005 + 0,724 log. B (Martirosov et al., 1967). Se ha observado entre los

Urheberrechtlich geschütztes Material

TABLA 3.3 *Relación entre la media del Total y la masa corporal de competidores de halterofilia y powerlifting a lo largo de la historia, calculada mediante las ecuaciones incluidas en el texto. Para comparar el rendimiento de levantadores de distinta masa corporal, se divide el total real del levantador A por el total correspondiente a su masa corporal y se multiplica por 100. Esto proporciona su total en forma de porcentaje de la media de las diez mejores marcas totales del mundo. Este cálculo se repite con otros levantadores.*

Masa Corp.	Halt. Total	PWL Total	Masa Corp.	Halt. Total	PWL Total	Masa Corp.	Halt. Total	PWL Total
50	238	525,4	80	383,2	883,2	110	434,9	1021,9
51	246,5	545,7	81	385,8	889,9	111	436	1025
52	254,7	565	82	388,3	896,3	112	437,1	1028,1
53	252,5	583,5	83	390,6	902,6	113	438,1	1031
54	269,8	601,1	84	393	608,6	114	439,2	1034
55	276,9	618	85	295,2	914,6	115	440,2	1036,8
56	283,6	634,2	86	397,4	920,3	116	441,2	1039,6
57	290	649,7	87	399,5	925,9	117	442,2	1042,4
58	296,1	664,5	88	401,5	931,3	118	443,1	1045
59	302	678,8	89	403,5	936,6	119	444	1047,7
60	307,6	692,4	90	405,5	941,8	120	445	1050,3
61	312,9	705,6	91	407,3	946,8	121	445,8	1052,8
62	318	718,2	92	409,2	951,7	122	446,7	1055,3
63	323	730,4	93	410,9	956,5	123	447,6	1057,7
64	327,7	742,1	94	412,7	961,1	124	448,4	1060,1
65	332,2	753,4	95	414,3	965,6	125	449,2	1062,4
66	336,6	764,3	96	416	970	126	450	1064,7
67	340,8	774,8	97	417,6	974,3	127	450,8	1067
68	344,8	784,9	98	419,1	978,5	128	451,6	1069,2
69	348,7	794,7	99	420,6	982,6	129	452,3	1071,3
70	352,4	804,1	100	422,1	986,6	130	453,1	1073,5
71	356	813,2	101	423,5	990,5	131	453,8	1075,6
72	359,5	822	102	424,9	994,3	132	454,5	1077,6
73	362,8	830,6	103	426,3	998,1	133	455,2	1079,6
74	366,1	838,8	104	427,6	1001,7	134	455,9	1081,6
75	369,2	846,8	105	428,9	1005,3	135	456,5	1083,6
76	372,2	854,5	106	430,1	1008,7	136	457,2	1085,5
77	375,1	862,1	107	431,4	1012,5	137	457,8	1087,3
78	377,9	869,3	108	432,6	1015,5	138	458,5	1089,2
79	380,6	876,4	109	433,7	1018,7	139	459,1	1091

Halt. = halterofilia; PWL = powerlifting; todos los pesos se expresan en kg.

Urheberrechtlich geschütztes Material

TABLA 3.4 *Relación entre el Total y la masa corporal de halterófilas y levantadores de nivel juvenil, calculada con las ecuaciones del texto precedente. La comparación del rendimiento de los levantadores de distinta masa corporal se describe en la tabla 3.3 y en el texto. (Todos los pesos se expresan en kg; los levantadores de nivel juvenil tienen menos de 18 años.)*

Masa Corp.	Halt. Total	PWL Total	Masa Corp.	Halt. Total	PWL Total	Masa Corp.	Halt. Total	PWL Total
40	136,7	132,6	61	216,4	256,8	82	243,4	312,5
41	142,8	138,9	62	218,4	261,2	83	244,1	313,7
42	148,5	145,3	63	220,4	265,4	84	244,8	314,8
43	154	151,7	64	222,2	269,3	85	245,4	315,9
44	159,1	158,2	65	224	273,1	86	246	316,9
45	164,1	164,7	66	225,6	276,7	87	246,6	317,8
46	168,7	171,2	67	227,2	280,1	88	247,1	318,6
47	173,2	177,7	68	228,7	283,3	89	247,6	319,4
48	177,4	184,1	69	230,2	286,4	90	248,1	320,1
49	181,4	190,5	70	231,5	289,2	91	248,6	320,8
50	185,2	196,8	71	232,8	291,9	92	249	321,4
51	188,8	203	72	234,1	294,5	93	249,4	322
52	192,3	209,1	73	235,2	296,8	94	249,8	322,6
53	195,5	215,1	74	236,3	299,1	95	250,2	323,1
54	198,6	220,9	75	237,4	301,2	96	250,5	323,5
55	201,6	226,6	76	238,4	303,1	97	250,9	323,9
56	204,3	232,1	77	239,3	305	98	251,2	324,3
57	207	237,4	78	240,2	306,7	99	251,5	324,7
58	209,5	242,6	79	241,1	308,3	100	251,8	325,1
59	211,9	247,5	80	241,9	309,8	101	252,1	325,4
60	214,2	252,3	81	242,7	311,2	102	252,3	325,7

practicantes de lucha libre que hay una dependencia lineal entre la fuerza de ciertos músculos y la masa corporal.

El análisis cuantitativo ha corroborado la estrecha correlación entre la masa corporal y las marcas obtenidas por los halterófilos (Rasch, 1960; Starodubtsev, 1966; Pismyensky, 1974). Sin embargo, esta dependencia sólo se relaciona con la fuerza máxima y no con la velocidad con la que se desarrolla. Cuando se tiene en cuenta la velocidad, entonces la relación entre la masa corporal y la fuerza es totalmente diferente. La correlación entre la masa corporal y el peso de la barra disminuye a medida que aumenta la velocidad del levantamiento. Es 0,719 para el press de pie; 0,706 para la arrancada en dos tiempos, y 0,685 para la arrancada (Starodubtsev, 1966). La disminución de la masa corporal tiene un efecto mucho menor sobre la

Urheberrechtlich geschütztes Material

arrancada que sobre el press (Vorobyev, 1964; Medvedev y Tumanyan, 1967).

Así pues, la correlación más alta entre la masa muscular y la fuerza se observa en aquellos casos en los que la fuerza es máxima y la velocidad a la que se desarrolla tiene una importancia secundaria. La correlación entre la fuerza y la masa corporal disminuye a medida que aumenta la velocidad a la que la fuerza se desarrolla. En resumidas cuentas, una correlación más alta no es vital para las actividades de carácter explosivo, sobre todo en los ejercicios de salto (Smith, 1961; Kuras, 1962; Schunke y Peters, 1962).

Tabla 3.5 *Relación entre la altura (en cm) y la masa corporal de halterófilos de nivel.*

Masa corporal (kg)	Maestría Inter. Pequeña	Maestría inter. Media	Maestría inter. Grande	Clases 1 & 2 Media
52	142,5	145	147,5	152,5
56	146,5	149	151,5	157,5
60	153,5	156	158,5	162,5
67,5	157,5	160	162,5	167,5
75	161,5	164	166,5	172,5
825	165,5	168	170,5	177,5
90	169,5	172	174,5	180
100	172,1	174	177,1	180,2
110	174,5	177	179,5	180,5

En el deporte, sobre todo cuando se compara a deportistas de distinta masa corporal y condición física, es aceptable tener en cuenta la fuerza relativa. Se ha observado que, a medida que aumenta la masa corporal, lo mismo ocurre con la fuerza absoluta, a la par que disminuye la fuerza relativa (Krestovnikov, 1939; Knipst, 1952; Chudinov, 1961; Zatsiorsky, 1966; Martirosov y otros, 1967), aunque también se ha informado sobre la existencia de hallazgos que dicen justo lo contrario (Abramovsky, 1966). Sin embargo, nuestros análisis de los mejores resultados en la halterofilia olímpica y el powerlifting revelan que la fuerza relativa en ambos deportes de fuerza alcanza el pico para la masa corporal entre los 60 kg y los 67 kg (fig. 3.23).

Así pues, un incremento de la masa corporal se ve acompañado por un aumento de la fuerza sólo en ciertos casos en los que el movimiento requerido se relaciona con la superación de una resistencia grande a velocidad baja. El examen de los hechos indica que los cambios estructurales que se producen en los músculos, sobre todo hipertrofia (e incluso el tipo de hipertrofia, como se dijo en el cap. 1), influyen en el carácter de la fuerza desarrollada, así como en el método de su desarrollo. Estos hallazgos llevan al problema fundamental de determinar los métodos apropiados y eficaces para desarrollar la fuerza, sobre todo su especificidad.

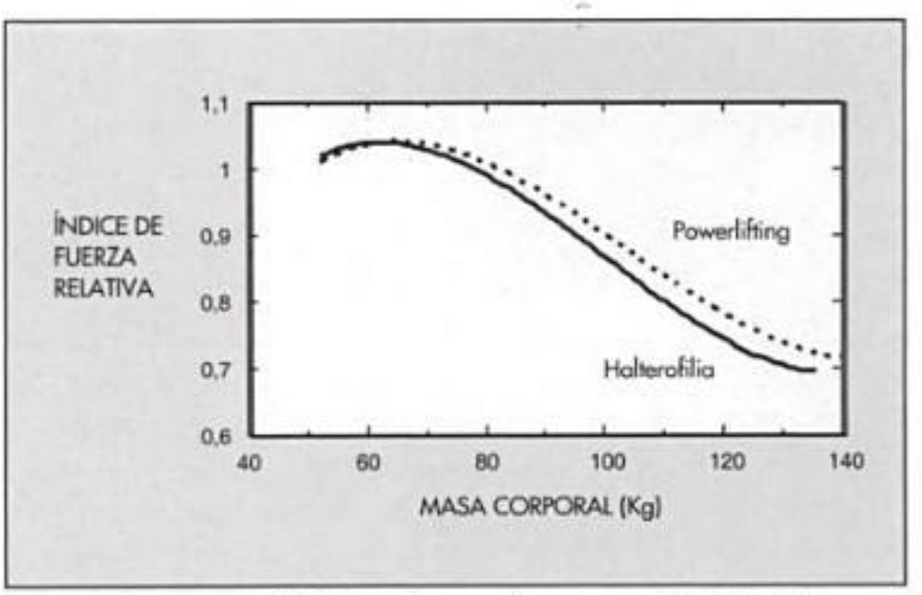


FIGURA 3.23 *Variación de la fuerza relativa con la masa corporal de halterófilos y powerlifters de elite (basada en la media de las 10 mejores marcas logradas en estos deportes hasta 1988). Todos los levantamientos están normalizados respecto a la clase de 52 kg de masa corporal (p. ej., Índice de fuerza relativa = 1 para 52 kg de masa corporal).*

Urheberrechtlich geschütztes Material

Relación entre la fuerza y la altura

El análisis realizado con varios cientos de halterófilos rusos de distinto nivel de maestría (ver cap. 2) muestra que la fuerza suele disminuir cuando aumenta la altura de la masa corporal. En la tabla 3.5 aparece un resumen de las alturas de las distintas clases de halterófilos para cada división establecida según la masa corporal. La segunda columna, la tercera y la cuarta proporcionan la altura de los levantadores de distinta corpulencia en la categoría de Maestría internacional; p. ej., levantadores que tienen por lo menos nivel mundial. En la última columna aparece la media de la altura de la clase 1 y 2; p. ej., levantadores promesa que son muy buenos a nivel nacional o de clubes.

La mejor adecuación a los datos de los levantadores de Maestría internacional de la tabla 3.5 es la que aporta la siguiente ecuación exponencial (Siff, 1988):

$$\text{Altura: } H = a - b.c - c.$$

donde M es la masa corporal del levantador

Los valores de las constantes son:

Constitución pequeña:

$a = 180{,}0;\ b = 198{,}8;\ c = 0{,}0323\ \ (R = 0{,}996)$

Constitución media:

$a = 182{,}5;\ b = 198{,}9;\ c = 0{,}0323\ \ (R = 0{,}996)$

Constitución grande:

$a = 185{,}0;\ b = 198{,}9;\ c = 0{,}0323\ \ (R = 0{,}996)$

TABLA 3.6 *Variación de la fuerza con la edad, expresada en forma de porcentaje de la fuerza máxima. Los resultados de laboratorio midieron la fuerza isométrica con un dinamómetro, mientras que los resultados de los levantamientos se basan en las mejores marcas de los halterófilos olímpicos logradas en competiciones discriminatorias por la edad.*

Edad	Lab %	Levantamiento %	Edad	Lab %	Levantamiento %
10	42	59	25	100	100
12	52	62	45	91	79
14	65	66	50	87	70
16	76	75	55	82	64
18	84	83	60	79	59
20	93	97	65	74	49

Relación entre la fuerza y la edad

Es bien sabido que la fuerza varía con la edad; alcanza un pico cuando hombres y mujeres tienen entre 20 y 28 años, y luego disminuye gradualmente en torno a un 1% por año. Al valorar la dependencia de la fuerza de la edad, podemos emplear dos métodos: a) estudios de laboratorio que miden el rendimiento isométrico o isocinético y b) estudios sobre el rendimiento de halterófilos y powerlifters en competiciones internacionales. En la tabla 3.6 aparecen resumidos los datos obtenidos con estos métodos. Los datos de laboratorio se basan en los estudios de Hettinger y otros (1961) y MacDougall y otros (1982), mientras que los datos de los levantamientos proceden de las marcas de halterofilia de levantadores de nivel juvenil, júnior, sénior y de Seniors (veteranos de más de 40 años de edad).

Los porcentajes de los datos de laboratorio y de los levantamientos se corresponden razonablemente en el caso de los adolescentes, pero no en el caso de los jóvenes de unos 14 años y los veteranos de más de 45 años. En el caso de los levantadores púberes, es más probable obtener marcas más altas de lo esperado debido a que los niños entrenados para levantar pesos son mucho más fuertes que los niños normales. En el caso de los levantadores más mayores, los porcentajes inferiores a lo esperado se deben a que la halterofilia olímpica, a diferencia de las pruebas isométricas, requiere un gran nivel de agilidad y fuerza-velocidad, para lo cual se emplean muchos grupos musculares y no sólo el cuádriceps y otros grupos limitados de músculos que suelen ser los ejercitados en los estudios de laboratorio.

En la figura 3.25 aparece expresada gráficamente la variación de la fuerza en los adultos con la edad, derivada de estudios de laboratorio con halterófilos. En ambos casos, la regresión lineal describe con

Urheberrechtlich geschütztes Material

precisión la disminución de la fuerza a partir de los 30 años.

Si F es la fuerza máxima desarrollada durante los mejores años, entonces la ecuación lineal para personas desentrenadas obtenida en laboratorio, dado el porcentaje de esta fuerza máxima que uno es capaz de producir a cualquier edad entre los 30 y los 80, es:

$$\%F = 120{,}7 - 0{,}68865\ E \quad (R = 0{,}988)$$

donde E es la edad en años (3.8)

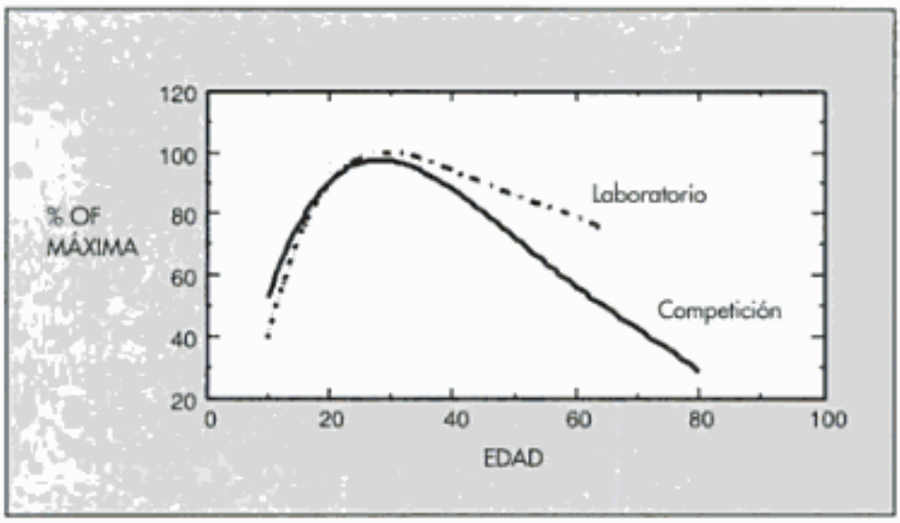


FIGURA 3.25 *Relación entre la fuerza y la edad, basada en las mediciones isométricas de laboratorio con dinamómetro y resultados en las competiciones de halterofilia con divisiones por la edad.*

La ecuación para halterófilos entrenados, dado el porcentaje de la fuerza máxima que uno es capaz de producir a cualquier edad entre los 30 y los 80 años, es:

$$\%F = 140{,}15 - 1{,}3853\ E \quad (R = 0{,}996)$$

donde E es la edad en años (3.9)

Estas ecuaciones no son meramente de interés académico; se emplean para comparar la fuerza o el rendimiento en los levantamientos de deportistas de distintas edades. Por ejemplo, si queremos comparar la fuerza relativa de un levantador adulto joven A que pesa 90 kg y levanta un total de 350 kg con la de otro de 45 años B que pesa 80 kg y levanta 260 kg, primero usaríamos la ecuación (3.4) relacionada con la tabla 3.3 para ajustarla a la masa corporal, y luego emplearíamos la ecuación (3.9) para ajustarla a la edad. Así pues, el ajuste de la masa corporal da A = 86,3% y B = 67,8%. El ajuste a la edad de los 45 años (%F = 77,8%). Luego B presenta una fuerza relativa superior a A.

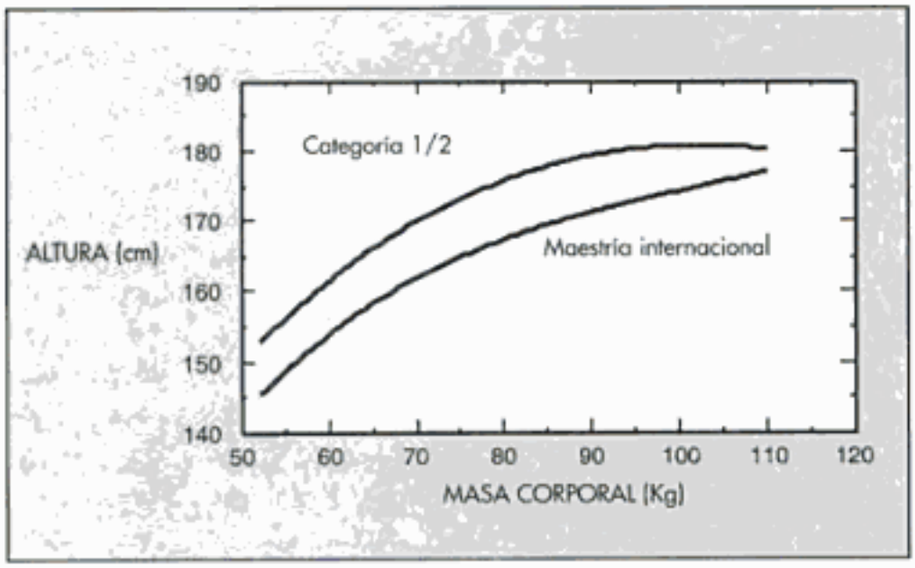


FIGURA 3.24 *Relación entre la altura y la masa corporal de distintas categorías (clases) de halterófilos olímpicos de constitución media (basada en el rendimiento de levantadores rusos de elite). En ambos casos los levantadores tienen una constitución media.*

Relación entre la fuerza y el sexo

Muchos estudios han demostrado que la fuerza de una mujer es aproximadamente dos tercios de la de un hombre de la misma edad y masa corporal; tanto el

Urheberrechtlich geschütztes Material

hombre como la mujer alcanzan el punto máximo fuerza alrededor de la misma edad. Esta diferencia se debe en gran medida al mayor porcentaje de masa muscular magra del hombre, puesto que la fuerza muscular en hombres y mujeres es virtualmente la misma (4 kg por cm^2 de una área de corte transversal).

Es interesante comparar la relación de la fuerza entre hombres y mujeres en la halterofilia en divisiones de masa corporal equivalente. La tabla 3.7 es el resultado del cálculo de la media del total de los cinco levantamientos mejores de todos los tiempos entre halterófilas y halterófilos olímpicos. La interpolación del total de los hombres es 104,9 kg y se determinó a partir de una ecuación de regresión (3.4).

TABLA 3.7 *Relación de la fuerza entre levantadores y levantadoras, basada en las marcas totales de la competición hasta 1988.*

Masa corporal (kg)	Relación (mujeres/hombres)
52	0,76
56	0,72
60	0,70
67,5	0,67
75	0,64
82,5	0,63
104,9	0,59

Hay que señalar que la relación (ratio) de la fuerza disminuye acusadamente cuando aumenta la masa corporal, lo cual indica que un incremento de la masa corporal produce un aumento desproporcionadamente grande de la fuerza de los hombres en comparación con las mujeres.

Los estudios (Hettinger, 1961) también han demostrado que existe una distinta relación de la fuerza para diferentes grupos musculares en hombres y mujeres (tabla 3.8). Estas relaciones son consecuentes con los resultados de otra investigación que demuestra que la fuerza de la parte superior del cuerpo de las mujeres suele ser inferior a la de los hombres de masa corporal equivalente. Probablemente ello refleja las diferencias en el tipo y la intesidad del trabajo realizado por hombres y mujeres normales en la vida diaria y es probable que tales diferencias disminuyan o desaparezcan entre deportistas entrenados de forma similar. Esta tabla es una guía para los entrenadores a la hora de seleccionar cargas iniciales convenientes para mujeres que se entrenan con ejercicios específicos.

TABLA 3.8 *Comparación de la fuerza de distintos músculos entre hombres y mujeres de la misma masa corporal.*

Grupos de músculos	Relación de la fuerza (mujeres/hombres)
Flexores y extensores del codo	0,55
Extensores y flexores del tronco	0,60
Flexores de los dedos y extensores del tobillo	0,60
Aductores de los dedos y extensores de la rodilla	0,65
Deltoides, extensores y flexores de la mano	0,75
Flexores y extensores de la cadera	0,80
Flexores de la rodilla y músculos masticadores	0,80

Incremento de la fuerza en el tiempo

El progreso histórico de los récords deportivos, sobre todo en la halterofilia y el powerlifting, muestra de forma evidente que la fuerza aumenta gradualmente con el tiempo. La forma lógica de estudiar este crecimiento de la fuerza supone registrar gráficamente el incremento de la fuerza en la arrancada y en la arrancada en dos tiempos a lo largo de sucesivos años para cada división según la masa corporal.

Urheberrechtlich geschütztes Material

Constante	Press	Arrancada	Arrancada en dos tiempos
a	171,305	166,186	176,526
b	1,6118	1,6106	1,4175
c	0,009237	0,006365	0,006658
R	0,994	0,995	0,996

A lo largo de las últimas décadas se han establecido entre 8 y 10 divisiones, por lo que este método generaría unos 30 gráficos, cada uno con una adecuación regresiva respecto a los datos. Una comparación visual simultánea de esta serie de gráficos es virtualmente imposible y poco práctica. Es más útil normalizar los datos mediante la ecuación (3.4) para aportar datos para todas las divisiones de masa corporal en forma de porcentaje de la media de los diez mejores totales conseguidos en la halterofilia.

El resultado de este análisis aparece en la figura 3.26, que muestra una tendencia muy similar en el caso de la arrancada y la arrancada en dos tiempos, si bien el ritmo de crecimiento en el caso del press es más rápido. Por desgracia, el press olímpico desapareció de las competiciones olímpicas en 1971, por lo que hoy en día es imposible estudiar las tendencias en este tipo de levantamiento.

La regresión de Gompertz (que suelen emplear actuarios y biólogos para describir los procesos de crecimiento o corrupción) ofrece la mejor adecuación a los datos desde 1950 a 1990 de la siguiente forma:

$$\text{Puntos} \quad y = a.e - b.e^{-c.x}$$
$$\text{donde } x = (\text{año} - 1950) \quad (3.10)$$

Las constantes para cada uno de los levantamientos olímpicos aparecen en la siguiente tabla (R es el coeficiente de correlación).

Empleando parecidos métodos estadísticos para investigar la causa de que hubiera distintos índices de crecimiento para el press, Siff y Medvedev llegaron ambos a la conclusión de que es posible que la discrepancia radique en el amplio uso de las sustancias anabólicas desde finales de la década de 1950. Es razonable esperar que el rendimiento del press mejore con más rapidez que en los otros dos tipos de levantamientos que son técnicamente más exigentes, ya que el press es más lento y depende más de la hipertrofia muscular y de la fuerza relativa. Puesto que las sustancias anabólicas tiene un poderoso efecto sobre el crecimiento muscular y ninguno sobre la habilidad neuromuscular, es posible que ofrezcan más beneficios en los levantamientos más lentos y hasta cierto punto próximos a ser cuasi-isométricos del press y de las sentadillas, del press de banca y el peso muerto.

El valor de estas ecuaciones radica en su capacidad para predecir incrementos tanto en el rendimiento en la halterofilia como en la fuerza a lo largo de un periodo, no sólo para determinar las tendencias del rendimiento a nivel mundial, sino también para planificar las mejoras a nivel individual.

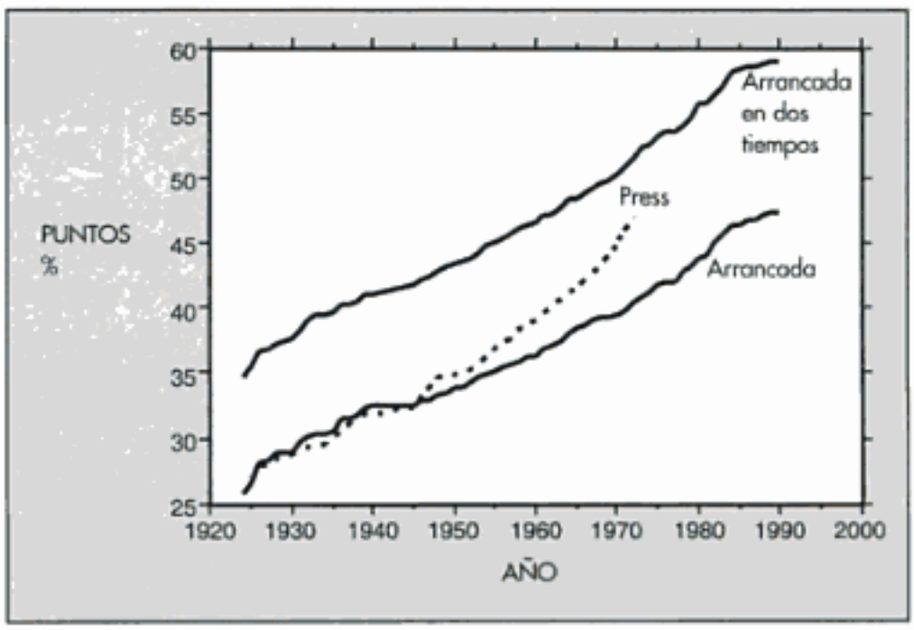


FIGURA 3.26 *Incremento del rendimiento en la halterofilia expresado en puntos calculados a partir de una adecuación de potencia con las mejores marcas de todos los tiempos.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

Factores que aumentan el rendimiento de la fuerza

La fuerza que se desarrolla no es constante y depende en gran medida de las condiciones precedentes y adyacentes a las actividades motoras. Al competir respecto a la distancia, el tiempo, la gravedad y contra otros contrincantes, cuanto mayores sean las posibilidades de ganar de un deportista, más debe emplear al máximo y con destreza el potencial de los sistemas nervioso y muscular.

El calentamiento

El calentamiento sirve para que el cuerpo se halle en disposición para desarrollar cierta capacidad de trabajo. El calentamiento es de dos tipos: general y específico. El propósito del calentamiento general es aumentar el potencial funcional del cuerpo, mientras que el propósito del calentamiento específico es establecer una relación óptima entre el ejercicio próximo y las actividades del sistema nervioso central que se relacionan con ese movimiento (Ozolin, 1949; Krestovnikov, 1951; Miller, 1951; Blank, 1955). El aumento de la capacidad de rendimiento mediante el calentamiento está determinado por los cambios en los sistemas nervioso central y muscular.

Está claro que la parte especial del calentamiento que precede a todos los tipos de trabajo de fuerza tiene un interés particular (ver la revisión de Thompson, 1958; Swegan & Jankosky, 1958; Grose, 1958; Sedgwick & Whalen, 1964).

Es sabido que los músculos se contraen con mayor rapidez e intensidad cuanto mayor sea su temperatura dentro de unos límites fisiológicos seguros (Beritov, 1947). La actividad eléctrica de los músculos también aumenta al aumentar la temperatura corporal (Golenhofen & Goptert, 1958; Book & Golenhofen, 1959), y después de la estimulación el periodo de actividad decrece (Hill, 1951; MacPherson & Wilkie, 1954). El incremento de la temperatura a nivel local aumenta la fuerza, como lo demuestran las mediciones con dinamómetros (Robbins, 1942) y el tiempo durante el cual los músculos son capaces de mantener una tensión dada o ejecutar un volumen medido de trabajo (Nukada, 1955). Las duchas calientes aumentan la resistencia isométrica (Nukada, 1955), al igual que la velocidad de contracción muscular y la resistencia en el trabajo cíclico, entre un 7,5% y un 9% (Assmusen & Boje, 1945; Miudo, 1946; Carlisle, 1956; DeVries, 1959).

Por otra parte, el enfriamiento disminuye la fuerza y aumenta el tiempo de contracción. Los músculos a 18 °C tienen un periodo de capacidad de trabajo que es 2-3 veces más corto de lo normal (Tikhomirova, 1961; Fray & Smith, 1941). Es sabido que los masajes no influyen en la resistencia de los ejercicios cíclicos (Karpovich & Hale, 1956; DeVries, 1959), pero aumentan la potencia en el trabajo explosivo (Skubic & Hodgkins, 1957; Merlino, 1959).

Sin embargo, la capacidad máxima de trabajo se alcanza sólo después de una serie de contracciones musculares cuyo número y carácter están determinados por el estado funcional del cuerpo y la intensidad del trabajo subsiguiente. El trabajo repetitivo como forma de calentamiento aumenta la velocidad de movimiento (Swegan & Janosky, 1958), aunque si este trabajo es de intensidad moderada, entonces no es beneficioso para la producción de fuerza. Un calentamiento activo que incluya ejercicios intensos es sobre todo un medio eficaz para prepararse con éxito para los ejercicios de velocidad fuerza y los ejercicios explosivos (Hipple, 1956; Michael y otros, 1957; Pacheco, 1957).

Así pues, se halló que las jugadoras de baloncesto aumentaban su capacidad de salto entre 1 cm y 4,5 cm (Panaiotov, 1962) y los atletas de salto de longitud hasta 10 cm (Diachkov, 1961). La fuerza de golpeo de los boxeadores aumentaba una media de 400-700 newtons, mientras que el tiempo de golpeo se reducía entre 0,02 y 0,04 segundos. Resulta interesante que el periodo de descanso entre puñetazos rápidos y potentes no muestre una relación

Urheberrechtlich geschütztes Material

significativa con la fuerza de golpeo (R = 0,40), mientras que después de un calentamiento se halle una relación moderada (R = 0,62) (Karabanov, 1966). A menudo se ha señalado que un esprint de 100 m o unos 4.100 m mejoran los saltos de longitud subsiguientes (Verkhoshansky, 1961).

Por tanto, el trabajo preliminar que es parecido al trabajo subsiguiente reduce de forma importante el tiempo invertido en completar una tarea motriz dada. Sin embargo, permite sobre todo que los músculos soporten cargas grandes sin sufrir lesiones y ejecutar contracciones rápidas y poderosas. Los movimientos incluidos en el calentamiento deben ser apropiados para el ejercicio especial, no sólo en lo que se refiere al patrón de la coordinación sino también por lo que respecta a la intensidad de la actividad neuromuscular. Esta última circunstancia tiene particular importancia para los ejercicios de velocidad-fuerza. Dicho de otro modo, la especificidad del calentamiento, como la especificidad del entrenamiento, también es importante (ver cap. 1).

Para examinar la necesidad de un calentamiento previo al ejercicio, es necesario echar un vistazo a varios temas importantes, incluidos el tipo de actividad, la duración de la actividad, la edad, las características individuales, la historia de lesiones y el perfil de actividad general. Franks presentó un resumen extenso sobre los estudios sobre el calentamiento (Williams, 1983):

- Los deportistas que participan en pruebas de gran intensidad y corta duración como en la halterofilia y el lanzamiento de pesos mejoran el rendimiento con el calentamiento.
- Un calentamiento vigoroso reduce el rendimiento de los deportes de resistencia
- Los deportistas que participan en pruebas de resistencia no obtienen muchos beneficios del calentamiento.
- Los calentamientos directos (actividades directamente relacionadas o parecidas a las del deporte) de intensidad y duración moderadas antes de la práctica de deportes explosivos mejoran el rendimiento de los deportistas entrenados, pero no necesariamente el de los deportistas desentrenados.
- Los calentamientos indirectos (actividades que no están relacionadas directamente con el deporte, como el ciclismo y los estiramientos) suelen mejorar el rendimiento si se mantienen a un nivel de intensidad baja.
- Casi todos los estudios que muestran que el calentamiento es perjudicial se sirvieron de personas desentrenadas que en apariencia no toleran los calentamientos de gran intensidad
- Los calentamientos agotadores e inespecíficos interfieren con los deportes que requieren habilidad motriz.
- La selección de un calentamiento adecuado depende de la experimentación personal con distintos métodos de entrenamiento.

El efecto retardado de la actividad muscular

Es sabido que, cuando un músculo es estimulado por una serie de impulsos, su actividad se enlentece más después del último que cuando es estimulado por un único impulso. Cualquier estímulo, sea momentáneo o no, deja huellas en el sistema nervioso. Las huellas del fenómeno del efecto retardado persisten durante cierto tiempo después de cesar la estimulación, lo cual revela el estado inerte relativo del sistema nervioso y su suma importancia en las actividades motrices (Pimenov, 1907; Pavolov, 1929; Orbeli, 1947). Estos fenómenos y los procesos de adaptación relacionados con ellos constituyen la base del desarrollo de la condición física de los deportistas. Determinan el aumento continuo de la forma física a pesar de la interrupción periódica del proceso de entrenamiento (Matveyev, 1964; Mateev, 1964; Zimkin, 1965).

Las investigaciones sobre el efecto retardado de la actividad muscular son contradictorias, sobre todo en las publicaciones occidentales. Por ejem-

Urheberrechtlich geschütztes Material

plo, se ha hallado un incremento directo y estadísticamente importante en la velocidad de un movimiento sin carga después de haber ejecutado el mismo movimiento con peso (Murray, 1959; van Huss et al., 1962). Por el contrario, otras investigaciones no han detectado tal efecto, a pesar de las afirmaciones subjetivas de los deportistas, según las cuales sus movimientos les resultaban más rápidos después de haber usado cargas (Nofsinger, 1963; Nelson Lamber, 1965). No se logró medir aumento alguno en los saltos verticales después de haber estado precedidos por ejercicios con sobrecargas (Stockholm y Nelson, 1965). Los resultados de los lanzamientos de peso incluso se resintieron después de lanzamientos preliminares con pesos más grandes (Bischke y Morehouse, 1950).

El efecto retardado ha sido estudiado más en detalle en las investigaciones rusas. Se ha señalado que la tensión isométrica preliminar tiene un efecto positivo sobre el trabajo dinámico subsiguiente. A pesar del cansancio que se siente después de una tensión isométrica, la eficacia del trabajo dinámico aumenta por lo general hasta un 20% cuando se compara con el trabajo ejecutado sin una tensión isométrica preliminar. Con la secuencia inversa de trabajo, los resultados empeoran (Shiedin y Kunevich, 1935; Vinogradov y Delov, 1938; Vereschagin, 1956; Farfel, 1964; Uflyand, 1965).

El efecto retardado se produce inmediatamente después de la tensión isométrica. La primera contracción dinámica sigue conservando alguna huella del influjo inhibidor, pero con la segunda contracción la fuerza aumenta bruscamente si la comparamos con su nivel inicial (Leinik, 1951; Vinogradov, 1966). Los datos muestran que la tensión isométrica en ciertas condiciones sirve como estímulo para el trabajo dinámico y desempeña un papel importante en el desarrollo de la fuerza muscular.

El trabajo dinámico con grandes pesos (p. ej., tensión alta con pocas repeticiones) también manifiesta un efecto retardado positivo en el sistema nervioso central (SNC), lo cual tiene un influjo tónico sobre el sistema motor y una mejora de la velocidad y la fuerza (Portnov, 1955; Ratov, 1957; Diachkov, 1961; Muravov & Tkachev, 1964; Letunov, 1965). En la práctica, el fenómeno del efecto retardado del trabajo de fuerza se emplea para aprovechar sus efectos inmediatos y retardados. Hay que señalar que se produce una mejora del rendimiento justo después de una fuerte tensión; p. ej., un efecto retardado inmediato. Además, la tensión de la fuerza preliminar intensa mejora los resultados en los ejercicios de salto (Fritsch, 1961; Ivanova, 1964; Markov, 1966) y de remo (Ermishkin y Vozniak, 1965; Chuprun, 1966).

Para los efectos retardados, la estimulación preliminar se emplea con el fin de mejorar el estado funcional del sistema neuromuscular durante la preparación del deportista para la competición o en el entrenamiento de velocidad-fuerza (Diachkov, 1961; Vrzhesnevsky, 1964; Khodykin, 1976). El efecto positivo se obtiene sólo si este estado aumenta hasta alcanzar un nivel óptimo de estimulación. La sobreexcitación del SNC tiene un efecto negativo sobre la precisión y coordinación de los movimientos, p. ej., la habilidad deportiva (Diachkov, 1961; Yakimova, 1964).

El fenómeno del efecto retardado en el sistema nervioso y su repercusión sobre el trabajo subsiguiente están influidos por muchos factores, en concreto, la fuerza del estímulo, el cansancio y el intervalo de tiempo que separa la actividad precedente de la actividad subsiguiente. Así, después del trabajo tónico (sentadillas con barra de pesas), se observan cambios en los parámetros de la curva de fuerza-tiempo F(t) y de la fuerza isométrica explosiva en una tarea controlada (extensión de piernas) (fig. 3.27):

- la fuerza máxima aumenta significativamente durante el primer minuto en torno al 25% del nivel inicial;
- después de 4 a 5 minutos la fuerza continúa creciendo hasta un 65%.

Urheberrechtlich geschütztes Material

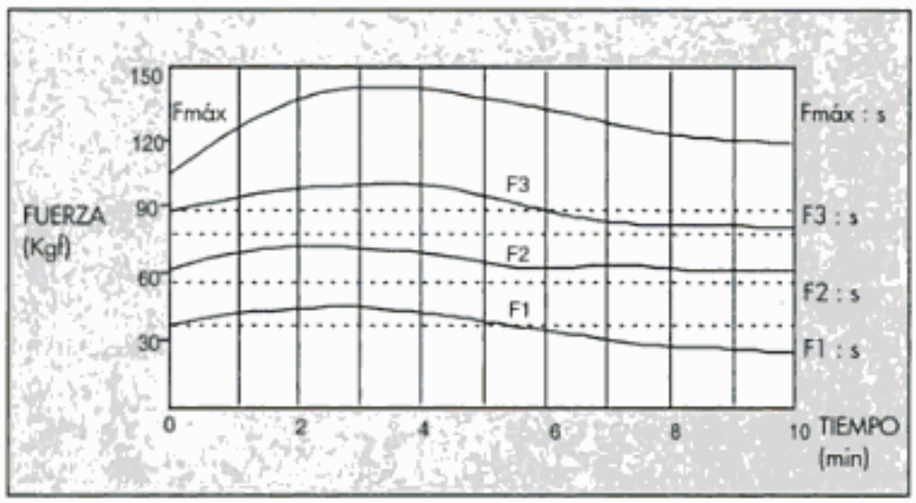


FIGURA 3.27 *La curva de fuerza-tiempo del esfuerzo isométrico explosivo conseguida con extensiones de pierna con distintas resistencias F1,..., Fmáx durante distintos momentos después de hacer sentadillas con barra de pesas. Las líneas discontinuas muestran los valores iniciales de la fuerza (p. ej., Fmáx: s se refiere al valor inicial de la curva Fmáx y F2: s es el valor inicial de la curva F2).*

La región inicial de la curva F(t) sufre cambios menos significativos, porque la intensidad y duración exceden ligeramente los niveles iniciales cuanto más próxima está la fuerza inicial a la ordenada de la F(t). El tiempo requerido para alcanzar la fuerza máxima se redujo en un 2,6% justo después del trabajo tónico y en un 4,6% después de 3-4 minutos (fig. 3.28). Más tarde comenzó a aumentar hasta exceder el nivel inicial (Tatian, 1964).

En el caso de deportistas de nivel medio, el incremento más alto (90%) de la fuerza dinámica después de un esfuerzo estático corresponde a una carga del 50% de 1 repetición máxima (1RM), mientras que los incrementos menores correspondieron a cargas del 25% de 1RM (6,7%) y del 100% de 1RM (5,8%). Con un aumento de la condición física, la mejora posterior al trabajo se produce con cargas grandes de hasta un 100% de la máxima (Ilin, 1961). Por consiguiente, con el aumento de la condición física y la fuerza del estímulo, la capacidad para obtener un efecto positivo subsiguiente también aumenta. Sin embargo, en principio, es necesaria la carga óptima y no la máxima para obtener la mayor mejora posterior al trabajo.

La fuerza del estímulo también determina el tiempo invertido en lograr una fuerza de levantamiento máxima y la duración del efecto retardado. Por tanto, desde un punto de vista práctico, el momento durante el que se inicia el trabajo subsiguiente tiene cierta importancia. Por ejemplo, la altura del salto vertical varía durante el periodo posterior al trabajo según la naturaleza del trabajo tónico (fig. 3.29). De 3 a 4 minutos después de haber ejecutado sentadillas con barra de pesas, la altura del salto estaba un 6,8% por encima de sus niveles iniciales, y 8-10 minutos después de saltos horizontales se situó un 8% por encima de los niveles iniciales (Tatian, 1964).

En experimentos realizados con tensión isométrica preliminar (Ilin, 1961) se alcanzó la máxima con mayor rapidez cuando se emplearon cargas del 25% de 1RM (tras 12 minutos), que con cargas del 100% de 1RM (tras 15,4 minutos) y del 50% de 1RM (tras 17,2 minutos). Las investigaciones han determinado que el intervalo de descanso óptimo entre series en la halterofilia (durante la presencia del fenómeno del efecto retardado en el SNC) es de 2-5 minutos, con un periodo de descanso que aumenta con la masa corporal del levantador (Ermolayev, 1937; Krestovnikov, 1952; Budze, 1959; Kazakov, 1961). Se ha determinado que los halterófilos que cronometran sus intervalos de descanso cuidadosamente comenten un 20% menos de fallos que los que no lo hacen (Klimonov, 1965).

El efecto retardado del trabajo de fuerza depende del volumen e intensidad de las cargas precedentes. Por ejemplo, un volumen moderado de ejercicios con barra de pesas produce un influjo tónico positivo sobre el sistema motor de los deportistas el día

Urheberrechtlich geschütztes Material

siguiente o 2 días después (Diachkov, 1961). El empleo de saltos horizontales (pliométricos) como medio de estimulación retrasó este efecto 5-6 días (Verkhoshansky, 1963; Khodykin, 1976).

El empleo del fenómeno del efecto retardado ofrece oportunidades interesantes para incrementar la eficacia de la preparación de la fuerza por medio de un volumen más limitado de trabajo de entrenamiento. Deportistas y entrenadores poseen un gran potencial de creatividad que puede enriquecer mucho la teoría y la práctica del entrenamiento deportivo.

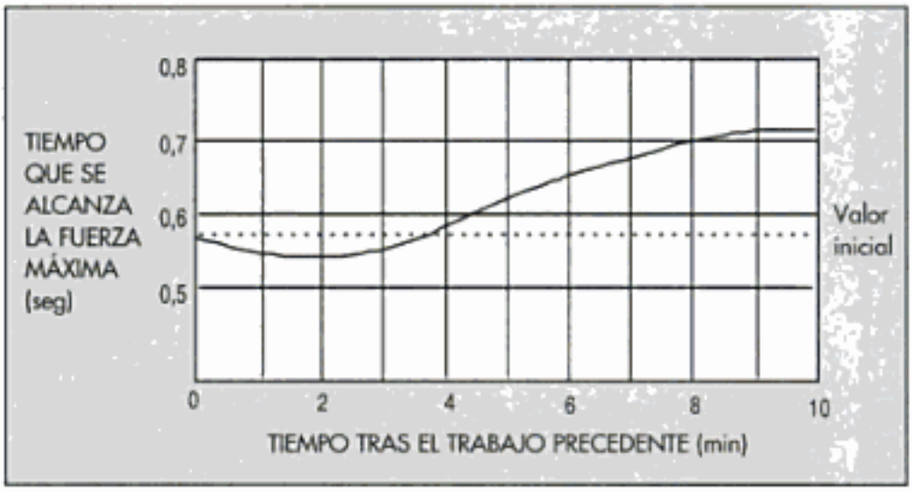


FIGURA 3.28 *Variación en el tiempo invertido en la producción de fuerza isométrica máxima en tiempos distintos después de un trabajo tónico precedente.*

Movimiento adicional

Algunos entrenadores experimentados determinan la maestría de los esprinters mediante la acción de las mandíbulas. Si los dientes permanecen apretados y la cara refleja una acusada tensión durante la carrera, entonces el nivel de pericia se considera bajo. Si la mandíbula está relajada y la cara tiene una expresión calmada, entonces los movimientos son fluidos, no forzados y el deportista desarrolla su habilidad para correr con rapidez. Aunque es subjetivo, se trata de una evaluación razonablemente precisa de la maestría en los movimientos cíclicos cuando los músculos trabajan en una secuencia rápida de tensión y relajación. Desde el punto de vista clínico, esta observación parece relacionarse, al menos en parte, con el síndrome de la ATM (articulación temporomandibular) que alguna vez tratan los fisioterapeutas para aliviar la tensión muscular en distintas partes del cuerpo distantes de la mandíbula.

Sin embargo, en los movimientos cíclicos que requieren el desarrollo de mucha fuerza, no es posible evaluar la pericia de este modo. En este caso, la fuerza muscular se concentra en una contracción única e instantánea durante la cual hasta los músculos antagonistas anatómicos actúan como sinergistas. En estas condiciones, el así llamado movimiento adicional contribuye a aumentar el resulta-

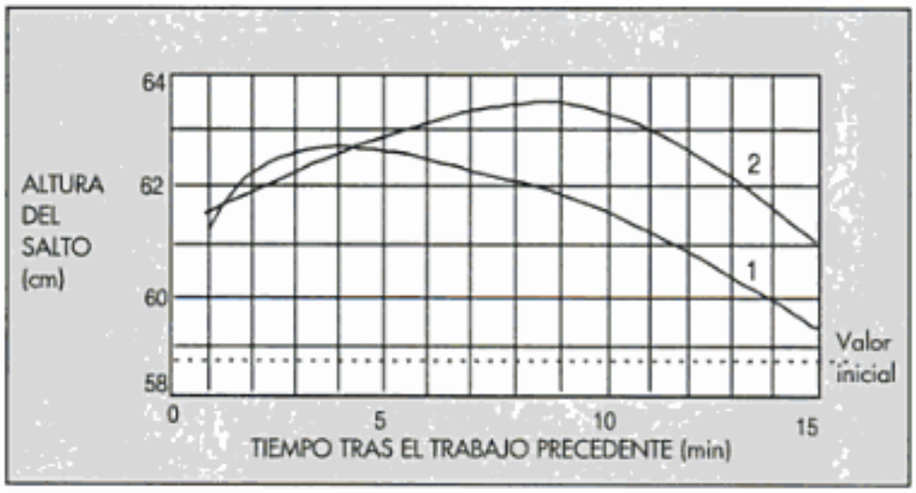


FIGURA 3.29 *Cambio en la altura de un salto vertical ejecutado después de distintos tipos de trabajo tónico. 1 = sentadillas con barra de pesas; 2 = despegue después de un salto horizontal.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

do del trabajo. En la FNP fisioterapéutica (ver cap. 7), este fenómeno se considera como una secuencia de lo que se denomina desbordamiento o irradiación de los músculos más fuertes a los más débiles o fatigados (Knott y Voss, 1968).

La actividad muscular (un indicador de la excitación eléctrica) depende no sólo de los procesos que se producen en los músculos impulsores primarios, sino también del estado de los otros grupos musculares. Tanto los movimientos con carga como sin ella generan una actividad eléctrica en la musculatura sin ejercitar del cuerpo (Farfel, 1961; Levin, 1964; Sills y Olson, 1958). Además, la fuerza y la resistencia de los músculos del brazo que ejecuta el trabajo dinámico aumentan de forma significativa al incluir otros músculos esqueléticos en dicho trabajo (Gorbunova y Khabarova, 1955; Mukhamedova, 1958). La ejercitación de los músculos en una parte del cuerpo provoca un incremento de la fuerza del lado sin ejercitar; p. ej., el ya famoso efecto del «cross training» (Wissler y Richardson, 1900; Davis, 1942; Hellebrant et al., 1947; Laun, 1954; Enoka, 1988).

Así pues, un movimiento adicional que no sirva para incrementar la economía de la acción motriz, tiene un valor fisiológico específico y su efecto sistemático puede ser muy útil.

La combinación de dos o varios grupos de músculos implicados simultánea o secuencialmente ofrece varias ventajas. La cantidad de fuerza desarrollada por el brazo derecho está muy influenciada por los músculos que intervienen en el movimiento adicional: una contracción momentánea de los músculos extensores del codo incrementan la fuerza y la velocidad de los flexores del codo derecho hasta un grado superior que una contracción de los músculos flexores del codo (Mukhammedova, 1958). Si durante la flexión rítmica del brazo derecho, los músculos extensores del izquierdo se tensan momentáneamente, entonces la capacidad de trabajo del brazo derecho se incrementa entre un 39% y un 42%; y si se tensan los músculos flexores del brazo izquierdo, la capacidad de trabajo disminuye entre un 8% y un 22%. Tensar los músculos extensores del brazo izquierdo cuando se cansan los flexores del derecho aumenta la capacidad de este brazo para trabajar más. Tensar los flexores del brazo izquierdo no tiene ningún efecto en este caso (Popov, 1938).

Así pues, el cambio en la capacidad de trabajo de un grupo de músculos mediante el reclutamiento de otros en el trabajo depende de muchos factores y varía en distintas circunstancias. La condición física del deportista, el tipo de actividad muscular durante el trabajo adicional dinámico o estático, así como el aumento o disminución de la carga y del ritmo de trabajo influyen en el resultado del trabajo (Vinogradov, 1966). Por ello, en los experimentos de Mukhammedova, se obtuvo un efecto estimulador grande cuando el esfuerzo adicional del brazo izquierdo alcanzaba entre un 25% y un 33% del del brazo derecho.

Finalmente, los resultados están determinados por el estado funcional del sistema motor. Las investigaciones demuestran que, para obtener un efecto estimulador definitivo, el centro motor apropiado en el cerebro debe hallarse en un estado de excitación estable y de reactividad. La excitación de un centro neuronal estimula este proceso en otros centros motores cuando estos últimos se vuelven muy dominantes.

Así pues, la tensión en los grupos musculares adicionales aumenta la excitabilidad del centro dominante debido a los impulsos aferentes que proceden de ellos y mejora el proceso efector de los grupos de músculos fundamentales. La base de este fenómeno de dominio está clara: en los estadios iniciales del trabajo, cuando el dominio está todavía en formación, la implicación de otros grupos de músculos es contraproducente. El efecto sólo se manifiesta cuando ha pasado algún tiempo, cuando el dominio ya se ha establecido (Shatenstein y Yordanskaya, 1955).

En el deporte hay ejemplos en los que se produ-

Urheberrechtlich geschütztes Material

ce el efecto motor (mientras se emplea movimiento adicional) mediante el centro dominante y los factores mecánicos. Esto se observa en ejercicios que comprenden despegar del suelo desde un soporte y mediante un movimiento rotatorio (p. ej., en el salto de pértiga). En este caso, la concentración de la excitación muscular, crucial para la aceleración rotatoria de las articulaciones del cuerpo, mejora la excitación del centro dominante, con lo que implica el elemento clave del despegue, es decir, la acción de los músculos extensores. Al mismo tiempo, la fuerza reactiva resultante de la extensión de los músculos durante la fase de amortiguación aumenta la potencia de los músculos que ejecutan el despegue (por ejemplo, una media del 25% en los saltos verticales). Por tanto, el movimiento adicional es un ejemplo de la capacidad de adaptación del cuerpo, que desempeña un útil papel cuando se hace necesario producir una tensión máxima. Está claro que debe ocupar un puesto en el entrenamiento de la fuerza.

Movimiento preparatorio

Si se intenta ejecutar un salto vertical partiendo de una media sentadilla, pronto resulta claro que es muy difícil realizarlo sin un movimiento preliminar. Se necesita bastante tensión muscular para impedir hacer el movimiento preparatorio natural que consciente o inconscientemente el deportista hace cada vez que se dispone a ejecutar una acción que requiera la producción de fuerza.

El movimiento preparatorio es distinto en cada caso específico, dependiendo de la situación y la tarea motriz dada. Sin embargo, el objetivo sigue siendo el mismo; p. ej., aumentar el límite de trabajo y preparar los músculos para realizar esfuerzos más potentes. Esto último se consigue estirando los músculos, lo cual produce un fuerte impulso motor mediante el reflejo miotático y crea una tensión elástica adicional.

El hecho de que la tensión muscular preliminar preceda a un esfuerzo que requiere la producción intensa de fuerza ha sido apreciado en varias investigaciones con análisis de EMG (Salchenko, 1960; Kotelnikov, 1966; Popov, 1968; Asmussen y Bonde-Peterson, 1974). Está claro que no debemos llegar a la conclusión de que la tensión muscular preliminar siempre es necesaria para la ejecución de los ejercicios. La tensión preliminar a veces es apropiada cuando está bien calculada y precede inmediatamente al resultado del trabajo o cuando se realiza durante el movimiento preparatorio y su magnitud es óptima. Así pues, a veces es apropiado emplear movimientos preparatorios cuando es necesario producir mucha fuerza y velocidad, así como para mejorar la economía de una acción motriz.

Coordinación del trabajo muscular

Incluso con movimientos relativamente sencillos, se puede producir el mismo efecto mediante diferentes combinaciones de los músculos implicados. Se observó la existencia de un efecto de trabajo típico en el trabajo muscular no estándar, en el cual el desarrollo externo de este resultado de trabajo típico varía con la amplitud, velocidad y fuerza del movimiento (Fidelius, 1959; Zhukov y Zakhariants, 1960; Zimkin, 1962; Ratov, 1962). Así pues, el impulso (F.t) del despegue del salto vertical varía según la fuerza F y la duración t de su acción. Cuanto mejor es la forma física del deportista, más estable es la magnitud del impulso y más estable es la distribución de la fuerza en el tiempo (Verkhoshansky, 1963; Arutyunyan, 1964). Por tanto, durante un ejercicio dado, las variantes ineficaces y débilmente eficaces de la acción muscular que contribuyen al movimiento se distinguen de las combinaciones más eficaces (Zimkin, 1962; Korobova, 1964). Los deportistas bien entrenados emplean sólo aquellas combinaciones que les permiten usar su potencial motor con mayor eficacia.

Los cambios en el carácter de la actividad muscular durante la ejecución de movimientos se produce de varias formas posibles (Averianov, 1963; Moikin, 1964):

Urheberrechtlich geschütztes Material

TABLA 3.9 *Media de la fuerza de los palistas (en kgf) y porcentaje de empleo de la fuerza absoluta en distintas fases de la palada.*

Fase de palada	Clase III	Clase II	Clase I	MD
Comienzo	128 34%	131 31%	134 32%	143 33%
Medio	119 27%	124 26%	130 27%	128 29%
Final	112 26%	116 24%	118 25%	126 26%

(MD = Maestría deportiva; III, II y I se refieren a los niveles en aumento de la Maestría deportiva).

- cambio en la secuencia de los distintos grupos musculares que participan en el movimiento;
- cambio en el número de grupos musculares que participan en el movimiento;
- cambio en el grado relativo de participación de los distintos músculos en el movimiento.

En la ejecución de movimientos cíclicos, cambia la duración de las fases de descanso activo y relativo (Kuchin, 1960; Ratishvili, 1966) y la contribución máxima pasa de un grupo de músculos a otro (Lazareva, 1966; Absalyamov, 1968).

Los movimientos relacionados con la superación de una resistencia grande o ejecutados a gran velocidad suelen implicar como una característica propia la participación de los músculos de las articulaciones próximas (Ivanitsky, 1956; Lebedev, 1962; Moikin, 1964) y producen una diferenciación en la actividad de las distintas partes del músculo (Averianov y Shibanov, 1964).

En los movimientos multiarticulares complejos, la fuerza resultante no equivale a la suma de las tensiones máximas individuales de las que son capaces cada uno de los grupos musculares. Por ejemplo, la mayor fuerza que un palista desarrolla se produce al comienzo del movimiento, aunque en este instante las piernas trabajan en un ángulo poco ventajoso para las articulaciones de la rodilla y la cadera (tabla 3.9). Sin embargo, el porcentaje de empleo de la fuerza absoluta (la suma de la fuerza máxima que los músculos de los brazos, torso y piernas desarrollan individualmente) es mayor en este momento (Egorov, 1966).

Así pues, las condiciones de desventaja para el trabajo de un músculo se pueden compensar con las condiciones más ventajosas para el trabajo de otro mediante la eficaz combinación de acciones contributorias (en este caso, los músculos de la espalda).

El aspecto más importante de la coordinación muscular en los ejercicios de velocidad fuerza es el incremento de la fuerza en los estadios biomecánicamente cruciales del movimiento. En concreto, una de las características más típicas de las capacidades motrices es el incremento de la fuerza muscular cuando es necesario el énfasis dinámico en un acto motor complejo para aumentar el resultado total del trabajo.

Eficacia del consumo de energía

La eficacia con la que un deportista ejecuta un movimiento dado tiene un profundo efecto sobre el empleo funcional de la fuerza, la velocidad-fuerza, la fuerza-resistencia y todos los componentes de la forma física. El consumo de energía de una persona se ve afectado no sólo por la eficacia neuromuscular, sino también por factores como la masa corporal y el tipo de ejercicio.

Por ejemplo, el ritmo de consumo de energía de los halterófilos de clase I-III varía desde 4,1 kilojulios/minuto en la división de 56 kg hasta 19,2 kJ/min en la división de +110 kg, mientras que la media de consumo de energía, después del calentamiento, es 116 kj/min para los halterófilos de clase

Urheberrechtlich geschütztes Material

I-III en todas las divisiones según la masa corporal (Vorobyev, 1978). El consumo de energía tiende a disminuir con el nivel de maestría deportiva, lo cual subraya la importancia de mejorar las capacidades del movimiento en el entrenamiento físico.

TABLA 3.10 *Ritmo de consumo energético de halterófilos de distinta masa corporal y niveles diferentes de clasificación en kilojulios por minuto (basado en Vorobyev, 1978).*

Categoría	56 kg	60 kg	67,5 kg	75 kg	82,5 kg	90 kg	> 90 kg
I -III	9,9	11,4	13	13,9	15,1	17,2	23
MD	7,5	9,8	13,1	12,9	12,2	14,8	19,2

MD = Maestría deportiva.

En las tablas 3.10 y 3.11 se muestra con claridad que los competidores de elite emplean la energía con mayor eficacia que los deportistas de rango inferior.

La última columna de la tabla 3.11 muestra que el consumo relativo de energía (p. ej., energía por unidad de masa corporal) es mayor en los ejercicios que requieren el empleo de una masa muscular menor.

Por ejemplo, la arrancada en dos tiempos, que emplea gran número de músculos del cuerpo, es el ejercicio más económico en relación con la masa corporal de la selección hecha arriba, mientras que el press desde el soporte es el que más consume, pues los músculos impulsores primarios son los más pequeños de los brazos. Sin embargo, en términos de consumo absoluto de energía, en los ejercicios en los que se emplean los músculos de mayor masa es donde más consumo de energía se realiza (tabla 3.12). Saber la cantidad de energía que se consume en la ejecución de los ejercicios principales es útil para planificar las sesiones de entrenamiento y evitar el sobreentrenamiento.

Sin embargo, un cálculo simplista del consumo de energía como el que se hace en los libros de entrenamiento deportivo popular o de deducción del peso corporal puede resultar muy engañoso, porque no suelen tener en cuenta el efecto de los intervalos de descanso entre los ejercicios o entre las sucesivas sesiones de entrenamiento. Por ejemplo, no está justificado el igualar los dos distintos tipos de sesión de entrenamiento sólo porque se empleen consumos de energía virtualmente idénticos. Una de estas sesiones puede haber sido dedicada a la halterofilia mediante el empleo de pesos moderados en competiciones superiores con periodos de descanso cortos, mientras que el otro puede haber sido una sesión de halterofilia olímpica previa a una prueba mediante el empleo de pesos cuasimáximos con muy pocas repeticiones y con largos periodos de descanso entre repeticiones y series.

TABLA 3.11 *Gasto relativo de energía en calorías por kg de masa corporal con una repetición única de varios ejercicios (basado en Vorobyev, 1978). En todos los ejercicios, excepto las flexiones, la barra tenía una carga del 80% de 1RM; las flexiones se realizaban con una carga equivalente al 100% de la arrancada y el envión respectivamente.*

Ejercicio	Levantador con rango (cal/kg)	Levantador de elite (cal/kg)	Media de ambos grupos (cal/kg)	Media relativa a la arrancada en dos tiempos (%)
Arrancada con sacudida	83.5	51.0	67.2	117
Arrancada	73.3	57.0	66.6	116
Cargada con sacudida	78.0	50.4	64.2	112
Arrancada de fuerza	78.0	62.9	70.4	122
Arrancada en dos tiempos	66.5	48.6	57.2	100
Cargada y press	70.0	49.0	59.9	104
Press contra rack	214.0	146.9	180.4	313
Sentadilla tras nuca	88.5	68.5	79.0	137
Sentadilla post nuca	126.3	88.0	107.2	186
Press de banca	215.0	126.0	107.2	295

Urheberrechtlich geschütztes Material

TABLA 3.12 *Consumo absoluto de energía con 1RM en distintos ejercicios de halterófilos de distinta clasificación expresado en kilocalorías (basado en Vorobyev, 1978).*

Ejercicio	Levantador con rango	Levantador de elite	Media de ambos
Cargada con sacudida	11,0	8,2	9,6
Press de banca	12,2	8,8	10,3
Press contra rack	11,1	10,1	10,6
Cargada con sacudida	12,2	9,3	10,8
Sentadilla tras nuca	11,3	11,0	11,1
Cargada de fuerza	12,7	11,3	12,0
Arrancada	12,7	11,6	12,2
Sentadilla post nuca	11,8	12,7	12,3
Cargada & press	13,1	11,8	12,5
Arracada en dos tiempos	15,5	13,7	14,6

El entrenamiento óptimo frente al sobreentrenamiento no sólo es consecuencia del cálculo de la cantidad apropiada de energía consumida debido a que intervienen muchos sistemas corporales distintos en la producción del trabajo. Las investigaciones occidentales han prestado escasa atención a las diferencias en el consumo de energía entre los deportistas de distinto nivel de experiencia y grado de cansancio, y aplican universalmente las tablas de uso energético o calórico sin plantearse dudas al respecto. Los problemas aumentan debido a que no hay investigaciones que hayan podido cuantificar las diferencias entre el cansancio neuronal, cardíaco y muscular en cualquier actividad.

El sobreentrenamiento no es un síndrome único y por lo general se considera que comprende una sobrecarga (intensidad o carga excesivas) y un sobreuso (producción excesiva de trabajo), por lo que no puede valorarse únicamente sobre la base del consumo de energía. Un entrenamiento que consista en unos pocos intentos máximos puede desarrollar un tipo de sobrecarga o sobreentrenamiento con mayor rapidez que una sesión mucho más larga compuesta de múltiples series con pesos moderados. Incluso así, la sobrecarga puede ser consecuencia de emplear una técnica inadecuada que impone una tensión mayor (fuerza por área de unidad) sobre una estructura corporal que el entrenamiento con cargas máximas. Este tema se tratará en detalle más adelante (cap. 8).

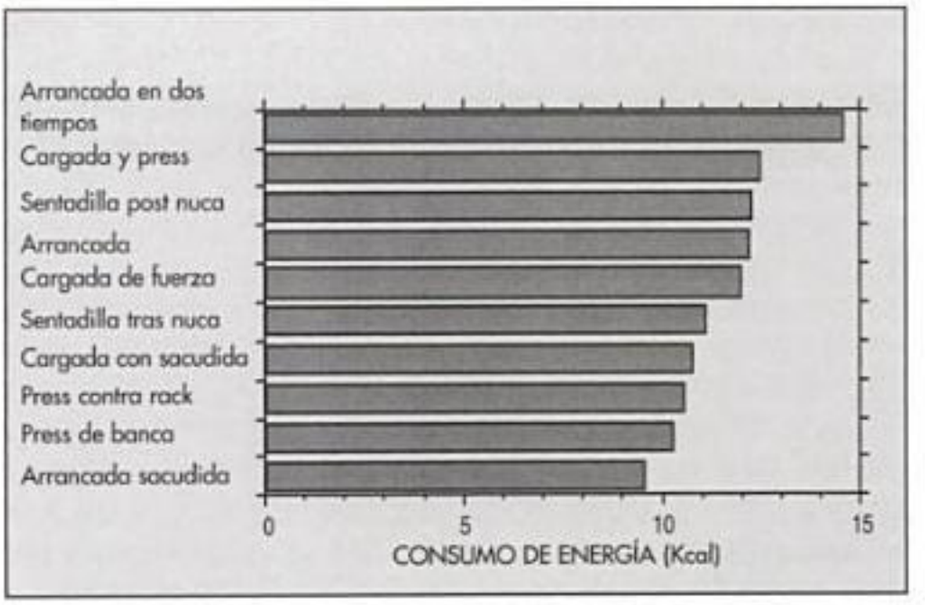


FIGURA 3.30 *Media del consumo de energía con 1RM en distintos levantamientos mediante una sección transversal de los levantadores de distinto nivel de clasificación.*

El incremento del consumo de energía en los distintos levantamientos se ve con mayor claridad gracias a la información facilitada por la tabla 3.12 y expresada gráficamente (fig. 3.30).

El consumo de energía en las sesiones de entrenamiento con grandes resistencias se caracteriza por cargas cortas de intensa actividad combinadas con periodos de descanso más largos. A menos que el entrena-

Urheberrechtlich geschütztes Material

miento sea para desarrollar la resistencia muscular, las cargas continuas durante periodos de tiempo prolongados son inadecuadas y suele ser necesario introducir intervalos en el entrenamiento. Esto queda confirmado por el hecho de que, durante una sesión de entrenamiento que dure entre 1,5 y 2,5 horas, el trabajo físico real es de 5 a 12 minutos. También es interesante apreciar que el consumo específico de energía en un ejercicio en el que se practica una serie de repeticiones únicas es un 35% mayor que en una serie continua de varias repeticiones con la misma carga.

Dicho de otro modo, el entrenamiento de intervalos con una serie de esfuerzos concentrados únicos impone demandas mayores sobre el cuerpo que un entrenamiento continuo, como se hace en los circuitos de entrenamiento tradicionales del culturismo. Con mucha frecuencia, el método continuo de entrenamiento permite apoyarse más en el impulso y en la energía elástica almacenada en los tendones. También tiende a minimizar la cantidad de entrenamiento excéntrico, de fuerza inicial e isométrico. Esto explica por qué es mucho más difícil ejecutar una serie de press de banca o sentadillas cuando la carga se deja un momento en el soporte entre cada repetición, en vez de realizar el mismo número de repeticiones de manera continua.

La emoción y otros factores psicológicos

La actividad muscular, incluido el desarrollo de la fuerza, no es un hecho aislado de los procesos psicológicos, sino que está estrechamente relacionado con el nivel de motivación y los objetivos del deportista. Este objetivo es la reacción básica del deportista ante una situación en la que ejecuta sus tareas deportivas. Es característico que se prepare para realizar una actividad y constituye un factor principal a la hora de determinar los resultados del rendimiento en todo tipo de deportes.

Contar con un buen estado psicológico cuando se realizan acciones está relacionado con los receptores sensoriales que facilitan una percepción adecuada de los estímulos y que, por medio de las unidades motoras, determina la acción muscular. El objetivo motor del deporte, que prepara el cuerpo del deportista para la acción, está influido por la situación y las instrucciones del entrenador, y determinan en gran medida la tarea motriz (Ozolin, 1949; Shoikhet, 1966; Eremin, 1968). La formación de tales «sintonizadores» crea un requisito previo para lograr un rendimiento óptimo.

Así pues, una orden verbal preliminar sobre el peso de una carga puede cambiar el tono de los músculos activos. Por ejemplo, las palabras «carga pesada» aumentan la tensión de los músculos activos de los brazos, mientras que las palabras «carga ligera» disminuyen el tono de esos mismos músculos (Farfel, 1961). Las investigaciones también han demostrado que, en ciertas condiciones, la hipnosis aumenta la fuerza muscular un 22,5% o la disminuye un 31,7% (Ikai & Steinhaus, 1961). Unas instrucciones correctas pueden tener un efecto significativo sobre la fuerza cuando orientan al deportista sobre la forma en que tiene que ejecutar el movimiento subrayando ciertas características o mejorando la coordinación. Esto puede asegurar una combinación óptima de fuerza, velocidad y amplitud de movimientos de velocidad fuerza para producir un efecto máximo en un estado funcional dado.

Sin embargo, la guía activa de la acción ayuda a producir una combinación eficaz con mayor rapidez. Los deportistas con poca experiencia ejecutan el despegue con más lentitud o rapidez de la usual después de un salto horizontal (tabla 3.13), lo cual lleva a aumentar o disminuir respectivamente la altura alcanzada (Verkhoshansky, 1963).

Una instrucción cualificada asegura que haya una utilización máxima de la fuerza mediante una distribución más eficaz del esfuerzo muscular. Por ejemplo, en un entrenamiento experimental se informó a los palistas sobre la magnitud de la fuerza desarrollada mediante la suma de la acción de todos los músculos durante las fases inicial, media y final de la palada. Se les pidió a continuación que

Urheberrechtlich geschütztes Material

TABLA 3.13 *Influjo de los distintos objetivos motores sobre la altura del salto (h) y el tiempo del despegue (t).*

Mediciones	Objetivo motor								
	Despegue habitual			Despegue lento			Despegue rápido		
h (cm)	68	69	69	73	70	73	57	67	68
t (seg)	0,240	0,260	0,245	0,310	0,345	0,310	0,160	0,220	0,230

repitieran el esfuerzo en estas posiciones mediante el aprovechamiento de las ventajas sobre la fuerza de los grupos de músculos relevantes. Todos los palistas aumentaron sus marcas de fuerza durante las fases de paleo (tabla 3.14), lo cual revela el valor de emplear una retroalimentación con este tipo de información (Egorov, 1966).

Estos ejemplos muestran la eficacia de las instrucciones cuando se basan en la estructura dinámica correcta del movimiento. Estos ejemplos también ponen de manifiesto la necesidad de tener en cuenta la calificación del deportista. Hay que señalar que la eficacia de las intrucciones decrece cuando mejora la calificación, ya que un deportista con el grado de maestría sabe movilizar su potencial con gran eficacia.

Las instrucciones siempre deben darse teniendo en mente un objetivo motor preciso y deben dividirse en dos tipos: heurísticas (lo que debe hacerse) y concretas (la forma de hacerlo). Dicho de otro modo, la instrucción heurística no es sino la descripción precisa de la estructura del movimiento. Se le encarga al deportista la tarea de desarrollar de forma individual una técnica específica para ejecutarla con la mayor eficacia. Las instrucciones específicas se concentran en el método apropiado para ejecutar detalles específicos de la acción desde el punto de vista del entrenador. El empleo combinado de estos tipos de instrucción por parte de entrenadores experimentados aumenta de forma invariable la eficacia de los ejercicios de fuerza.

La fuerza producida está bastante influida por el estado emocional. Las emociones positivas y fuertes pueden aumentar de forma inmediata y hasta cuatro veces la energía de contracción muscular (Vinogradov, 1966). En el deporte, las observaciones han demostrado que las actividades realizadas en grupo producen mejores resultados que las actividades individuales (Gurnee, 1937; Abel, 1938; Weyner y Zeaman, 1956; Beasley, 1958; Cratty, 1965). La presencia de espectadores también incrementa la eficacia de la actividad motriz (Gates, 1924; Lazaruc y otros, 1952; Cratty y Hutten, 1964), siendo los principiantes los que muestran un mayor nivel de mejora frente a los deportistas avanzados (Singer, 1965). Así pues, un entrenamiento dirigido con cuidado crea un fondo emocional específico que hace que el trabajo de fuerza sea más productivo.

TABLA 3.14 *Media de la fuerza de paleo (en kgf) con distintas clases de palistas después de haber recibido instrucciones sobre la redistribución del esfuerzo.*

Fase del paleo	Clasificación			Maestría deportiva
	Clase III	Clase II	Clase I	
Inicial	6,3	10,2	8,8	3,8
Media	19,4	10,7	12,5	17,5
Final	19,3	13,8	21,3	15

Efecto de la aplicación de frío

La capacidad de trabajo aumenta con distintos estímulos sensoriales, siendo un efecto agudo el que se ejerce mediante la aplicación de frío en ciertas partes del cuerpo. Los efectos benéficos del calentamiento

Urheberrechtlich geschütztes Material

fueron tratados con anterioridad, pero pocos saben que el empleo apropiado del frío tiene un influjo similar, aunque no como forma de preparación previa al ejercicio.

Por ejemplo, en 1957 Michael llegó a la conclusión de que las duchas frías aumentaban la capacidad de trabajo, efecto que es mayor en el caso de los deportistas entrenados que entre las personas normales (Vorobyev, 1978). Como respaldo a los experimentos con halterófilos rusos, Vororbyev cita los hallazgos de Happ (1947), Rosen (1952) y O'Rolev (1956), que muestran que las compresas frías colocadas sobre el abdomen de los deportistas durante los intervalos entre los ejercicios mejoran el rendimiento. También halló una mejora parecida en el rendimiento de los halterófilos a los que se les pasaba una esponja con agua fría en los intervalos entre levantamientos durante la competición. Sugiere este autor que la contracción muscular inducida por los escalofríos aumenta la actividad de las glándulas suprarrenales y genera una reacción del sistema nervioso central mediante una excitación periférica que contribuye a producir este efecto.

Por lo que se refiere a la investigación anterior, parece claro que la aplicación de frío fue corta en cada caso; la exposición prolongada al frío, que disminuye la temperatura de los músculos o la temperatura central, está claramente contraindicada como ayuda ergogénica. La aplicación más prolongada (5-15 minutos) de frío con hielo puede ser muy eficaz en el tratamiento de los músculos y otros traumatismos de los tejidos blandos.

Respiración y producción de fuerza

La respiración normal es un acto involuntario al que las personas normales prestan muy poca atención; sin embargo, el patrón, la duración y el ritmo de respiración son todos ellos factores que tienen un profundo efecto sobre la producción de fuerza en una situación dada. Por ejemplo, la maniobra de Valsalva relacionada con aguantar la respiración desempeña un papel vital en el incremento de la presión intraabdominal para sujetar y estabilizar la región lumbar de la columna durante los levantamientos pesados. La importancia de los músculos abdominales y oblicuos en su papel de corsé anatómico es obvia. Se ha confirmado en muchas ocasiones que la tensión sobre la columna disminuye durante los movimientos con cargas de resistencia alta y que la espiración durante los levantamientos aumenta el riesgo de sufrir una lesión lumbar. Así pues, es desaconsejable seguir el consejo médico tan popular de que hay que exhalar el aire cuando se haga un esfuerzo y, si bien esto es apropiado para los pacientes con cardiopatías o hipertensión, en el caso de deportistas que hacen levantamientos muy duros con sentadillas o haciendo press por encima de la cabeza, puede poner en peligro la estabilidad y seguridad de la columna vertebral.

Además, las acciones deportivas habituales como los saltos, lanzamientos o empujones a contrincantes, golpear pelotas, ponerse de pie o dar patadas suelen provocar que los deportistas aguanten la respiración, puesto que mejoran el rendimiento y la precisión del control en los movimientos cortos. En el tiro con arco y con pistola, la estabilidad y la precisión están íntimamente relacionadas con breves fases durante las que se aguanta la respiración. Otra investigación ha demostrado que las acciones de velocidad-fuerza mejoran cuando el volumen de aire en los pulmones se mantiene en torno al 75% de su capacidad máxima (Vorobyev, 1978).

En contra de lo aportado por estos estudios, se realizó una investigación en la que se investigó con mayor precisión la relación existente entre las diferentes fases de los movimientos de la halterofilia y la respiración (Blokin & Monastirskii, 1985). Recurriendo a un grupo de 34 halterófilos de gran nivel, se registró biomecánicamente el movimiento de la barra durante la ejecución de ejercicios de arrancada en dos tiempos, y se monitorizaron los patrones respiratorios con un espirómetro electrónico. Se les exigió a los deportistas que realizaran varias repeticiones con levantamientos entre el

Urheberrechtlich geschütztes Material

60% y el 90% de 1RM y se registró el volumen de aire inhalado y exhalado durante todas las fases del movimiento. El conjunto de los resultados se representó gráficamente y se identificaron tres principales variantes en los levantamientos (fig. 3.31). Además de confirmar que todos los levantadores aguantaban la respiración durante el tirón desde el suelo y durante el envión, se halló que cuando respiraban en otros estadios del levantamiento, el volumen de exhalación siempre excedía al de inhalación al menos en 125 ml.

Mientras respiraban teniendo la barra descansando sobre el pecho antes de proceder con el envión, el volumen de inhalación era 1.620+280 ml. y el de exhalación 1.454+301 ml., mientras que la duración de la exhalación e inhalación eran respectivamente 1,07+0,09 y 0,86+0,07 segundos. En el caso de las variantes B y C, los valores de la exhalación e inhalación durante la fase de fijación de la barra por encima de la cabeza fueron 1.263+192 ml. y 1.138+239 ml., con duraciones de 0,81+0,07 y 0,74+0,08 segundos. El volumen respiratorio sostenido al final de la fase de fijación de la barra fue 391 ml. menos que el que se aguanta al comienzo del tirón inicial desde el suelo. Se llegó a la conclusión de que la variante B es la óptima para producir un esfuerzo máximo; la variante A es necesaria cuando hay que introducir correcciones en la técnica durante el levantamiento, y la variante C es característica de los levantamientos submáximos que no exigen que el deportista llegue al límite. Resultados parecidos se observaron en el caso de la arrancada, y se puede llegar a la conclusión de que las mismas variantes se producen durante muchos de los otros levantamientos del entrenamiento.

Por consiguiente hay que recomendar que el acto de aguantar la respiración preceda y acompañe a la ejecución de esfuerzos máximos, a lo cual debe seguir un breve proceso de exhalación e inhalación, a menos que haya que hacer reajustes técnicos, en cuyo caso hay que seguir aguantando la respiración. Los ejercicios con cargas submáximas se ejecutan con fases más largas de lo normal de exhalación e inhalación y con fases más cortas en las que se aguanta la respiración. No es aconsejable respirar con rapidez o generar una hiperventilación corta, ni una inhalación máxima y forzada de aire para producir un esfuerzo máximo en cualquier fase de un levantamiento.

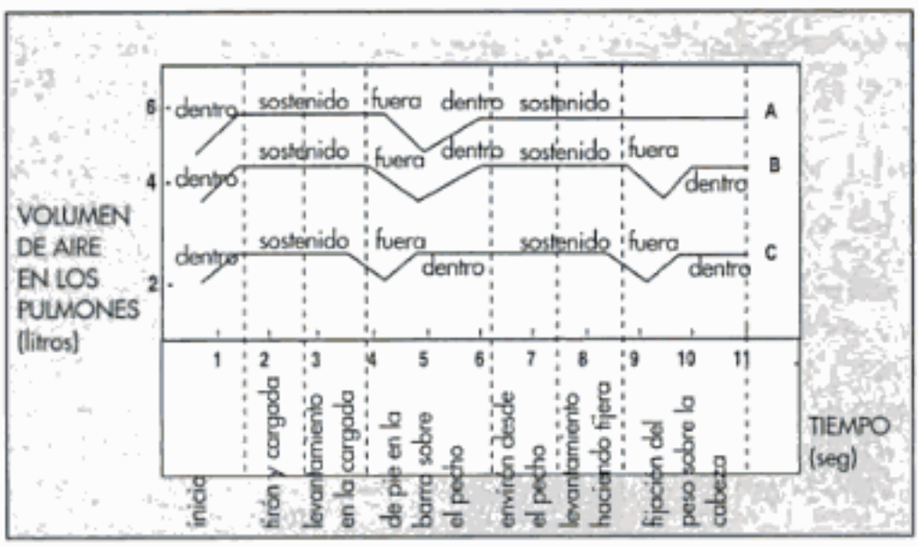


FIGURA 3.31 *Relación típica entre las fases del movimiento y la respiración durante la arrancada en dos tiempos. A, B y C son las variaciones principales del levantamiento. El eje vertical muestra el volumen de aire inspirado en los pulmones.*

Desarrollo de la fuerza y la propiocepción

La fuerza, la eficacia y la seguridad en los movimientos están determinadas por factores neuromusculares, en concreto, por el sentido de la cinestesia y por los mecanismos propioceptivos que nos informan sobre dónde están todos los componentes de nuestro sistema musculoesquelético y de qué están haciendo unos respecto a otros en el espacio y en el tiempo. La integración de la información procedente de todos los demás

Urheberrechtlich geschütztes Material

sentidos (vista, oído, y tacto en particular), junto con la información propioceptiva, nos permiten ejecutar un movimiento dado de la forma más apropiada por lo que se refiere al patrón, la velocidad, la aceleración y el tiempo. Esto supone la coordinación entre el ojo y la mano, entre el ojo y el pie o el cuerpo, procesos que reciben mucha atención en el entrenamiento técnico. Sin embargo, se suele dedicar poco tiempo al entrenamiento específico de la propiocepción, incluso cuando su importancia es central para el sistema de rehabilitación de la fisioterapia y se conoce como FNP (facilitación neuromuscular propioceptiva) que se estudiará más adelante en detalle.

Una forma de mejorar la eficacia propioceptiva es disminuir o bloquear la entrada de los otros sistemas sensoriales, tal es el caso de la vista. El entrenamiento con pesos o incluso ejecutando movimientos olímpicos o del powerlifting con los ojos vendados puede ser una forma valiosa de mejorar las capacidades técnicas y producir fuerza o potencia con mayor eficacia. Las investigaciones han demostrado que estar con los ojos vendados no interfiere con las actividades motrices; al contrario, se ha hallado que los ejercicios se ejecutan con mayor precisión y estabilidad cuando los ojos permanecen cerrados o se está a oscuras (Roman, 1986). El deportista recuerda mejor los ángulos articulares, el grado de tensión muscular, la amplitud de movimiento y los patrones de movimiento con los ojos cerrados y los reproduce con mayor facilidad. Por tanto, cuando los movimientos se realizan con los ojos abiertos, la sensibilidad motriz mejorada del deportista se preserva y mejoran sus capacidades técnicas.

Durante el entrenamiento normal, el deportista permanece en gran medida ajeno a sus errores y suele suponer que ejecuta el ejercicio correctamente. Cuando los ejercicios se hacen con los ojos vendados, la sensibilidad propioceptiva aumenta y hace posible que el deportista tenga una «visualización» interna más eficaz de su técnica, lo cual le permite corregir los errores con más facilidad.

En la práctica, los ojos permanecen cubiertos con una tela oscura y suave, para lo cual son muy adecuados los cubreojos que muchas líneas aéreas proporcionan en los vuelos nocturnos. El deportista adopta la posición inicial varias veces para familiarizarse con la postura y el equilibrio, y el entrenador hace las correcciones táctiles y verbales que sean necesarias. A continuación, el deportista ejecuta el movimiento completo con pesos ligeros y los ojos descubiertos, luego cubiertos, hasta que la acción se desarrolle con naturalidad y estabilidad. El entrenador le proporciona una guía constante y le corrige, y su papel disminuye a medida que aumenta la experiencia del deportista. El deportista emplea cada vez pesos mayores y sigue alternando movimientos con los ojos cubiertos y descubiertos, hasta que domina la acción con los ojos cerrados. Finalmente, cuando ha perfeccionado la técnica con los ojos cerrados, pasa a emplear pesos más elevados.

Puesto que el cuerpo está en contacto con la barra o el aparato durante todos los movimientos del entrenamiento con resistencia, es posible emplear esta técnica en todos los ejercicios de fuerza con pesos libres o máquinas. Con cierto ingenio para garantizar la seguridad y confianza del deportista, muchos movimientos (p. ej., saltos, pruebas de atletismo, natación y lanzamientos) se pueden realizar con los ojos vendados para mejorar la propiocepción. Esta técnica se usa también con éxito en la rehabilitación de lesiones; por ejemplo, un fisioterapeuta puede aplicar técnicas de FNP y patrones de movimiento estando el cliente con los ojos vendados.

FLEXIBILIDAD Y RENDIMIENTO DEPORTIVO

La producción funcional de fuerza en cualquier actividad deportiva radica en el control neuromuscular y en la estabilidad articular durante la amplitud del movimiento. Dicho de otro modo, los componentes de fuerza y flexibilidad de la condición física general deben interactuar de forma que sea

Urheberrechtlich geschütztes Material

óptima para cada movimiento y cada acción deportiva. Para comprender el entrenamiento de la fuerza y otras capacidades físicas que comprenden la amplitud de movimiento, como la fuerza-flexibilidad, la flexibilidad-velocidad y la flexibilidad-resistencia, es necesario analizar los mecanismos que subyacen a la flexibilidad y los estiramientos.

El concepto de la flexibilidad parece ser entendido de forma intuitiva por todos los que participan en actividades físicas, aunque si entramos en un análisis más profundo, esto está lejos de ser cierto. Tocarse los dedos de los pies con las manos se ha considerado desde hace mucho tiempo como una prueba de flexibilidad, por lo que la mayoría de los tests físicos de flexibilidad siguen recurriendo a la maniobra de tocarse los dedos de los pies estando sentado, si bien se sabe que la flexibilidad es específica de las articulaciones. De forma parecida, la capacidad para realizar «tijeras» se ha considerado siempre como una de los máximos indicadores de la flexibilidad; sin embargo, es muy normal que las personas que pueden tocarse los dedos de los pies y hacer «tijeras» sean incapaces de sentarse en cuclillas con los talones extendidos en el suelo.

Lo que aquí se quiere decir es que la naturaleza de la flexibilidad, por lo general, se aprecia de forma inadecuada. La flexibilidad, no importa lo que la gente entienda por este término, difiere de una articulación a otra, desarrolla distintas propiedades si está en condiciones dinámicas o estáticas, y no sólo concierne a las músculos sino a todos los componentes del sistema musculoesquelético, así como a varios tipos de reflejos de estiramiento de los circuitos del control neuromuscular del cuerpo.

DEFINICIÓN DE FLEXIBILIDAD

En realidad, la flexibilidad se refiere a la amplitud de movimiento (ROM de range of movement) de una articulación específica respecto a un grado concreto de libertad. En este sentido, cada articulación muestra estática o dinámicamente alguno o muchos de los siguientes grados de libertad:

- flexión-extensión;
- rotación (interna y externa);
- aducción-abducción;
- tracción-aproximación;
- protracción-retracción;
- inversión-eversión;
- varo-valgo;
- pronación-supinación;
- deslizamiento anteroposterior, balanceo (inclinación);
- deslizamiento medial-lateral interno-externo balanceo (inclinación).

Algunas acciones como la flexión, extensión, rotación y aducción-abducción se hayan bajo el control activo de los músculos, mientras que el movimiento que implica otros grados de libertad puede producirse de manera pasiva como consecuencia de la fuerza o el momento impuesto por las cargas externas o los cambios en el movimiento relacionados con los procesos musculares activos. Por ejemplo, una parada súbita mientras se corre hace que la superficie femoral de la articulación de la rodilla se deslice anteriormente respecto a la superficie tibial. De forma parecida, un impacto sobre la parte externa de la rodilla o un cambio brusco de dirección puede producir un deslizamiento lateral-medial y un balanceo de los mismos huesos de la pierna unos respecto a otros.

La flexibilidad o la amplitud de movimiento está determinada por:

- las limitaciones estructurales o arquitectónicas de la articulación;
- las propiedades mecánicas de los músculos y otros tejidos blandos de la articulación;
- los procesos neuromusculares que controlan la tensión y la fuerza de los músculos;
- el nivel de tensión muscular afuncional en el mismo u otros músculos y tejidos blandos;
- el umbral de dolor de cada persona al aproximarse al final de la amplitud.

Urheberrechtlich geschütztes Material

En concreto, la posición de las prominencias esqueléticas, la longitud de los ligamentos, tendones y músculos, y los puntos de inserción de los músculos son características que afectan a la ROM de una articulación. En este sentido se identifican dos tipos de flexibilidad: la flexibilidad activa y la flexibilidad pasiva. La primera se refiere a la ROM máxima que se produce bajo control muscular activo con un grado concreto de libertad articular, mientras que la segunda se refiere a la ROM máxima que se produce de manera pasiva por la imposición de una fuerza externa que no llega a provocar una lesión articular.

No hay que olvidar tampoco que la amplitud de movimiento de cualquier actividad (p. ej., extensión) está influida por la presencia de movimientos simultáneos en otra dirección (p. ej., rotación externa). No podemos asumir de inmediato que el movimiento en cualquier dirección sea totalmente independiente de los movimientos precedentes o concurrentes en otras direcciones, ya que las mediciones obtenidas en el laboratorio sobre la amplitud de movimiento no son tan inequívocas como dan a entender las investigaciones. El sistema muscular se caracteriza por la acción e interacción integrada de muchos músculos relacionados con cada articulación, por lo que la flexibilidad limitada en cierta dirección no se debe única y simplemente a la musculatura que se opone al movimiento en esa dirección, sino también a las limitaciones impuestas por otros músculos sinergísticos y otros tejidos blandos estabilizadores.

La lista precedente nos permite considerar varios métodos para aumentar la amplitud de movimiento articular, si bien algunos son poco prácticos o imposibles de llevar a término. Sólo la primera limitación no puede superarse con el entrenamiento. Si la restricción de un movimiento se debe a la estructura esquelética de la articulación, entonces es imposible eliminarla mediante el ejercicio. Esto nos deja tres tipos de limitación que se reducen o superan con la elección apropiada de una estrategia. El éxito de las maniobras de «estiramiento» de la FNP (facilitación neuromuscular propioceptiva) fisioterapéutica pone de manifiesto que las mayores ganacias y más rápidas en la ROM se logran mediante la modificación del grado de control nervioso de la tensión y longitud musculares.

Las investigaciones y la experiencia muestran la existencia de los siguientes medios prácticos para mejorar la ROM, colocados por orden de eficacia:

1. Modificar los procesos neuromusculares que controlan la tensión y longitud de los tejidos del complejo muscular. Esto aumenta la ROM con mayor rapidez y eficacia, si bien los cambios tienden a quedar confinados en mejoras a corto plazo a menos que los medios neuromusculares se empleen de modo continuado en todo el entrenamiento.
2. Aumentar la longitud y fuerza de los distintos tejidos blandos que comprenden el complejo muscular, sobre todo los tejidos de colágeno como las fascias. Estos cambios, aunque más lentos, son cambios a largo plazo.
3. Alargar y estirar otros tejidos blandos, sobre todo los de la cápsula articular y los ligamentos. Estos cambios también son de larga duración, pero si se continúan hasta aumentar la laxitud articular pueden poner en gran peligro la estabilidad de la articulación.
4. Reestructurar las superficies articulares de las articulaciones, proceso mediado por muchos años de cargas pesadas aplicadas siguiendo patrones específicos. Esto no debe considerarse como un medio práctico para aumentar la ROM sino una consecuencia natural de ejecutar movimientos con cargas en condiciones deportivas funcionales de amplitud total. Con mayor frecuencia, las cargas inadecuadas o excesivas producen cambios degenerativos en las superficies articulares y reducen la ROM debido a la limitación estructural o a patrones protectores de dolor.

Urheberrechtlich geschütztes Material

Los tres primeros medios se consideran los más prácticos para aumentar la ROM durante el entrenamiento deportivo y, por tanto, hablaremos en detalle en las proximas secciones de los mecanimos que subyacen en su empleo.

En este punto es relevante destacar que los entrenamientos de estiramiento y flexibilidad no son necesariamente sinónimos. Algunos ejercicios de flexibilidad no son ejercicios de estiramiento, aunque aumenten la amplitud de movimiento, pues se centran por completo en la modificación de los procesos neuromusculares, en concreto los reflejos de estiramiento y tendinosos (ver fig. 3.33) que controlan la amplitud funcional de movimiento. Por otra parte, muchos ejercicios de estiramiento no prestan la atención debida a los procesos neuromusculares y tienden a concentrarse en la obtención de cambios estructurales en los tejidos blandos. Así pues, los estiramientos estáticos cambian la longitud del complejo muscular, pero tienen un efecto inadecuado sobre la amplitud dinámica del movimiento requerido en una actividad física dada. Por tanto, es de vital importancia distinguir entre los diferentes tipos de ejercicios de estiramiento y flexibilidad para integrar los medios estáticos y dinámicos más apropiados y equilibrados que aumenten la ROM funcional dentro del programa de entrenamiento global.

Para los deportistas la flexibilidad activa es la más importante, si bien la flexibilidad pasiva proporciona una reserva protectora cuando una articulación se ve sometida a una tensión inesperada que la fuerza más allá de sus límites operativos normales. El valor de la flexibilidad activa queda subrayado por el hecho de que la capacidad deportiva (determinada a partir de los valores alcanzados en la competición) crea una correlación más fuerte con la flexibilidad activa que con la pasiva (un coeficiente de correlación de 0,81 frente a 0,69) (Iashvili, 1982). En este mismo estudio ruso con 200 deportistas adultos se llegó a la conclusión de que los ejercicios de estiramiento estáticos y pasivos desarrollan principalmente la flexibilidad activa, mientras que los ejercicios de estiramiento y fuerza combinados son bastante más eficaces para el desarrollo de la flexibilidad activa, sobre todo cuando el acondicionamiento de la fuerza se aplica en la zona de insuficiencia muscular activa. Este hallazgo se apreciará más cuando analicemos la biomecánica de los tejidos blandos.

El énfasis actual que se pone en la flexibilidad pasa por alto las igualmente importantes cualidades mecánicas de los tejidos que constituyen las articulaciones, en concreto la relación entre la rigidez y el amortiguamiento. Dicho de otro modo, es muy importante que estos tejidos aporten a cada articulación un equilibrio eficaz entre la movilidad y la estabilidad en gran variedad de condiciones operantes. Por ejemplo, una articulación cuyos tejidos presenten poca rigidez (o gran capacidad para estirarse con facilidad), pero una relación baja de amortiguamiento (o poca capacidad para absorber impactos tensores) será especialmente susceptible de sufrir lesiones por sobrecarga (Siff, 1986).

Por tanto, al analizar la flexibilidad hay que tener en cuenta los efectos independientes e interrelacionados del ROM de las articulaciones y las propiedades mecánicas de los tejidos que las constituyen.

Los efectos del estiramiento

La revisión de los estudios de investigación publicados y las evidencias empíricas demuestran los siguientes beneficios del estiramiento (Keith, 1977; Weiss, 1976; Holland, 1968; de Vries, 1966, 1966):

- aumentan la amplitud de movimiento útil;
- reducen la incidencia de lesiones;
- minimizan la gravedad de las lesiones;
- retrasan la aparición del cansancio muscular;
- previenen y alivian la sensibilidad dolorosa de los músculos después del ejercicio;
- aumentan el nivel de destreza y eficacia musculares;
- prolongan la vida deportiva.

Urheberrechtlich geschütztes Material

Al mismo tiempo, hace falta recordar que los estiramientos inadecuados son perjudiciales para la integridad de las articulaciones y la salud en general. Por ejemplo, los tendones y ligamentos sufren deformaciones o daños permanentes cuando se realizan estiramientos prolongados o excesivos que empeoran la estabilidad articular. Además, la aplicación inexperta de estiramientos balísticos provoca sensibilidad dolorosa y rigidez musculares, a la vez que el sobreestiramiento de los componentes de las regiones cervical o lumbar de la columna puede dañar los nervios, los discos intervertebrales y los vasos sanguíneos, a veces con graves consecuencias. Esto se aplica sobre todo a las maniobras de manipulación pasiva de la columna en manos de aficionados, así como los intentos forzados para adoptar ciertos asanas (posturas) del yoga que implican movimientos de hiperflexión, hiperextensión y rotación de la columna vertebral.

El componente neuromuscular de la flexibilidad

La flexibilidad articular está determinada por los factores arriba mencionados de la estructura musculoesquelética y las propiedades mecánicas de los tejidos blandos, pero también por el grado de actividad de las unidades motrices de los músculos relevantes. El resultado de esta actividad es la contracción muscular con un incremento concomitante de la tensión muscular, lo cual tiende a contrarrestar el estiramiento.

La tensión muscular implica procesos reflejos cuya naturaleza debe conocerse bien antes de someter los músculos y otros tejidos blandos a estiramientos realizados con seguridad y eficacia. Los músculos y tendones están particularmente bien dotados con un gran número de dos tipos de receptores: husos neuromusculares (fig. 3.32), que detectan los cambios en la longitud de las fibras musculares y en el ritmo del cambio de la longitud, y los órganos tendinosos de Golgi, que monitorizan la tensión de los tendones musculares durante la contracción o el estiramiento musculares. Los reflejos involuntarios comienzan con la acción e interacción de los husos neuromusculares y los órganos tendinosos de Golgi durante cualquier movimiento de los músculos. La función de los husos neuromusculares es la de responder al alargamiento de los músculos mediante la producción de la contracción del «reflejo de estiramiento muscular», mientras que los órganos tendinosos de Golgi responden con el «reflejo de estiramiento inverso» (4), que tiende a relajar los músculos contraídos cuando la tensión se vuelve excesiva (fig. 3.32).

Los husos neuromusculares están constituidos por entre 3 y 10 fibras intrafusales que son apuntadas en sus extremos y se insertan en las vainas de las fibras extrafusales circundantes (fig. 3.32). Las fibras nerviosas receptoras sensoriales inervan la región central del huso, que posee pocos o ningún elemento contráctil y cuenta con dos distintos tipos

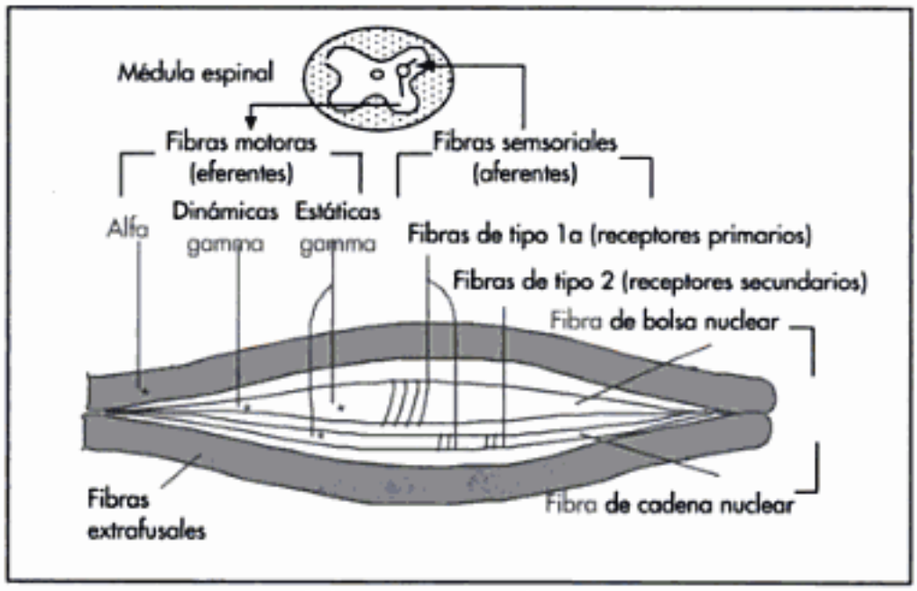


FIGURA 3.32 *Conexiones de los nervios sensoriales y motores con los husos musculoesqueléticos, donde se muestran las fibras intrafusales y extrafusales.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

de receptores: receptores primarios de fibras de tipo Ia grandes, y receptores secundarios de fibras de tipo II más pequeñas (Guyton, 1984).

También hay dos tipos de fibras intrafusales: las fibras de bolsa nuclear y las fibras de cadena nuclear (fig. 3.32). Los receptores primarios inervan ambas fibras, mientras que la inervación de los receptores secundarios se confina casi por completo a las fibras de cadena nuclear. Los receptores primarios y secundarios producen respuestas estáticas y dinámicas a los cambios en la longitud de los husos. Cuando un huso se estira lentamente, el número de impulsos que surgen de ambos tipos de receptores aumenta casi en proporción directa con el grado de estiramiento y continúa persistiendo durante varios minutos. Este proceso se conoce como respuesta estática. La respuesta dinámica se manifiesta con gran intensidad a través de los receptores primarios cuando se someten a un ritmo rápido de cambio en la longitud de los husos. Tan pronto como el incremento de la longitud cesa, el ritmo de emisión de impulsos vuelve a su nivel original, excepto por una pequeña respuesta estática que sigue emitiendo una señal. El mismo proceso se produce cuando se acortan los husos neuromusculares.

Debido a que los receptores primarios y secundarios inervan las fibras de cadena nuclear, parece ser que los segundos son los responsables de la respuesta estática de los receptores primarios y secundarios. Por otra parte, puesto que sólo los receptores primarios circundan las fibras de bolsa nuclear, estas fibras son presumiblemente las responsables de la fuerte respuesta dinámica.

Algunas autoridades en el tema consideran apropiado dividir las fibras nerviosas eferentes gamma en dos tipos: gamma-dinámicas y gamma-estáticas, encargándose las primeras de excitar las fibras de bolsa nuclear, y las segundas, las fibras de cadena nuclear. La estimulación de las fibras gamma-dinámicas produce una respuesta dinámica muy fuerte de los husos neuromusculares, acompañada por una respuesta estática mínima. Por el contrario, la estimulación de las fibras gamma-estáticas produce una respuesta estática persistente sin una influencia concurrente y significativa sobre la respuesta dinámica (Guyton, 1984).

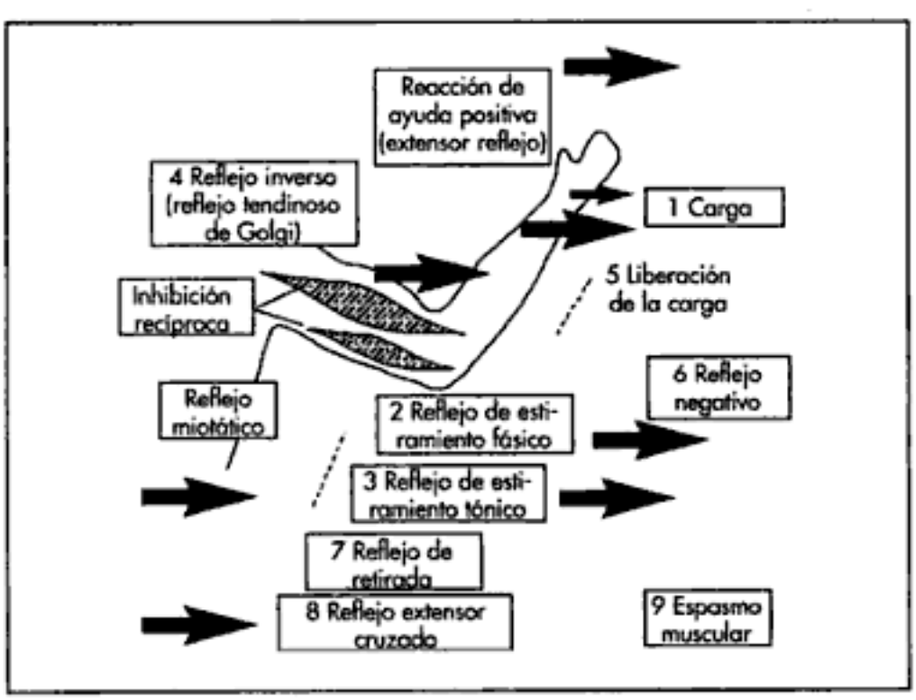


FIGURA 3.33 *Resumen de los reflejos neuromusculares principales.*

Es esencial conocer bien los mecanismos estáticos y dinámicos de los nervios aferentes y eferentes para que haya una utilización segura y eficaz de los métodos de la FNP y la pliometría, como ya se ha tratado en otro apartado de este libro. Por ejemplo, muchas de las llamadas «actividades pliométricas» son demasiado lentas para generar una respuesta dinámica poderosa esencial para el desarrollo de la fuerza velocidad.

Esto describe brevemente las estructuras y mecanismos relacionados con los distintos reflejos de estiramiento (fig. 3.33)

Urheberrechtlich geschütztes Material

que actúan de manera automática para controlar la longitud y tensión de los músculos.

El reflejo de estiramiento muscular o reflejo miotático consiste en un complejo proceso de reflejos de estiramiento interrelacionados (fig. 3.33), incluido el reflejo de estiramiento dinámico (fásico) (2), el reflejo de estiramiento estático (tónico) (3) y el reflejo de estiramiento negativo (6). El reflejo dinámico provoca una fuerte contracción del músculo como respuesta a los cambios repentinos en su longitud, si bien esta reacción dura sólo una fracción de segundo, por lo que el reflejo estático dura tanto como la tensión que se desarrolla en el músculo. Este reflejo es mucho más débil, pero opera durante periodos de hasta varias horas. Cuando un músculo se acorta de repente, se produce un efecto exactamente opuesto. En este caso en que se libera una rápida tensión, tanto la actividad refleja inhibidora dinámica y estática, o el «reflejo de estiramiento negativo», se produce en oposición al acortamiento del músculo de la misma forma que el reflejo miotático actúa para oponerse a su alargamiento.

Luego podemos apreciar que los procesos reflejos del estiramiento tienden a mantener en un límite operativo óptimo la longitud de los músculos; sin embargo, no hay que olvidar que el sistema reflejo de estiramiento también desempeña un papel importante y excepcional en el amortiguamiento o suavización de las oscilaciones o tirones excesivos de los movimientos corporales (Guyton, 1984). Es interesante señalar que el silencio electromiográfico persiste en los músculos que se estiran de manera pasiva, independientemente de si esto se hace con lentitud o rapidez (Basmajian, 1978). Por tanto, está claro que las personas pueden relajar los músculos de forma consciente cuando habríamos de esperar que los reflejos de estiramiento normales aumentaran la tensión. Esto implica que el control mental voluntario o las técnicas de retroalimentación desempeñan un papel útil en los procedimientos de estiramiento y flexibilidad.

Como ya se dijo con anterioridad, los órganos tendinosos de Golgi producen un reflejo que tiende a relajar el músculo en el que la tensión se vuelve excesiva. Mientras que los husos neuromusculares son sensibles a los cambios en la longitud, los órganos tendinosos de Golgi detectan los cambios en la tensión muscular. Al igual que los receptores primarios de los husos neuromusculares, los órganos tendinosos de Golgi responden a los cambios fásicos (dinámicos) y tónicos (estáticos) durante el estiramiento y contracción de los músculos. Cuando la tensión muscular aumenta de repente, reaccionan con gran intensidad (la respuesta dinámica), pero a su vez pasan con rapidez a un nivel más bajo de estado estable de excitación que, por aproximación, es directamente proporcional a la tensión muscular (la respuesta estática). Antes se consideraba que los órganos tendinosos de Golgi sólo desempeñaban un papel protector de los músculos, pero hoy en día parece ser que también monitorizan y regulan de forma continuada la tensión muscular (Matthews, 1973).

Al igual que la mayoría de los otros reflejos, el reflejo de retirada o reflejo flexor es un reflejo protector cuya misión es alejar un miembro o parte del cuerpo de una situación peligrosa (7 en la fig. 3.33). En la mayoría de los casos aparece con estímulos dolorosos, como el contacto con objetos calientes o afilados, aunque la estimulación de los receptores del tacto produce a veces un reflejo flexor más débil y prolongado. En otros casos, la exposición a una estimulación intensa precisa el alejamiento del miembro o superficie en peligro por una acción no flexora. Por tanto, el reflejo flexor y otros tipos de reflejos protectores se conocen con el nombre de reflejos de retirada. El patrón de la retirada depende de acciones complejas de los nervios sensores estimulados, de forma que la exposición a un estímulo doloroso produce acciones complejas como movimientos de flexión, abducción y rotación externa concurrentes que producen una retirada eficaz de la parte expuesta al peligro.

Urheberrechtlich geschütztes Material

Los miembros opuestos del cuerpo influyen unos en otros de forma automática en el transcurso de muchas acciones. Por ejemplo, un reflejo flexor en un miembro produce un reflejo extensor en el miembro contralateral aproximadamente entre 0,2 y 0,5 segundos después. Esto se conoce como el reflejo extensor cruzado (8 en la fig. 3.33). Este reflejo tiene importancia en actividades como el entrenamiento con mancuernas en el que los miembros no se emplean en patrones simétricos bilaterales (p. ej., como en las sentadillas o en el press de banca).

La excitación de un grupo muscular se relaciona a menudo con la inhibición de otros grupos. Se trata del fenómeno de la inhibición recíproca, en la que el reflejo de estiramiento excita un músculo a la vez que inhibe la acción de otro.

Es importante señalar que la producción repetida de actividad refleja involuntaria, al igual que los esfuerzos voluntarios, conlleva cansancio. Así pues, el nivel de tensión muscular producido por la acción refleja disminuye con la estimulación repetida, un hecho que es muy relevante para el empleo del entrenamiento pliométrico (ver cap. 5). Otro efecto que está muy relacionado con el cansancio es lo que se llama rebote. Esto se refiere al hecho de que, después de una contracción refleja, la estimulación de un segundo y sucesivos reflejos del mismo tipo se vuelve progresivamente más difícil cierto tiempo después. Aunque esto inhibe la repetición de los ejercicios acíclicos máximos o casi máximos, en realidad facilita la repetición en las actividades cíclicas. Debido a la inhibición recíproca, resulta más fácil activar los músculos antagonistas durante el periodo en que se produce la inhibición de rebote de los agonistas.

Por ejemplo, es más difícil producir durante unos pocos segundos un segundo reflejo flexor en un miembro después de que haya experimentado una flexión, si bien el reflejo extensor cruzado en el mismo miembro mejorará notablemente. Se cree que el rebote es uno de los mecanismos principales que favorece la producción de actividades cíclicas como la locomoción, la natación y el ciclismo (Guyton, 1984).

Finalmente, es poco conocido el hecho de que cualquier forma de estiramiento que ejerza presión sobre las suelas de los pies o las palmas de las manos producirá una fuerte extensión refleja del miembro implicado. Este fenómeno se conoce como la reacción positiva de sostén, que sirve para dotar de rigidez y estabilizar un miembro contra cualquier presión de aplicación externa, incluido el peso del cuerpo o del tronco (Guyton, 1984). Por tanto, los estiramientos para tocarse los dedos de los pies en posición sentada o de pie se consideran procedimientos distintos en el ámbito neuromuscular. El lugar de la aplicación de presión sobre la superficie de la suela del pie, la palma de la mano u otra superficie del cuerpo determina la posición hasta la que se extiende el miembro, proceso que desempeña un papel principal en el empleo de la presión de las manos por parte de los fisioterapeutas con el fin de guiar al paciente para que produzca un patrón específico de FNP.

Otro reflejo que se suele experimentar con frecuencia es el espasmo muscular local (9 en la fig. 3.33). Aunque el mecanismo subyacente no ha sido analizado satisfactoriamente, en muchos casos el espasmo parece actuar como una traba fisiológica que evita usar un grupo de músculos que corre peligro de sufrir daños ante una posible fuerte contracción. A veces, el espasmo se mitiga mediante la utilización de la inhibición recíproca mediante la contracción voluntaria de los músculos agonistas del lado opuesto al miembro mientras la articulación se mantiene fija.

Componentes de la flexibilidad articular

Los distintos tejidos blandos relacionados con cada articulación contribuyen a mejorar la flexibilidad o la rigidez hasta cierto grado. Si los mecanismos reflejos de estiramiento se ven mínimamente implicados y los músculos se relajan (lo cual pocas veces sucede durante el movimiento funcional

Urheberrechtlich geschütztes Material

dinámico), las contribuciones relativas de los tejidos blandos a la rigidez articular son las que siguen (Johns & Wright, 1962):

- los músculos y las vainas de las fascias, 41%;
- las estructuras de la cápsula articular, incluidos los ligamentos, 35%;
- la piel, 11%;
- los tendones y sus vainas, 10%

Puesto que nada puede hacerse para alterar la estructura articular con el fin de aumentar la flexibilidad, está claro que las maniobras de estiramiento apropiadas deben imponerse a los tejidos blandos con el fin de lograr este objetivo. Al hacer esto, es importante reconocer que los estiramientos pueden generar cambios en las características de los tejidos a corto plazo (elásticos), a largo plazo (plásticos) o en una combinación de ambos.

Si examinamos el programa medio de estiramientos, resulta aparente que esta distinción no se realza lo suficiente. Si analizamos el tipo habitual de sesión de calentamiento previa a una prueba o entrenamiento, está claro que su finalidad es sobre todo mejorar la flexibilidad a corto plazo para realizar una actividad física que está a punto de comenzar. Estas breves sesiones preparatorias a menudo son inadecuadas para alterar la flexibilidad a largo plazo, lo cual requiere un tipo específico de acondicionamiento regular dentro del programa de entrenamiento general. El diseño de este programa precisa un conocimiento más profundo de la fisiología y la biomecánica de los tejidos blandos implicados.

Parámetros de la flexibilidad

Antes de estudiar los fundamentos teóricos y las aplicaciones prácticas del entrenamiento de la flexibilidad, es importante subrayar los factores que influyen en la flexibilidad en general:

1. Ejercicio e historial del entrenamiento

El ejercicio regular, cuando comprende una total amplitud de movimiento articular, suele mejorar la flexibilidad. Hay que señalar, sin embargo, que los deportistas tienden a desarrollar patrones de flexibilidad que son característicos del deporte que practican. Además, la flexibilidad a largo plazo disminuye con la vida sedentaria, con la concentración de actividades que pocas veces implican movimientos de amplitud completa, mediante el entrenamiento para desarrollar con exceso la hipertrofia muscular debido a la aparición de lesiones en los tejidos blandos. La flexibilidad a corto plazo disminuye mediante el sobreentrenamiento inducido por la sensibilidad dolorosa muscular, por la rigidez o las lesiones. Además, la rigidez mecánica de los tejidos permanece constante hasta cierto grado durante el ejercicio, aunque la relación de amortiguamiento aumente invariablemente (Siff, 1986).

2. La edad

La flexibilidad tiende a disminuir con la edad, de ahí que la susceptibilidad de los tejidos blandos a sufrir lesiones aumente durante el ejercicio intenso. El ejercicio regular combinado con un entrenamiento de flexibilidad minimiza el efecto de estos cambios fisiológicos. En el otro extremo, la flexibilidad máxima no se alcanza cuando uno es un bebé, sino entre los 10 y los 12 años, dependiendo del sexo (Beaulieu, 1986).

3. El sexo

Las mujeres tienden a ser más flexibles que los hombres de la misma edad por lo que respecta a articulaciones equivalentes. Además, la relación de amortiguamiento de los tejidos blandos de las articulaciones de las mujeres es mayor que en el caso de los hombres, lo cual implica que están intrínsecamente mejor dotadas para absorber los estiramientos elásticos (Siff, 1986). Otro factor que contribuye a la seguridad es el hecho de que el umbral de dolor como respuesta a una torsión articular es por lo general bastante menor en las mujeres (Siff, 1986).

Urheberrechtlich geschütztes Material

4. La temperatura

Un incremento de la temperatura de los músculos que haya sido producida, por ejemplo, por un calentamiento activo, un masaje pasivo o una sesión de ultrasonidos aumenta la flexibilidad y mejora la deformación plástica de los tejidos de colágeno durante los estiramientos. Por tanto, es recomendable hacer un calentamiento suave y con un ritmo apropiado antes de empezar cualquier entrenamiento de flexibilidad. También hay que señalar que la aplicación prolongada de calor o frío produce analgesia o una modificación de los procesos neuromusculares relacionados con los reflejos de estiramiento y tendinosos y, por lo tanto, mejora la relajación y el estiramiento musculares. Además, el enfriamiento de los tejidos con hielo durante unos pocos minutos al final de la sesión de estiramiento parece estabilizar los tejidos conectivos en su nueva longitud (Sapega et al., 1981).

5. Tipo de articulación

La flexibilidad es específica de cada articulación, por lo que cada persona muestra un distinto grado relativo de flexibilidad de una articulación a otra. El índice de la flexibilidad global se determina mediante la media de la flexibilidad de un número representativo de articulaciones del cuerpo, si bien es más relevante establecer los límites estáticos y dinámicos del movimiento de las articulaciones más importantes empleadas por quien practique un deporte determinado.

6. Tipo de movimiento

El grado relativo de flexibilidad es distinto para cada uno de los grados de libertad articular tratados al comienzo de este artículo, como son la flexión, la extensión, la rotación y la distracción. Es importante evitar la ejecución de maniobras físicas específicas. En este sentido, lo más importante es recordar que la flexibilidad estática y dinámica óptimas pero no máximas son necesarias para cada grado de libertad de las articulaciones. De hecho, las personas que tienen hipermovilidad en ciertas articulaciones deben evitar aumentar la flexibilidad a expensas de la estabilidad.

La biomecánica y la flexibilidad de los tejidos blandos

Con anterioridad ya se trató el tema de las contribuciones relativas a la rigidez articular de los distintos tejidos blandos. Para comprender y aplicar los principios del estiramiento a los distintos tejidos es necesario examinar sus características biomecánicas.

Al hacer esto, es útil recordar el modelo del complejo muscular tratado en el capítulo 1. Allí se dividían los tejidos blandos dentro de un sistema contráctil, que implicaba el complejo de filamentos de actina y miosina, y un sistema viscoelástico no contráctil, que comprendía sobre todo el tejido conectivo de los tendones, ligamentos y cápsulas. El componente viscoelástico de los músculos fue analizado mediante el componente elástico en serie (CES) y el componente elástico paralelo (CEP).

Entrar en un profundo análisis biomecánico de los distintos tipos y métodos de estiramiento está más allá del alcance de este libro, pero se encuentra en otros textos (Siff, 1987). Lo más relevante para lo que aquí concierne son los siguientes puntos:

- Son necesarios distintos métodos para acondicionar los músculos, los tendones y otros tejidos blandos.
- Los grupos musculares de contracción lenta contienen una mayor proporción de tejido conectivo que los grupos musculares de contracción rápida.
- La elevada rigidez y la tensión baja de los músculos lentos es más apropiada para la función muscular encaminada a proporcionar un sostén o una postura continuados.
- Los distintos mecanismos del encéfalo y la médula espinal controlan la actividad muscular de velocidad alta o baja y los patrones tipológicos.

Urheberrechtlich geschütztes Material

- Todo acondicionamiento físico, incluida la mejora de la flexibilidad, se basa sobre todo en la estimulación neuromuscular
- Todo acondicionamiento es sobre todo funcional, ya que la estimulación funcional precede a los cambios estructurales (Ley de Wolf); por tanto, es erróneo hablar de los ejercicios como puramente «estructurales».
- El estiramiento balístico rápido de los músculos contraídos (cargas pliométricas) no debe ser evitado por los deportistas de nivel, ya que la capacidad para emplear la energía elástica es vital para todo tipo de rendimiento a gran elite.
- El estiramiento estático de un músculo relajado tiene un efecto más pronunciado sobre el CEP que un estiramiento balístico de un músculo contraído, cuyo efecto es mayor sobre el CES (esencial para cualquier actividad rápida).
- Los distintos índices de carga y estiramiento tienen distintos efectos sobre los huesos, tendones y músculos.
- Los estiramientos lentos prolongados causan una deformación viscosa permanente del tejido conectivo y grandes niveles de tensión muscular.
- La FNP fisioterapéutica demuestra que el reclutamiento rápido o con fuerza de los distintos reflejos de estiramiento se aplica con seguridad para rehabilitar y fortalecer, todo lo contrario de lo que comúnmente se cree.
- Por lo general, no hay lo que se llama un estiramiento o ejercicio poco seguro: sólo se aprecia una manera poco segura de ejecutar los movimientos por parte de una persona concreta en un tiempo específico.
- Las fibras elásticas se agrupan en concentraciones pequeñas dentro de la matriz intracelular de los tendones y de la mayoría de los ligamentos, y ayudan a rehacer la configuración de las fibras de colágeno espirales después de un estiramiento o contracción musculares.
- Los estiramientos multidireccionales son importantes, porque la orientación estructural de las fibras es distinta en los distintos tejidos de colágeno y es específicamente adecuada para las funciones de cada tejido.
- La concentración de tensión en la inserción del tendón y del ligamento en la estructura del hueso disminuye mediante tres materiales de composición transitoria progresivamente más rígida, un sistema que puede verse interrumpido por la ingestión de esteroides anabólicos.
- Con un ritmo de carga bajo, la inserción ósea de un ligamento o tendón constituye el componente más débil del complejo de tejidos blandos y huesos, mientras que, cuando el ritmo de carga es muy rápido, los tejidos blandos son los componentes más débiles.
- Los tendones, a diferencia de los ligamentos, no son simplemente estabilizadores pasivos de las articulaciones, sino que junto con las fibras musculares que se contraen con fuerza (en concreto durante las fases de contracción excéntrica) desempeñan un papel vital en el almacenamiento de energía elástica al correr y realizar otros actos motores de impulsión, con lo cual ahorran energía e incrementan la eficacia de la actividad muscular (Goldspink, 1978).
- Ninguna maniobra de estiramiento debe comprometer la fuerza o la capacidad de los tendones para almacenar energía elástica a lo largo de la amplitud de movimiento, por lo que los ejercicios de estiramiento deben acompañarse de un acondicionamiento de la fuerza contra una resistencia adecuada.
- Como los tendones y ligamentos son viscoelásticos, muestran sensibilidad al ritmo de carga y experimentan relajación tras la tensión, deslizamientos e histeresis.

Urheberrechtlich geschütztes Material

- Los científicos de la Europa del Este y rusos desaconsejan la práctica del ciclismo a los deportistas que requieran gran amplitud de flexibilidad en el tronco y las caderas, porque han descubierto que el ciclismo tiende a disminuir la ROM funcional de este tipo de deportistas. En vez de esto, recomiendan que se introduzcan esprints intensos e intervalos en el entrenamiento que tiendan a ejercitar y fortalecer las articulaciones de la rodilla y la cadera a lo largo de una amplitud más amplia de movimiento. La gran preocupación que los usuarios de los gimnasios occidentales muestran por las bicicletas estáticas o las cintas sin fin para mejorar el acondicionamiento cardiovascular se considera perjudicial en potencia para los deportistas serios cuyas articulaciones necesitan trabajar con un grado de amplitud mucho mayor. Estos mismos científicos también desaconsejan los fondos y las sentadillas porque tienden a limitar la ROM funcional de las regiones de los hombros y del tronco respectivamente. Se prefieren los fondos ejecutados en el suelo sobre barras inclinadas o en barras paralelas, al igual que las sentadillas contra un respaldo sobre el potro de arcos.
- La flexibilidad y la capacidad motora también resultan afectadas por las emociones, el malestar o la percepción de dolor, ya que hay centros relacionados con las emociones e intérpretes del dolor en el cerebro y el cerebelo que están estrechamente relacionados con la ejecución de movimientos sometidos a un patrón. El papel de los sistemas de relajación y los metodos de respiración que favorecen la relajación, como los que se enseñan en el yoga, en el tai chi o para los partos son valiosos para mejorar el entrenamiento de la flexibilidad.

Flexibilidad, estabilidad y actividad muscular

A pesar de lo extendida que está la opinión de que los músculos actúan como estabilizadores sinergísticos eficaces, hay que recordar que la musculatura no responde con suficiente rapidez para proteger las articulaciones de lesiones cuando se aplican grandes impactos con rapidez, sobre todo si incluyen algún tipo de torsión (Pope et al., 1978). Es seguramente más apropiado afirmar que la estabilización articular se produce de la siguiente manera:

1. El elemento contráctil del músculo activado por el complejo reflejo de estiramiento, junto con su CES, actúan como estabilizadores primarios de la articulación cuando el índice de carga permite que los músculos respondan con suficiente rapidez.
2. Si la articulación alcanza sus límites físicos de fuerza, longitud y resistencia musculares, tiene que depender de la protección que le brindan los ligamentos y el CES de los músculos. Si, al mismo tiempo, el reflejo de estiramiento inverso manda señales a los músculos para que se relajen al alcanzar la longitud máxima, entonces el CEP del músculo también contribuye a la estabilización articular. Sin embargo, hay que señalar que los receptores que activan los órganos tendinosos de Golgi han sido colocados en la superficie de los ligamentos cruzados (Schultz y otros, 1984) y que los músculos mostrarán contracción refleja si los ligamentos se estiran hasta que aparece el dolor (Basmajian, 1978).
3. Si la articulación se extiende hasta alcanzar el límite sin una contracción muscular suficiente, la estabilización primaria es aportada por los ligamentos y el CEP de los músculos. Tan pronto como el periodo de latencia inicial de la excitación muscular ha concluido, los músculos que se contraen y su CES contribuyen como estabilizadores secundarios
4. En ciertas articulaciones la estructura esquelética actúa como el estabilizador final duran-

Urheberrechtlich geschütztes Material

te los movimientos que se extienden hasta los límites de la articulación.

Puesto que la estabilidad articular comprende acciones tridimensionales realizadas a lo largo de muchos grados de libertad que ya fueron estudiados al comienzo de esta sección, está claro la necesidad de acondicionar de forma adecuada todos los tejidos blandos que interactúan.

Estos hechos son directamente relevantes para apreciar la diferencia entre los metodos de estiramiento estáticos, activos, pasivos y balísticos, teniendo los distintos ritmos de carga diferentes efectos sobre cada uno de los tejidos blandos.

Influencia del ejercicio sobre el tejido conectivo

La mayoría de los libros se centran más en el efecto de los distintos programas de entrenamiento sobre los músculos que sobre los tejidos de colágeno, a pesar de que muchos estudios realizados con animales han demostrado que el entrenamiento físico también fortalece las inserciones de tendones y ligamentos en los huesos. Los ligamentos sometidos a entrenamiento son más espesos y pesados, aunque el incremento de la masa no se relaciona necesariamente con una mayor concentración de colágeno, proceso que todavía es poco conocido (Booth y Gould, 1975). En este sentido, la tensión controlada sobre los tejidos blandos aumenta la formación de fibras en ellos, por lo que contribuye a mejorar la elasticidad y la fuerza (Holland, 1968).

Un entrenamiento habitual con resistencias no sólo produce hipertrofia, sino también un aumento del contenido de colágeno de los ligamentos y los tejidos conectivos que circundan las fibras musculares (Tipton et al., 1975). Al mismo tiempo, también aumenta la actividad de una enzima implicada en la síntesis del colágeno con el entrenamiento, efecto que resulta estimulado por la producción de ácido láctico durante el ejercicio (Booth & Gould, 1975). Sin embargo, hay que señalar que un entrenamiento de intensidad moderada sobre un tapiz rodante con ratas no produce ni hipertrofia muscular ni un incremento del tejido conectivo intramuscular. Un entrenamiento prolongado de baja intensidad es suficiente para acondicionar el sistema cardiovascular, pero no el sistema musculoesquelético. Aparentemente es el entrenamiento anaerobio muscular con resistencias el que tiene un efecto más pronunciado sobre la mejora de la concentración y fuerza del tejido de colágeno y sus zonas de unión. Los regímenes de estiramiento progresivos junto con este tipo de entrenamiento son especialmente valiosos como un componente de toda preparación deportiva.

En contraste con el entrenamiento crónico, las sesiones de ejercicio aisladas, los estiramientos ocasionales o los entrenamientos con esprints no producen un aumento significativo de la fuerza de las uniones, aunque los esprints producen incrementos acusados de la masa y concentración de los ligamentos (Tipton et al., 1974). De la misma forma que los ligamentos se vuelven más fuertes y rígidos al verse sometidos a un aumento de la tensión, se debilitan y pierden rigidez cuando disminuye la tensión o se adaptan a la inmovilidad y a la inactividad (Tipton et al., 1970). Cambios similares se apreciaron cuando la edad era avanzada no sólo debido a los procesos degenerativos, sino también a la inactividad.

A la luz del anterior análisis, la posibilidad de seguir un régimen de estiramientos debe tener en cuenta el estado de entrenamiento de cada persona, su edad y salud. Además, la alteración del equilibrio hormonal durante el embarazo, la menstruación y la administración de hormonas exógenas (como esteroides anabólicos y cortisona) afecta a las características mecánicas del tejido de colágeno, por lo que las técnicas de estiramiento deben ajustarse a estos factores (Viidik, 1973).

Técnicas de estiramiento

La experiencia práctica ha permitido el reconoci-

Urheberrechtlich geschütztes Material

miento de cuatro categorías de estiramiento tradicionales: estiramiento estático, balístico, pasivo y de contración-relajación (o FNP, facilitación neuromuscular propioceptiva). A esta lista hay que añadir el ejercicio con movimientos de amplitud completa, ya que tiende también a aumentar la flexibilidad activa y pasiva. Además, los halterófilos olímpicos son de los deportistas más flexibles a pesar de que se crea lo contrario (Siff, 1987). Una combinación de ejercicios de estiramiento y entrenamiento con pesos como suplemento de un programa de esprints produce un incremento significativamente mayor de la velocidad que otro sin este suplemento (Siff, 1987). En varias de las secciones precedentes, se apreció el papel del entrenamiento de la resistencia muscular y contra resistencias en la mejora de la fuerza y la flexibilidad tisular. Dicho de otro modo, un entrenamiento adecuado con resistencias con amplitud total de movimiento también puede mejorar la flexibilidad articular.

Por lo que se refiere a la FNP, es engañoso considerar este método o su técnica de contracción-relajación como un sistema especializado que se emplea sobre todo para mejorar la flexibilidad. Hay al menos cuatro distintos tipos de estiramiento en la FNP. En la práctica profesional, la FNP ofrece una forma general de terapia que acondiciona los procesos musculares, la fuerza isométrica y dinámica, la resistencia muscular y la flexibilidad funcional de forma más completa que muchos entrenamientos con máquinas de pesas (ver cap. 7).

Al conseguir estos objetivos, los patrones tridimensionales espirales y diagonales y las técnicas de movimiento descansan sobre numerosas maniobras estáticas, activas, balísticas y pasivas. Así pues, varios de los supuestamente distintos tipos de estiramiento deben considerarse como subseries de la disciplina de la FNP (ver cap. 7).

El estiramiento estático suele comprender ejercicios de flexibilidad que emplean el peso del cuerpo o sus miembros para ejercer cargas sobre los tejidos blandos. En pocas ocasiones se aplica este término a los estiramientos forzados mediante contracciones musculares voluntarias, aunque esta técnica de «estiramiento gatuna» se emplee con éxito entre los gatos, o por la mayoría de los seres humanos al despertarse y por los culturistas al hacer sus ejercicios rutinarios con posturas. Queda claro que hay que ampliar el concepto de estiramiento estático.

Estos hechos implican la necesidad de proceder con una categorización más detallada de las técnicas de estiramiento. El siguiente modelo integrado identifica dos amplios tipos de estiramiento cada uno de los cuales contiene una serie de categorías de estiramiento distintas pero relacionadas (fig. 3.34):

1. Estiramiento estático

- Estiramiento estático libre que no impone cargas externas para aumentar la ROM en condiciones de (a) relajación muscular o (b) contracciones musculares isométricas (a veces llamado Estiramiento estático activo).
- Estiramiento estático pasivo, que impone cargas externas sobre los músculos (a) relajados o (b) contraídos isométricamente.

2. Estiramiento dinámico

- Estiramiento balístico que impone un impulso pasivo para exceder la ROM estática con los músculos (a) relajados o (b) contraídos.
- Estiramiento activo que comprende una actividad muscular continua que excede la ROM estática, lo cual sucede en la práctica de la mayoría de las actividades deportivas de amplitud total de movimiento.
- Métodos de estiramiento de la FNP, que comprenden fases continuas o intermitentes de acción muscular estática o dinámica, así como la relajación o la realización de movimientos pasivos según patrones específicos de activación y relajación.
- Estiramiento pliométrico (de impulsión), que

Urheberrechtlich geschütztes Material

comprende la ejecución rápida de cargas excéntricas seguidas de una fase isométrica breve y de un rebote explosivo gracias a la energía elástica almacenada y a la poderosa contracción muscular refleja. Esta acción de «estiramiento-acortamiento» no pretende aumentar la ROM, sino emplear los fenómenos de estiramiento específicos para aumentar la fuerza velocidad del movimiento con un propósito deportivo específico (ver cap. 5).

La especificidad de este ejercicio muestra que cada una de estas categorías de estiramiento se usa con eficacia y seguridad con personas concretas en un estadio particular del entrenamiento y con el fin de alcanzar una estabilidad y movilidad óptimas. El estiramiento activo y el de la FNP comprenden contracciones musculares progresivas según patrones específicos de movimiento contra cargas externas durante la ejecución de movimientos de amplitud completa y más allá de la ROM estática que parecen ofrecer los medios más eficaces para mejorar el rendimiento funcional de amplitud completa en el deporte y en el ejercicio. Ahora es posible emplear el esquema de la figura 3.34 para describir cualquiera de las modalidades conocidas de estiramiento mediante la combinación de un ritmo de estiramiento con el apropiado tipo de carga y estado muscular.

Este modelo también se puede ampliar para incluir la pliometría como un tipo específico de estiramiento dinámico, es decir, un estiramiento explosivo o un estiramiento-acortamiento (ver cap. 5). Su objetivo no es aumentar la amplitud de movimiento articular, sino mejorar la velocidad e intensidad de las contracciones musculares. Esta acción suele imponerse a un músculo mediante una contracción excéntrica rápida para reclutar el reflejo de estiramiento de un grupo específico de músculos con el fin de producir una contracción con rebote concéntrica y explosiva. A veces se emplean parecidos tipos de acondicionamiento con activación del reflejo de estiramiento dentro del ámbito de las técnicas de la FNP. Este intenso tipo de entrenamiento neuromuscular necesita aplicarse en poca cantidad a los deportistas avanzados y bien preparados para que no se produzcan lesiones por sobrecarga.

Todas las combinaciones de técnicas de estiramiento descritas en este esquema son eficaces para mejorar las diferentes proporciones de flexibilidad pasiva y activa, siempre y cuando se apliquen conociendo las necesidades de cada persona y las propiedades de las articulaciones y los tejidos blandos implicados. Los estiramientos estáticos aplicados gradualmente son fáciles de aprender, fáciles de ejecutar y muy adecuados para las personas normales que deseen mejorar sobre todo la flexibilidad estática. Estos estiramientos suelen ejecutarse con un incremento gradual de la duración de cada estiramiento (desde unos pocos segundos hasta 30 o más segundos) antes de relajarse un poco y aumentar el ritmo de estiramiento ligeramente durante varias repeticiones y series.

En el caso de deportistas de competición o pacientes en rehabilitación, los estiramientos estáticos son insuficientes para desarrollar la amplitud completa de movimiento, la fuerza, potencia, movilidad y estabilidad requeridas por un deporte. Tienen que combinarse con actividades estáticas y dinámicas de gran intensidad para acondicionar los tejidos de colágeno; con el entrenamiento resistido de amplitud completa para aumentar la fuerza muscular, y con actividades de resistencia muscular y baja intensidad cardiovascular para mejorar la capilarización y la eficacia circulatoria.

Después de todo, es la flexibilidad activa con grados adecuados de libertad articular la que establece una correlación más fuerte entre la capacidad deportiva y la resistencia a las lesiones (Iashvili, 1982). Este mismo estudio sobre varios deportes olímpicos obtuvo algunos resultados interesantes:

- El nivel de movilidad articular suele estar relacionado con la maestría deportiva. Cuanto

Urheberrechtlich geschütztes Material

mayor es el nivel de maestría deportiva, mayor es la flexibilidad activa y pasiva.

- Los estiramientos estáticos y pasivos mejoran la flexibilidad, aunque sólo mejoran moderadamente la movilidad articular activa, que es la cualidad de la flexibilidad más importante para la práctica deportiva.
- La flexibilidad activa establece una correlación más fuerte (R = 0,81) con la maestría deportiva que con la flexibilidad pasiva (R = 0,69).
- El patrón y el grado de movilidad articular son específicos de cada deporte. Por ejemplo, entre los nadadores la mayor movilidad en hombros y tobillos se da entre los especialistas en los estilos mariposa y espalda, mientras que los nadadores de braza presentan la menor flexibilidad en estas articulaciones. Sin embargo, los nadadores de braza tienen el mayor grado de movilidad articular en rodillas y caderas. En el atletismo, los lanzadores, sobre todo los de jabalina, desarrollan el nivel más alto de movilidad en el hombro, mientras que la menor flexibilidad en las caderas se detectó entre los saltadores de vallas.
- La relativa relación entre la flexibilidad activa y pasiva depende de los métodos de entrenamiento empleados. Si se emplean sobre todo métodos de estiramiento estáticos y pasivos, el coeficiente de correlación entre la flexibilidad activa y pasiva es 0,61-0,73 dependiendo de la articulación. El empleo combinado de ejercicios de estiramiento y fortalecimiento aumenta este valor hasta 0,91.
- Una gran diferencia entre la flexibilidad activa y pasiva (medida que podemos llamar déficit FD de flexibilidad) establece una correlación más fuerte con la incidencia de lesiones de los tejidos blandos.
- El déficit de la flexibilidad disminuye bastante con el empleo concurrente de un entrenamiento de estiramientos y contrarresistencia, sobre todo si los ejercicios de fuerza se realizan en una zona de flexibilidad activa deficiente.

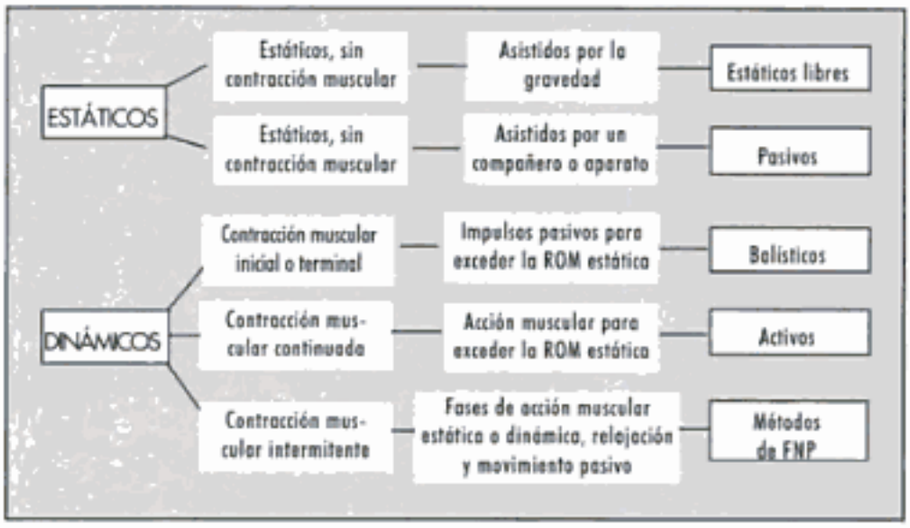


Figura 3.34 *Clasificación de los distintos medios de estiramiento estático y dinámico.*

Como la flexibilidad activa es una función de la longitud y rigidez mecánica de los tejidos blandos, así como la fuerza de los músculos para mover una articulación hasta el límite de su amplitud, cualquier ejercicio de estiramiento debe identificar cual de estos factores precisa un mayor énfasis para mejorar la flexibilidad activa. Los métodos de estiramiento estáticos se emplean cuando este énfasis se pone sobre las capacidades tisulares, mientras que los métodos dinámicos son esenciales para rectificar los déficit del rendimiento de la fuerza con amplitud total. Sin embargo, no sólo es flexibilidad activa, sino una amplitud funcional y activa de movimiento en la acción deportiva específica, lo cual es de central importancia para la capacidad deportiva.

Algunos científicos han criticado los métodos tradicionales para la medición de la flexibilidad, ya

Urheberrechtlich geschütztes Material

que el experimentador suele guiar o forzar a los sujetos a alcanzar los límites de movimiento activo o pasivo. Una forma más objetiva de medición es utilizar un sistema de poleas unido al miembro relevante para que la carga lleve el miembro en un estado de relajación hasta el límite de amplitud (Tumanyan y Dzhanyan, 1980). Entonces se pueden definir varios grados de flexibilidad:

- flexibilidad pasiva máxima (PFmáx) medida cuando uno alcanza el umbral de dolor del movimiento;
- flexibilidad activa (FA), alcanzada con la acción no balística de los músculos del miembro;
- flexibilidad pasiva con carga (FP), medida con una carga que aumenta progresivamente pero sin alcanzar el umbral del dolor.

Esto nos permite ahora calcular tres índices de flexibilidad:

- Déficit de flexibilidad activa máxima
  $$DFmáx = FPmáx - FA$$
- Déficit de flexibilidad activa con carga
  $$DF = FP - FA$$
- Intervalo del umbral de dolor de la flexibilidad
  $$UDF = FPmáx - FP$$

Empleando estas medidas se halló que (Tumanyan & Dzhanyan, 1980):

- Los estiramientos pasivos y estáticos aumentan la flexibilidad pasiva. Los aumentos de la flexibilidad pasiva y activa son iguales y la diferencia entre ambas no experimenta cambio alguno.
- Los ejercicios de fuerza de amplitud completa aumentan la flexibilidad pasiva y decrecen la diferencia entre la flexibilidad activa y pasiva.
- Los ejercicios de fuerza y flexibilidad concurrentes aumentan la flexibilidad pasiva y activa y disminuyen la diferencia entre ellos.

Así pues, los estiramientos dinámicos ejecutados mientras uno se concentra deliberadamente en la relajación progresiva del complejo de músculos relajados que se someten al estiramiento se muestran muy valiosos para mejorar la flexibilidad activa. Aunque la mayoría de los instructores de condición física creen que estirar un músculo relajado es más seguro y más eficaz, las técnicas de la FNP que emplean fases de contracción y relajación también son seguras y muy eficaces (ver cap. 7). La aplicación de los principios de la FNP con patrones espirales y diagonales de movimiento también produce una ROM funcional tridimensional superior al de los estiramientos estáticos normales.

Una de las otras formas de estiramiento dinámico, los estiramientos balísticos, es muy eficaz y segura cuando se realiza mediante 3-5 series de 8-12 repeticiones, aumentando gradualmente la amplitud de movimiento en cada repetición (Matveyev, 1981). No hay que ejecutar más repeticiones cuando la amplitud de movimiento empeora con el cansancio.

El empleo de la actividad cuasi-isométrica es muy útil para desarrollar la flexibilidad activa (ver cap. 1). Esto exige ejercitar un miembro con movimientos de amplitud completa contra una resistencia que estira la articulación con suavidad más allá de su límite de la flexibilidad estática sin producir ningún movimiento repentino que reclute el reflejo miotático. Los pesos libres, las poleas y otras máquinas de entrenamiento funcional son particularmente versátiles al permitir ejecutar los patrones naturales de movimiento contra la resistencia (ver cap. 4). Además, los periodos más largos de actividad progresiva isométrica o cuasi-isométrica con una amplitud total de movimiento producen mejoras superiores en la flexibilidad activa.

Los ejercicios cuasi-isométricos excéntricos son sobre todo útiles para mejorar la amplitud funcional

Urheberrechtlich geschütztes Material

de movimiento cuando la carga fuerza la articulación a moverse con lentitud y excéntricamente más allá de su límite de flexibilidad estática. Empleado como un método para mejorar la flexibilidad, no tiene por que ejercitarse con cargas muy pesadas: hay que comenzar con pequeñas cargas y emplear el principio de la sobrecarga progresiva para llegar de forma gradual a las cargas cuasi-máximas. En el entrenamiento con cargas ligeras o pesadas se emplean repeticiones múltiples, que aumentan gradualmente la amplitud de movimiento en cada repetición. Ambos tipos de ejercicios cuasi-isométricos se emplean junto con las técnicas y patrones de la FNP para mejorar las capacidades de la forma física como la fuerza estática, la flexibilidad estática, la flexibilidad dinámica, la flexibilidad-fuerza y la flexibilidad-resistencia (ver cap. 7).

La fuerza inicial es también muy importante para el rendimiento muscular, por lo que hay que desaconsejar el empleo de un entrenamiento de estiramientos incontrolados o con resistencia parcial que pueda empeorar esta capacidad. Por el contrario, hay que aconsejar el entrenamiento con resistencia de intensidad en aumento gradual en cualquier zona muscular activa e inadecuada, sobre todo cuando la extensión es completa. Por desgracia, la mayoría de las máquinas isocinéticas introducen cierta demora en las fases iniciales y, por tanto, son inadecuadas para desarrollar la fuerza inicial o la flexibilidad funcional en esta crítica zona articular. Si la inercia de los pesos, máquinas o sistemas de poleas se muestra inadecuada para la fase inicial de la rehabilitación, una progresiva secuencia de contracciones isométricas con distintos ángulos articulares o un trabajo contra bandas elásticas (con el extremo fijo desplazado hasta posiciones iniciales apropiadas) pueden ser muy útiles.

El acondicionamiento con estiramientos funcionales también mejora las capacidades de la flexibilidad-velocidad, la flexibilidad-fuerza (estática y dinámica) y la flexibilidad-resistencia (estática y dinámica) que son necesarias para conseguir un alto nivel de rendimiento deportivo. La flexibilidad velocidad es la capacidad para producir una ROM completa y eficaz con velocidad; la flexibilidad fuerza se refiere a la capacidad para producir poderosos movimientos estáticos y dinámicos y eficaces a lo largo de una ROM completa; y la flexibilidad resistencia es la capacidad para producir repetitivamente una ROM completa en condiciones dinámicas y estáticas. Entonces queda clara la importancia de emplear gran variedad de métodos de estiramiento secuenciando cuidadosamente la intensidad, duración y complejidad, periodizándolo todo por ciclos.

Flexibilidad baja frente a tensión muscular afuncional

Las limitaciones en la ROM funcional no deben atribuirse única y automáticamente a la rigidez articular, porque esto puede poner un énfasis innecesario en los estiramientos. Las limitaciones a una ROM completa también pueden estar causadas por distintas formas de tensión muscular excesiva o espúrea como la tensión de la coordinación, que acompaña a la tensión muscular apropiada y requerida por un movimiento dado. Esta tensión afuncional se produce tanto en los músculos fásicos como tónicos antes, durante y después del movimiento.

El nivel de maestría de los deportistas tiene una acusada influencia sobre la capacidad refleja de los músculos para contraerse y relajarse (fig. 3.35). La rapidez de la contracción y la relajación aumenta con el nivel de maestría, siendo la reducción del tiempo de relajación muy evidente. Queda clara, pues, la importancia de enseñar a los deportistas a relajar los músculos con rapidez y eficacia para mejorar la amplitud funcional de los movimientos deportivos. Tiene poca importancia que las articulaciones sean muy flexibles, tengan tejidos conectivos flexibles y bien acondicionados y una gran amplitud de movimiento si la acción está limitada por cualquier tensión muscular espúrea. Por tanto, el entrenamiento de la flexibilidad siempre debe

Urheberrechtlich geschütztes Material

combinarse con un entrenamiento neuromuscular para producir una ROM funcional eficaz.

Algunas de las formas para mejorar la capacidad para relajar los músculos son:

- Los métodos de la FNP de contracción-relajación, mantenimiento-relajación y otros que emplean los distintos reflejos de estiramiento para mejorar la relajación muscular (ver cap. 7).
- La eliminación repentina de las cargas, la eliminación repentina de una resistencia externa impuesta en condiciones isométricas o dinámicas fuertes (p. ej., el final del envión, la compleción++ de una sentadilla pesada o un press de banca, el lanzamiento de un peso o un balón medicinal, descargas cortas de contracción muscular fuerte). Se ha demostrado que este medio produce la mayor respuesta de relajación de todos los medios que se emplean habitualmente. Se vuelven incluso más eficaces cuando el proceso de contracción-relajación rápido y potente se relaciona cuanto sea posible con las acciones deportivas dadas.
- El cambio de los grupos musculares de un estado de tensión a otro de relajación de forma gradual y controlada o una serie de estadios (p. ej., el método de relajación progresiva de Jacobsen).
- El control de la tensión excesiva de los músculos de la cara y las manos, lo cual suele reflejar bastante bien la tensión general.
- El empleo de una visualización controlada de los músculos con una progresión desde la contracción a la relajación y viceversa.
- El empleo de un entrenamiento autogéno, con relajación progresiva, meditación o masajes.
- El empleo de patrones respiratorios sobre la base de que la tensión se relaciona con la inhalación de aire y con aguantar la respiración, que se emplea (la maniobra de Valsalva) cuando hay que producir una fuerza máxima y la columna tiene que estar estabilizada. Por el contrario, la relajación se relaciona con la exhalación suave y controlada. Siempre hay que combinar técnicas apropiadas de respiración con todas las fases del movimiento para mejorar la movilidad, estabilidad y relajación.
- La ejecución de ejercicios en un estado de fatiga previo de ciertos grupos musculares seleccionados (el principo de la prefatiga suele emplearse en el culturismo para aumentar la tensión de un grupo múscular escogido) siempre que no se resienta la técnica del movimiento.
- El empleo de actividades de distracción o concentración para que los deportistas se centren en distintos estímulos de los que se relacionan con las acciones de un deporte dado (p. ej., la música, hablar con un compañero mientras se corre o pensar en algo agradable): Estos métodos suponen asumir o exteriorizar el problema, lo apropiado de cada método se determina sobre una base individual.
- El empleo de movimientos circulares, cíclicos o bruscos y rítmicos tanto del cuerpo como de los miembros para relajar los músculos que acaban de someterse a fuertes contracciones (p. ej., ciertos movimientos de la danza, la natación y el tai chi chino).

EL SISTEMA MATRICIAL DE ESTIRAMIENTOS

Son muchos los libros que se han escrito con excelentes ilustraciones sobre estiramientos específicos, si bien es difícil hallar uno solo que exponga un sistema generalizado para describir todos los tipos de estiramiento que permiten crear un repertorio ilimitado de nuevos estiramientos. Tal sistema puede derivarse rápidamente de una tabla con las acciones desarrolladas por los músculos, siempre que se recuerde que lo contrario de cualquier acción para contraer un grupo de músculos dado es un estiramiento del mismo grupo de músculos. La siguien-

Urheberrechtlich geschütztes Material

te serie de tablas han sido elaboradas sobre el principio de que sus usuarios puedan estirar cualquiera de los grupos musculares principales que aparecen a la izquierda de cada matriz.

Por ejemplo, si nos referimos a la figura 3.36, podemos diseñar estiramientos para muchos de los músculos que participan en el movimiento del tronco y el cuello.

Si se desea estirar el músculo multífido, hay que flexionar el tronco hacia delante y lateralmente, y girar el tronco; luego se repiten las mismas acciones por el otro lado del tronco. Las mismas acciones estiran el músculo erector de la columna y cuadrado lumbar (que se estira sin rotación alguna del tronco). El músculo recto del abdomen se estira con una extensión del tronco hacia atrás, mientras que el psoas se estira mediante la extensión del tronco combinada con una extensión lateral. Aunque a veces los músculos flexores de la cadera se identifican con el músculo psoas-ilíaco, el músculo ilíaco no se inserta en la columna ni en las costillas, por lo que no puede mover el tronco ni se puede estirar con una extensión del tronco.

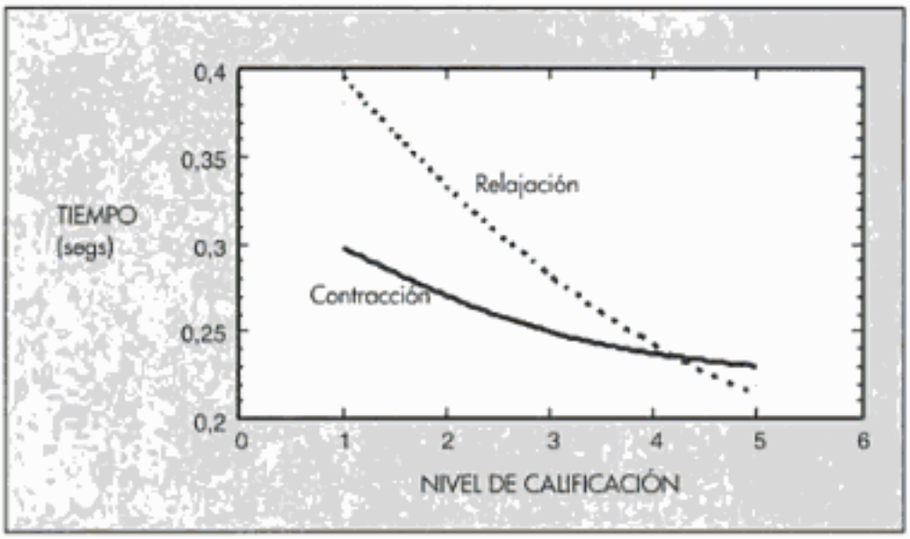


FIGURA 3.35 *Tiempos de contracción y relajación musculares de deportistas con niveles cada vez mayores de calificación, medidos con electromiografía (basados en los datos de Matveyev, 1981). El tiempo de contracción es el tiempo de una señal dada para el comienzo de la actividad eléctrica en el músculo, mientras que el tiempo de relajación es el tiempo que pasa desde que se da la señal hasta la desaparición de la actividad eléctrica. El nivel 1 se refiere a los principiantes; el nivel 2, a los deportistas de clase 3; el nivel 3, a los deportistas de clase 2; el nivel cuatro, a los deportistas de la clase 1, y el nivel 5, a los deportistas con maestría deportiva.*

Hay que subrayar que un mismo músculo participa en las acciones de varias articulaciones y se describe con más de una de las matrices de esta sección. Por ejemplo, el músculo psoas (como parte integrante del psoas-ilíaco) también aparece en la figura 3.39 como un músculo flexor de la cadera, por lo que puede estirarse mediante la extensión y rotación medial de la articulación coxofemoral. Dicho de otro modo, el músculo ilíaco sólo se puede estirar mediante una extensión y rotación medial de la cadera, mientras que el músculo psoas se estira con las mismas acciones combinadas con la extensión y la extensión lateral del tronco.

Para examinar la maniobra del estiramiento real, hay que referirse al pulmón frontal como hacen los esgrimistas. Si uno se inclina hacia delante con el tronco inclinado hacia delante y casi paralelo al suelo, el músculo ilíaco se estira al máximo, mientras el psoas no se estira completamente a no ser que se extienda el tronco hacia atrás cuanto sea posible, mientras se extiende al mismo tiempo lateralmente hacia el lado de la pierna dominante. Este ejemplo para el estiramiento del grupo de músculos psoas-ilíaco ilustra la forma en que estas matrices nos permiten estirar de manera selectiva los músculos cuyas funciones son similares o se superponen hasta cierto punto.

Consideremos ahora los músculos oblicuos y el músculo cuadrado lumbar, que intervienen en la flexión lateral del tronco. Los músculos oblicuos, a diferencia del músculo cuadrado lumbar, no extienden el tronco y, por tanto, no se estiran cuando el tronco se flexiona. El músculo cuadrado lumbar, por otra parte, no hace girar el tronco como los

Urheberrechtlich geschütztes Material

oblicuos, por lo que no se estira cuando el tronco gira. Sólo la extensión lateral del tronco estira tanto el músculo cuadrado lumbar como los oblicuos, pero la extensión no será máxima para ningún músculo a menos que se incluyan al mismo tiempo las otras acciones específicas para estirar estos músculos. Por tanto, la flexión y extensión lateral del tronco permitirán el estiramiento máximo del músculo cuadrado lumbar.

En todas las figuras, las matrices proporcionan una posición final adecuada para llegar con los movimientos y estirar los principales grupos musculares del cuerpo. Al aplicarlas, siempre hay que estar seguro mediante la consulta de las matrices de qué articulaciones cruza un músculo dado y sólo entonces se puede decidir la óptima forma para estirar todos los músculos implicados.

	Acciones del tronco				Acciones del cuello			
	Flexión	Extensión	Extensión lateral	Rotación	Flexión	Extensión	Extensión lateral	Rotación
Erector de la columna	*		*		*		*	*
Semiespinoso torácico	*		*					
Semiespinoso del cuello					*		*	*
Semiespinoso de cabeza					*		*	*
Multífido	*		*	*				
Cuadrado lumbar	*		*					
Esternocleidomastoideo						*	*	*
Esplenio					*		*	*
Escaleno						*	*	
Recto del abdomen		*						
Oblicuos externos		*	*	*				
Oblicuos internos		*	*	*				
Psoas		*	*					

FIGURA 3.36 *Acciones para estirar los músculos del tronco y la espalda.*

Como ya se ha dicho con anterioridad, los músculos suelen cruzar más de una articulación por lo que el empleo de una única matriz genera estiramientos que no son máximos. Por ejemplo, si consultamos la figura 3.38 como guía para el estiramiento de los distintos músculos flexores del codo, pasaremos por alto el hecho de que dos de ellos (el bíceps braquial y el tríceps) también cruzan la articulación del hombro. Por tanto, para estirar el bíceps es necesario extender tanto la articulación del hombro como la del codo, mientras el antebrazo se inclina hacia abajo.

En el caso del tríceps, el codo tiene que estar flexionado, mientras la articulación del hombro se extiende hacia atrás (en el plano sagital) y es abducida (en el plano frontal). A menudo es útil consultar las matrices de movimiento para asegurarse de qué músculos son los responsables de generar la acción de una articulación dada.

La versatilidad de este sistema matricial de estiramientos se aprecia cuando nos damos cuenta de que muchas de las acciones de las articulaciones implicadas se realizan con distintas posturas básicas, como de pie, acostado o sentado. Se emplean para analizar los numerosos estiramientos de la

danza y la gimnasia deportiva, así como las posturas del yoga (asanas) y, por tanto, para adquirir el adiestramiento para emplear las matrices creativamente y con facilidad.

La finalidad de estas matrices no es cubrir de forma exhaustiva el tema de los estiramientos de todos los grupos musculares; su utilidad no es otra que introducir el concepto del sistema de matrices de estiramiento y ofrecer ejemplos básicos para su aplicación mediante ejercicios específicos. Los entrenadores creativos deben emplear las existentes series de matrices para diseñar nuevas maniobras de estiramiento y mejorar la eficacia de los estiramientos de los que ya hacen uso.

Puesto que los estiramientos dinámicos dentro de los patrones de movimiento funcionales proporcionan la forma más valiosa de estiramiento específico para los deportes, el concepto de las matrices de estiramiento puede ampliarse y generar un método para ejecutar movimientos de amplitud completa desde una posición de elongación total de un músculo hasta la contracción total del mismo grupo muscular y viceversa.

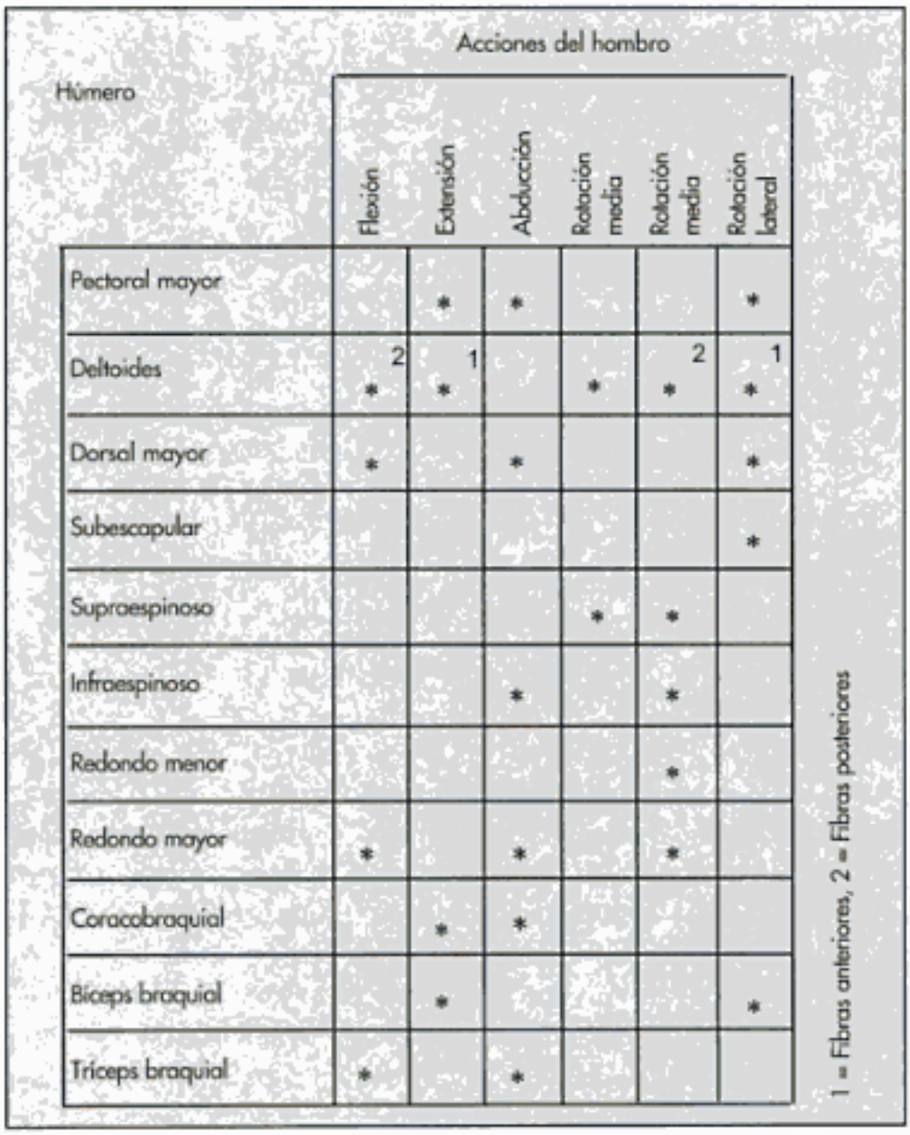


Figura 3.37 *Acciones para estirar los músculos que mueven la parte superior del brazo (húmero).*

No es necesario diseñar un conjunto de maniobras de flexibilidad individual altamente específicas para mejorar la flexibilidad de todo el cuerpo, porque sería ineficaz y quitaría mucho tiempo. En vez de esto, hay que emplear movimientos funcionales como los que suelen ejecutarse en el deporte y aplicar las distintas técnicas de estiramiento ya tratadas. En la mayoría de los casos, unos cuantos estiramientos dinámicos apropiados con una amplitud, tensión y duración de aumento gradual mediante acciones multiarticulares del deporte, sustituirán una sesión prolongada con docenas de estiramientos uniarticulares.

Siempre hay que recordar que el propósito fundamental de los estiramientos es mejorar el rendimiento y reducir la posibilidad de lesionarse. Por tanto, todos los ejercicios de estiramiento deben aumentar no sólo la amplitud pasiva o estática de movimiento, sino también la

flexibilidad fuerza funcional para todas las acciones articulares estáticas y dinámicas que probablemente se necesiten en la práctica de un deporte.

EL SISTEMA MATRICIAL DE MOVIMIENTO

La relación existente entre las acciones articulares y musculares se describe por medio de una serie de matrices de movimiento. Hay dos formas de emplear estas matrices:

- identificando los músculos que corresponden a una acción articular dada;
- identificando las acciones producidas por un grupo de músculos dado.

Estas matrices tienen gran valor cuando se necesita analizar o diseñar ejercicios según el esquema del capítulo 8. En las siguientes páginas aparecen ejemplos de estas matrices de movimiento, siendo la omisión principal la matriz correspondiente a las acciones de la muñeca y los dedos.

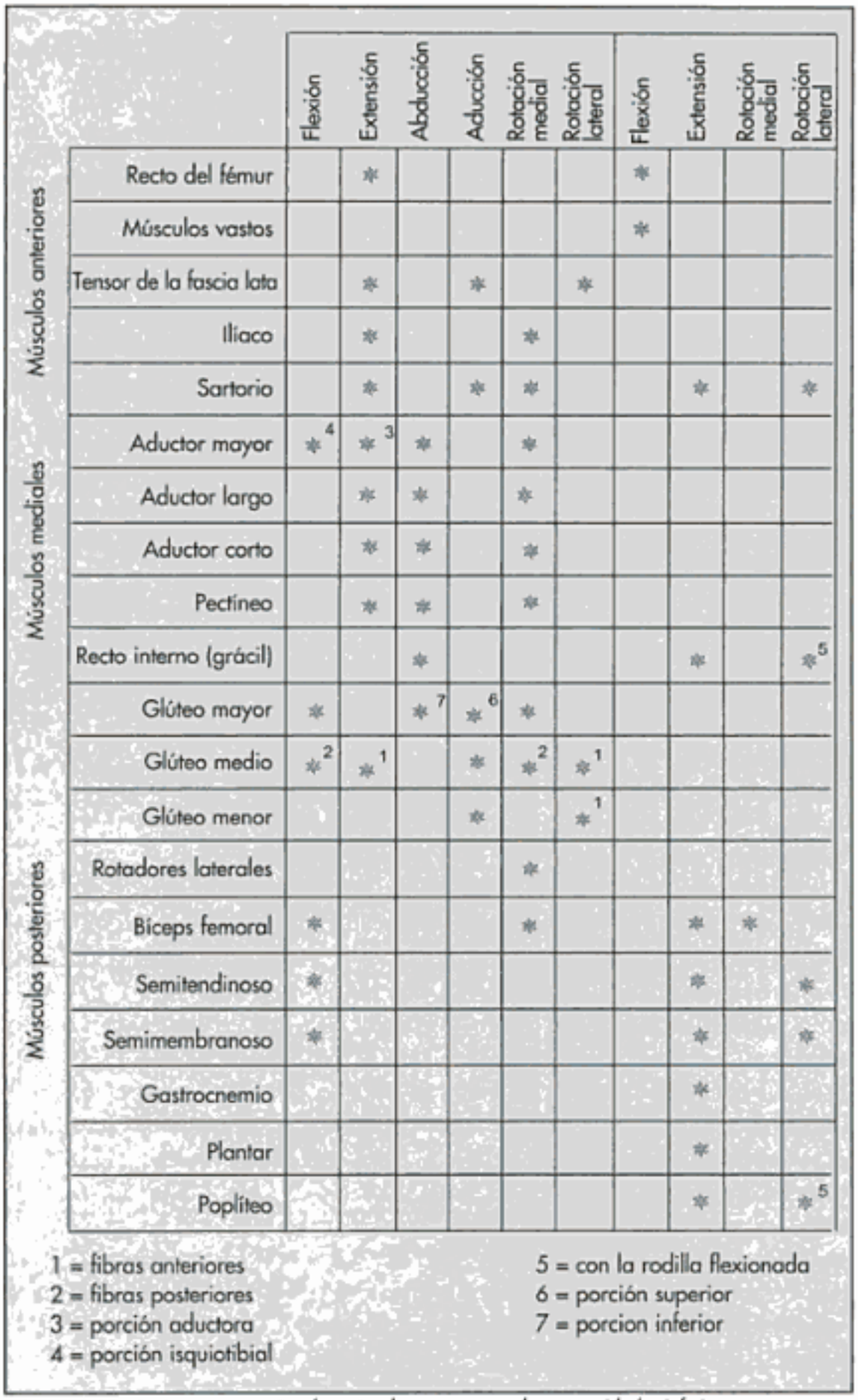
Es importante destacar que a veces es necesario aplicar de forma simultánea más de una matriz de movimiento, ya que algunos músculos cruzan más de una articulación. Por ejemplo, si queremos diseñar un patrón de estiramiento dinámico para el músculo gastrocnemio, que cruza las articulaciones de la rodilla y el tobillo, hay que consultar las figuras 3.41 y 3.42 para asegurarse de qué matriz es más apropiada para cada situación dada (p. ej., un ejercicio para una sola articulación) o de si ambas matrices deben emplearse para un ejercicio multiarticular.

Si deseamos diseñar un ejercicio adecuado para el entrenamiento máximo del músculo bíceps braquial, que cruza las articulaciones del codo y del hombro, entonces tenemos que consultar las figuras 3.43 y 3.44. Las matrices muestran que el bíceps flexiona tanto el hombro como el codo, por lo que estas articulaciones deben extenderse cuando el bíceps tenga que actuar desde una posición inicial de preestiramiento completo hasta una posición final de flexión total.

	Flexión del codo	Extensión del codo	Pronación	Supinación
Bíceps braquial		*	*	
Tríceps braquial	*			
Ancóneo	*			
Supinador largo		*		
Supinador largo		*		
Pronador redondo				*
Pronador cuadrado				*
Supinador			*	

Figura 3.38 *Acciones para estirar los músculos que mueven el antebrazo.*

Urheberrechtlich geschütztes Material



		Flexión	Extensión	Abducción	Aducción	Rotación medial	Rotación lateral	Flexión	Extensión	Rotación medial	Rotación lateral
Músculos anteriores	Recto del fémur		*					*			
	Músculos vastos							*			
	Tensor de la fascia lata		*		*		*				
	Iliaco		*			*					
	Sartorio		*		*	*			*		*
Músculos mediales	Aductor mayor	*[4]	*[3]	*		*					
	Aductor largo		*	*		*					
	Aductor corto		*	*		*					
	Pectíneo		*	*		*					
	Recto interno (grácil)			*					*		*[5]
Músculos posteriores	Glúteo mayor	*		*[7]	*[6]	*					
	Glúteo medio	*[2]	*[1]		*	*[2]	*[1]				
	Glúteo menor				*		*[1]				
	Rotadores laterales					*					
	Bíceps femoral	*				*			*	*	
	Semitendinoso	*							*		*
	Semimembranoso	*							*		*
	Gastrocnemio								*		
	Plantar								*		
	Poplíteo								*		*[5]

1 = fibras anteriores
2 = fibras posteriores
3 = porción aductora
4 = porción isquiotibial
5 = con la rodilla flexionada
6 = porción superior
7 = porcion inferior

FIGURA 3.39 *Acciones para estirar los músculos que mueven las extremidades inferiores.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

Este tipo de situación es la misma para todas las acciones multiarticulares. Por tanto, la participación máxima del músculo recto femoral (recto anterior), que cruza tanto la cadera como la rodilla (fig. 3.41), necesita comenzar en una posición de preestiramiento de este músculo con extensión de la cadera y flexión de la rodilla. El músculo gastrocnemio, a diferencia del sóleo, es un músculo biarticular que flexiona la rodilla y permite la flexión plantar del tobillo (figs. 3.41 y 3.42), por lo que se puede entrenar con mayor eficacia con un ejercicio cualquiera que comprenda estas dos acciones simultáneamente. Esta acción dual se produce de forma natural durante la fase de doble flexión de la rodilla durante la cargada de la halterofilia o durante lo que Yessis ha llamado levantamientos con carga del gastrocnemio, isquiotibiales y glúteos, una forma modificada de las hiperextensiones boca abajo en un potro con arcos con los pies haciendo presión con firmeza contra una plataforma vertical (Yessis, 1992).

		Acción del tobillo			Acción de los dedos del pie		
		Flexión plantar	Dorsiflexión	Inversión	Eversión	Flexión	Extensión
Músculos anteriores	Tibial anterior	*			*		
	Extensor largo de los dedos	*		*		*	
	Peroneo tercero	*		*			
	Extensor largo del dedo gordo	*			*	* (dedo gordo)	
Músculos laterales	Peroneo largo						
	Peroneo corto		*	*			
Músculos posteriores	Gastrocnemio		*				
	Sóleo		*				
	Plantar		*				
	Flexor largo de los dedos		*		*		*
	Flexor largo del dedo gordo		*		*		* (dedo gordo)
	Tibial posterior		*		*		

FIGURA 3.40 *Acciones para estirar los músculos que mueven los pies.*

Estas matrices deben hacer hincapié en que es preferible pensar más en las acciones articulares que en las acciones musculares cuando analizamos qué músculos intervienen en la producción de un movimiento dado o cuando intentamos asegurarnos de qué músculos se ejercitan con una máquina concreta. La práctica popular consistente en identificar sólo los músculos impulsores primarios, como sucede en los entrenamientos de pesas o en las publicaciones sobre culturismo, ofrece una visión errónea y parcial de la situación, sobre todo cuando los músculos estabilizadores se contraen con mayor vigor que los músculos impulsores durante algunos ejercicios. No hay ninguna situación en la que los músculos estabilizadores no se contraigan también mientras los impulsores desempeñan su papel dinámico. Por tanto, al analizar cualquier movimiento siempre hay que identificar:

- las articulaciones que se mueven;
- las articulaciones que se estabilizan;
- las articulaciones que se estabilizan y mueven a la vez.

Los músculos relevantes que intervienen en cualquier movimiento o estabilización se determinan mediante la consulta de la matriz de movimiento adecuada. Incluso entonces, la visión de la mecánica de los movimientos humanos sigue siendo

Urheberrechtlich geschütztes Material

		Cadera						Rodilla			
		Flexión	Extensión	Abducción	Aducción	Rotación medial	Rotación lateral	Flexión	Extensión	Rotación medial	Rotación lateral
Músculos anteriores	Recto femoral	*							*		
	Músculos vastos								*		
	Tensor de la fascia lata	*		*		*					
	Ilíaco	*P					*				
	Sartorio	*		*			*	*W		*	
Músculos mediales	Aductor mayor	*3	*4		*		*				
	Aductor largo	*			*		*				
	Aductor breve	*			*		*				
	Pectíneo	*			*		*				
	Recto interno				*			*		*5	
Músculos posteriores	Glúteo mayor		*P	*6	*7		*				
	Glúteo medio	*1	*2	*		*1	*2				
	Glúteo menor			*		*1					
	Rotadores laterales						*				
	Bíceps femoral		*					*P			*
	Semitendinoso		*					*P		*	
	Semimembranoso		*					*P		*	
	Gastrocnemio							*			
	Plantar							*			
	Poplíteo							*		*5	

1 = fibras anteriores
2 = fibras posteriores
3 = porción aductora
4 = porción isquiotibial
5 = con la rodilla flexionada
6 = porción superior
7 = porción inferior
W = acción débil
P = impulsor primario

FIGURA 3.41 *Acciones de los músculos que mueven las extremidades inferiores.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

		Tobillo				Dedos del pie	
		Flexión plantar	Flexión plantar	Inversión	Eversión	Flexión	Extensión
Músculos anteriores	Tibial anterior		* P	*			
	Extensor digital de los dedos		*		*		* P
	Peroneo tercero		*		*		
	Extensor largo del dedo gordo		*	*			* (dedo gordo)
Músculos laterales	Peroneo largo	* W			*		
	Peroneo corto	* W			*		
Músculos posteriores	Gastrocnemio	*					
	Sóleo	*					
	Plantar	* W					
	Flexor largo de los dedos	*		*		* P	
	Flexor largo del dedo gordo	*		* P		* (dedo gordo)	
	Tibial posterior	*		*			

P = impulso primario W = acción débil

FIGURA 3.42 *Acciones de los músculos del pie.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

		Hombre						Cintura escapular					
		Flexión	Extensión	Abducción	Aducción	Rotación medial	Rotación lateral	Elevación	Depresión	Protracción	Retracción	Rotación arriba	Rotación abajo
Pectorales	Pectoral mayor (clavicular)	★			★	★							
	Pectoral mayor (externo & abd)	★	★		★	★							
	Pectoral menor								★	★			★
Manguito de los rotadores	Subescapular					★							
	Supraespinoso			★			★						
	Infraespinoso				★		★						
	Redondo menor						★						
	Redondo mayor		★		★	★							
	Dorsal ancho		★		★	★							
	Bíceps braquial	★		★	★								
	Tríceps braquial (cabeza larga)		★		★								
	Coracobraquial	★			★								
Deltoides	Parte anterior	★		★		★							
	Parte medial			★									
	Parte posterior		★	★			★						
Trapecio	Trapecio I							★					
	Trapecio II							★			★	★	
	Trapecio III										★		
	Trapecio IV								★		★	★	
	Romboides										★		★
	Elevador de la escapula							★					
	Serrato anterior									★		★	
	Subclavio								★				

p = impulsor primario 1 = cabeza larga del bíceps 2 = cabeza corta del bíceps

FIGURA 3.43 *Acciones de los músculos que mueven el hombro.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

incompleta, porque este enfoque tiende a hacer que prolifere la visión extendida pero errónea de que:

- un mismo movimiento siempre está producido por los mismos músculos;
- los mismos músculos producen siempre los mismos movimientos;
- los mismos músculos son dominantes en toda la amplitud de movimiento;
- los músculos sólo actúan como tejidos activos;
- los músculos sólo actúan como impulsores o estabilizadores;
- los músculos son los únicos tejidos importantes que controlan el movimiento.

Para identificar los músculos que se activan durante un movimiento no es necesario recurrir a las EMG (electromiografías), a menos que el objetivo sea realizar una investigación precisa. En vez de esto, la palpación firme con las puntas de los dedos sobre áreas superficiales del cuerpo proporciona datos suficientes sobre los músculos y otros tejidos implicados. Esto se puede comprobar mediante una tabla anatómica. Aunque con una palpación hábil se pueden identificar regiones de tensión muscular máxima o mínima, el grado más preciso en que se implica cada grupo muscular en cualquier estadio dado de un movimiento tiene que determinarse mediante una EMG o un miotensiómetro, que se emplean para estudiar la relación entre el esfuerzo eferente (o momento articular) y los cambios correspondientes en la tensión muscular (Siff, 1986).

Este tipo de test confirma que es erróneo e impreciso hablar de ejercicios para músculos aislados, porque el grado de aislamiento (o implicación dominante) de un único grupo muscular depende de cuán grande sea la resistencia (cap. 4). Por lo general, cuanto mayor sea la carga, mayor es el desbordamiento y la implicación de otros grupos musculares. Se puede conseguir un grado considerable de



FIGURA 3.44 *Acciones de los músculos que mueven el brazo (húmero).*

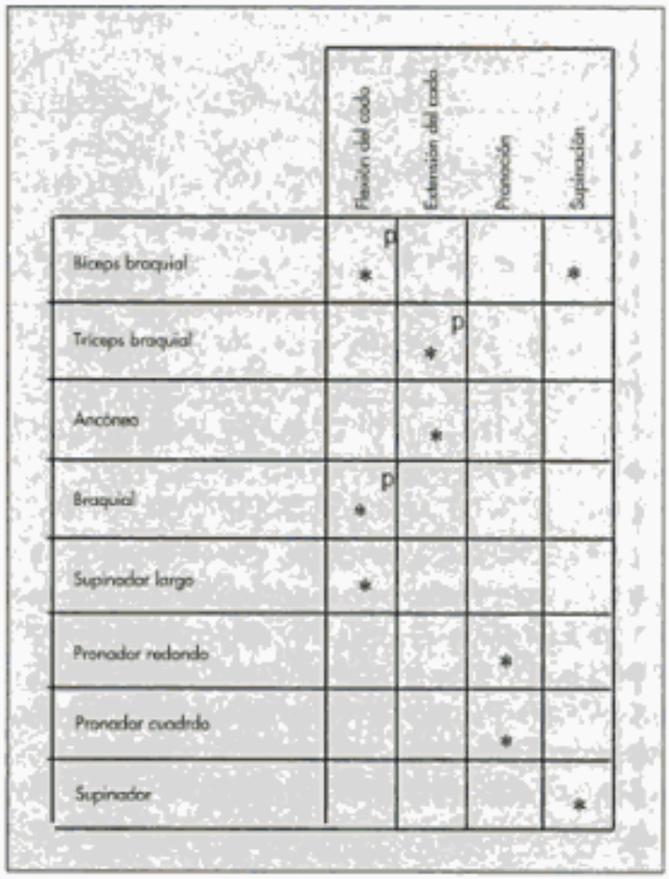


Figura 3.45 *Acciones de los músculos que mueven el antebrazo.*

	Flexion	Extensión	Flexion lateral	Rotación	Flexion	Extensión	Flexion lateral	Rotación
Erector de la columna		★	★			★	★	★
Semiespinoso torácico		★	★					
Semiespinoso del cuello						★	★	★
Semiespinoso de la cabeza						★	★	★
Multífido		★	★	★				
Cuadrado lumbar		★	★					
Esternocleidomastoideo					★		★	★
Esplenio						★	★	★
Escaleno					★		★	
Recto del abdomen	★							
Oblicuos externos	★		★	★				
Oblicuos internos	★		★	★				
Psoas	★		★					

Figura 3.46 *Acciones de los músculos del tronco y la espalda.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

aislamiento mediante la estimulación eléctrica (cap. 2), pues esto suele desarrollar la hipertrofia muscular, objetivo principal del entrenamiento «de aislamiento muscular».

A menos que nos veamos tentados a considerar que sólo los músculos son los responsables de toda la estabilización y movilización, debemos recordar que los ligamentos, fascias y cápsulas articulares desempeñan un papel importante en la estabilización pasiva de algunas articulaciones que permiten al cuerpo emplear de forma activa los músculos con el fin de ejecutar otras tareas. Aunque este papel estabilizador es bien conocido en la prevención de daños articulares cuando una carga amenaza con mover una articulación más allá de sus límites estructurales activos, estos tejidos blandos también desempeñan un papel vital durante situaciones normales.

Por ejemplo, el papel de la implicación de los ligamentos vertebrales durante la ejecución de ejercicios de peso muerto o cargada es valiosísimo para disminuir la tensión sobre el músculo erector de la columna. La flexión vertebral durante los levantamientos pesados que se inician desde el suelo puede dañar los discos intervertebrales, por lo que los levantadores competentes tienen que esforzarse por disminuir el aplanamiento de la región lumbar de la columna mediante la concentración activa en aumentar la tensión del músculo erector de la columna. Si esta acción se exagera, los distintos ligamentos espinales pierden tensión y la mayor parte de la carga recae sobre los músculos. Por el contrario, cuando los músculos se contraen de forma inadecuada, entonces la tensión excesiva se concentra en los ligamentos, lo cual mejora la eficacia del levantamiento y disminuye el riesgo de lesionarse. Es esencial contar con ritmos y patrones parecidos de la implicación de los músculos y otros tejidos blandos para realizar con eficacia y seguridad todos los entrenamientos de la fuerza.

Urheberrechtlich geschütztes Material

CAPÍTULO 4

Medios para el entrenamiento especial de la fuerza

Las opiniones que existen sobre los medios y métodos para el entrenamiento de la fuerza suelen repetirse una y otra vez con el comienzo de la era moderna, y supusieron el éxito inicial en la identificación de los mecanismos motores de las técnicas deportivas. Esto ha ayudado a determinar con mayor precisión los medios para el entrenamiento de la fuerza; sin embargo, con la mejora de los logros deportivos, el efecto de estos medios se ha vuelto menos acusado. Si bien fue aumentando el volumen de esos mismos ejercicios, se halló que este enfoque también tenía sus limitaciones. Una vez más, los investigadores se volcaron en el análisis de los movimientos deportivos, pero ahora equipados con una tecnología más avanzada para realizar sus mediciones.

Esta nueva era de investigaciones conllevó nuevos progresos en la metodología del entrenamiento. Éste fue el caso, por ejemplo, cuando la información sobre la importancia de la fuerza en el deporte salió de los laboratorios y los entrenadores vieron con optimismo el entrenamiento con pesas. La siguiente tendencia se orientó hacia la especificidad, ya que los estudios indicaban que la fuerza necesaria para una ejecución satisfactoria de un movimiento tiene poco efecto en otro movimiento. Por supuesto, esta especificidad de la fuerza hizo que la atención se orientara al principio de la selección de los medios de preparación especial.

Por lo general, el progreso de los métodos para la preparación de la fuerza lleva, por lógica, al examen de los mecanismos motores que desarrollan los movimientos deportivos. Esto ha dado lugar a la formulación de nuevas hipótesis para reemplazar las aceptadas, comenzando por el conocimiento de los movimientos deportivos reales y el nivel específico de condición física de los deportistas; lo cual explica por qué es necesario diseñar nuevos medios que no puedan ser fácilmente rechazados y sustituidos por técnicas impuestas por la moda y que se basan más en la tradición y los sentimientos que en una base científica.

Por lo tanto, la selección de la fuerza et al. medios de entrenamiento basados en los elementos motrices específicos de ciertos ejercicios deportivos es una de las tareas más importantes en el mundo del deporte. Esto ha marcado un punto de inflexión en la ciencia del entrenamiento, que ha

Urheberrechtlich geschütztes Material

identificado la progresión de todo entrenamiento con el establecimiento de un programa de preparación física general (PFG) y otro de preparación física específica (PFE) guiados por un profundo conocimiento del carácter específico de la actividad deportiva. La práctica de la selección de los medios de la preparación de la fuerza, que se basa en los elementos específicos de los movimientos del deportista, ha llevado a abandonar la confianza en la intuición por sí sola y a buscar unos fundamentos más objetivos.

Estas bases se expresan teóricamente por medio del principio de la correspondencia dinámica, que determina el grado de correspondencia de los medios especiales de preparación de la fuerza con el carácter del trabajo del sistema neuromuscular de cada deporte.

EL PROBLEMA DE LOS MEDIOS DE ENTRENAMIENTO

El proceso de adaptación comprende la estimulación del medio ambiente interno y externo, que a su vez deja ciertas huellas en el cuerpo. Con una repetida estimulación las huellas se acumulan y generan modificaciones importantes que aumentan la capacidad funcional del cuerpo. Una característica de todos los seres vivos es la relativa rapidez con la que se adaptan a los estímulos crónicos. El mismo régimen de estimulación produce una adaptación acelerada hasta que se interrumpe y se mantienen únicamente los niveles existentes. Otro régimen puede ser excesivo y entonces conlleva un sobreentrenamiento que impide la adaptación. Un nivel óptimo de estimulación que se dosifique con una secuencia progresiva y gradual de unos medios cuidadosamente elegidos es esencial para asegurarse de que se produce la adaptación en sucesivos niveles de rendimiento (ver cap. 1).

Esto, en términos generales y simplificados, constituye el fundamento fisiológico del entrenamiento, aunque en realidad se trata de un proceso muy complejo, pues el ejercicio sistemático como forma de acondicionamiento físico comprende diferentes estímulos que afectan a todos los sistemas del cuerpo. Por ejemplo, la carga, el número de repeticiones, el *tempo* de la ejecución y el lugar de las sesiones de entrenamiento influyen en la eficacia del entrenamiento y en el incremento de la fuerza. Estas variables pueden enumerarse con gran detalle, ya que el desarrollo de la fuerza no es el único objetivo del entrenamiento. Sin embargo, además de esto, es problable que los entrenadores hagan una selección dentro del amplio número de variaciones, creando una combinación de medios que, a su entender, tengan mayor éxito.

CARACTERÍSTICAS DEL INCREMENTO DE LA FUERZA

La fuerza, como producto específico de la adaptación física, está determinada por la repetición de los estímulos a los que se ve expuesto el cuerpo durante la ejercitación del sistema motor. Sólo un nivel suficientemente intenso de contracciones musculares, lo cual se consigue por diferentes medios (p. ej., empleando tensiones isométricas o fuertes cargas con velocidades bajas), proporcionará un estímulo eficaz de entrenamiento. Las investigaciones han demostrado que el umbral del estímulo de entrenamiento necesario para incrementar la fuerza muscular de una persona normal no debe ser inferior a un tercio de la fuerza máxima (Hettinger y Muller, 1953). A medida que aumenta la fuerza, hay que incrementar también la intensidad del estímulo requerido para generar el estímulo de entrenamiento y alcanzar el 80-95% de la fuerza máxima del deportista. Tal vez sea apropiado, en algunas ocasiones, que la fuerza del estímulo de entrenamiento iguale o incluso exceda el nivel del estímulo de competición del ejercicio dado (Moroz, 1962; Ratov, 1962; Verkhoshansky, 1963).

Por tanto, el desarrollo de la fuerza requiere que la intensidad del estímulo aumente gradualmente. Se descubrió que cada estímulo tiene un umbral de fortalecimiento específico que, al alcanzarse, deja de producir más incrementos de la fuerza muscular (Muller, 1962). Cuanto menos entrenados estén los

Urheberrechtlich geschütztes Material

músculos, mayor será el umbral de fortalecimiento respecto al nivel inicial. El ritmo al cual se eleva la fuerza del nivel inicial hasta el umbral de fortalecimiento, expresado en forma de porcentaje del máximo de fuerza actual, es independiente del sexo, la edad, el grupo muscular ejercitado y el nivel de umbral de fortalecimiento (Muller, 1962). Después de haber alcanzado el umbral de fortalecimiento, la fuerza sólo se incrementa mediante la intensificación del entrenamiento (p. ej., sustituyéndolos por medios más fuertes, diseñando combinaciones más eficaces o aumentando el volumen de trabajo).

Estos intentos iniciales por establecer los principios generales del entrenamiento de la fuerza deben aplicarse con mayor precisión atendiendo a los medios y métodos del desarrollo de la fuerza, y a las caracteristicas individuales. Por ejemplo, según Korobkov (1953), Gerasimov (1953) y Vasiliev (1954), la fuerza aumenta con relativa uniformidad durante los estadios iniciales del entrenamiento, independientemente de cómo se aplica la carga de entrenamiento, o de si es fuerte o ligera.

Aproximadamente, se obtienen incrementos en la fuerza equivalentes con cargas del 20%, 40%, 60% y 80% de la máxima. Un incremento de la intensidad del entrenamiento en los estadios iniciales (p. ej., usando una carga más fuerte, un *tempo* de movimiento más rápido e intervalos más cortos entre las sesiones) no siempre mejora la eficacia del desarrollo de la fuerza, mostrándose efectivo únicamente más tarde a medida que aumenta el nivel general de fuerza.

Este principo puede ejemplificarse con los resultados del entrenamiento de los halterófilos. Los ejercicios con un 45-60% de 1RM en las primeras 8 sesiones son algo más eficaces que los ejercicios con cargas de un 60-75% y un 75-90% de 1RM. Tras 16 sesiones, la carga más eficaz fue un 75-90% de 1RM, mientras que la menos eficaz fue un 45-60% de 1RM (Zimkin, 1961), produciéndose un apreciable efecto de fortalecimiento entre los principiantes que emplean cargas de un 30-46% de 1RM, mientras que los deportistas más experimentados necesitan emplear al menos un 60% de 1RM (Muller y Hettinger, 1957).

Para interpretar estos factores hay que tener en cuenta la naturaleza física de la respuesta a las cargas de fuerza intensas, caracterizadas por una bajada temporal de la fuerza y velocidad de los movimientos, y por el incremento subsiguiente de la fuerza y la velocidad después de que la intensidad de la sobrecarga haya disminuido. Por tanto, la eficacia de las cargas fuertes no se manifiesta de inmediato, sino algún tiempo después. Ha quedado demostrado que la fuerza aumenta después de que las sesiones de tensión isométrica hayan cesado (Ckarke, 1954), mientras que un incremento acusado de la fuerza y velocidad de movimientos por el empleo de resistencias sólo se produce después de al menos 20 sesiones de entrenamiento (Chernyavsky, 1966).

Se comprobó que se producía un incremento medio del 18% al 25% de la fuerza-velocidad de un movimiento controlado después de 10 días de descanso tras un entrenamiento intenso de la fuerza especializada (Nyeniskin, 1974). Hay que asumir que este fenómeno está conectado con la famosa inercia de adaptación o efecto retardado del cuerpo y la recuperación supercompensatoria (reconstrucción adaptativa) posterior al trabajo de fuerza.

A medida que aumenta el nivel de la condición física, la dependencia del incremento de la fuerza y su efecto del tipo de entrenamiento realizado se hace más evidente (por lo que respecta a los medios y métodos). En aquellos casos en los que se introducen cargas pequeñas en el entrenamiento, se produce un incremento concurrente de la resistencia y velocidad de movimientos, además del incremento de la fuerza en situaciones con cargas y sin ellas. Si se emplean cargas fuertes en el entrenamiento, la fuerza aumenta de manera notable, al igual que la velocidad de los movimientos explosivos. Sin embargo, la resistencia sin cargas comienza a disminuir y hasta puede descender por debajo de los niveles iniciales.

Urheberrechtlich geschütztes Material

La magnitud del incremento de la fuerza y su carácter específico están también determinados por la combinación de los medios de entrenamiento empleados. Por ejemplo, el incremento de la fuerza y la velocidad de movimientos después de 20 sesiones de entrenamiento en las que se emplearon pesos de un 10% de 1RM y un 40% de 1RM (con volúmenes diferentes) fue el siguiente: en el grupo cuyo volumen de entrenamiento consistía en una carga del 20% con el 10% de 1RM, y una carga del 80% con el 40% de 1RM, se produjo un incremento de la fuerza del 44,8% y un incremento del 35,2% en la velocidad de movimiento respecto a los niveles iniciales. Las cifras correspondientes del segundo grupo, que realizó esta combinación a la inversa (20% con el 40% de 1RM y 80% con el 10% de 1RM), fueron un 31,6% y un 18,3% respectivamente (Chernyavsky, 1966).

El incremento de la fuerza depende también del nivel de fuerza inicial del deportista. En principio, cuanto menor sea el nivel de fuerza, mayor será el incremento que se produce con el entrenamiento. Virtualmente, todos los medios de entrenamiento se han mostrado beneficiosos en este sentido; sin embargo, con la mejora del rendimiento, el ritmo de incremento de la fuerza disminuye y se manifiesta sólo cuando se imponen medios especiales de entrenamiento suficientemente exigentes.

El desarrollo de métodos eficaces para entrenar la fuerza exige el mantenimiento de la fuerza ya adquirida. Si el objetivo principal del periodo preparatorio es el desarrollo de la fuerza, entonces es importante que se mantenga toda la fuerza posible durante el periodo de competición. Dicho de otro modo, parte de la intensidad del entrenamiento debe encaminarse a preservar el nivel de fuerza adquirida, lo cual es preferible a recuperar la fuerza después de que haya disminuido notablemente. Por desgracia, son pocos los estudios realizados en esta área. Después de 1-2 meses sin un trabajo sistemático de la fuerza, la fuerza de los músculos extensores de los esquiadores disminuye un 5-6% y la de los flexores, un 15-20%. Esto es sobre todo cierto en el caso de los deportistas que poseen un alto nivel de desarrollo de fuerza (Chistyakov, 1965). Los músculos llegan a perder hasta un 30% de su fuerza tras un periodo de descanso total (en la cama) de sólo una semana (Muller, 1966). La pérdida de fuerza causada por el cese total del entrenamiento con resistencias se produce aproximadamente al mismo ritmo observado en su incremento en los entrenamientos (Hettinger y Muller, 1955; Ravick y Larsen, 1959). Además, incluso cuando el nivel de fuerza no disminuye, si se hace un entrenamiento de fuerza después de haber dejado el ejercicio durante un periodo de 7-10 días, ello puede provocar dolores musculares pronunciados así como incapacitar al deportista para entrenar con intensidad hasta haberse recuperado por completo.

La pérdida casi total de la fuerza adicional que se produjo en un principio con 20 sesiones de ejercicios de fuerza velocidad se apreció 5 meses después de haber terminado un entrenamiento especial (un 8,8% después del primer mes; un 33,8% después del segundo; un 60,2% después del tercero; un 81,5% después del cuarto, y un 88,8% después del quinto mes). La pérdida mayor se produjo entre el segundo y el cuarto mes (Chenyavsky, 1966). Sin embargo, según otros datos, la fuerza adquirida a lo largo de un periodo de 40 sesiones no desciende a los niveles iniciales incluso un año después de haber cesado el entrenamiento (Vasiliev, 1954; McMorris y Eklins, 1954). Una importante proporción del incremento de la fuerza conseguida como resultado de diez sesiones de electroestimulación se mantuvo durante 5 meses (Khvilon, 1974). Se ha señalado que el incremento de la fuerza se mantiene más tiempo si se ve acompañada por un incremento de la masa muscular (DeLorme, 1950; Khrolon, 1974).

Aunque los datos anteriores dan una idea de las tendencias generales del incremento y mantenimiento de la fuerza muscular, existen contradicciones obvias. El diseño de métodos fiables para la

Urheberrechtlich geschütztes Material

preparación de la fuerza especial requiere la aplicación de métodos científicos con el objeto de:

- Estudiar el efecto del entrenamiento de los medios empleados en un deporte concreto con unos niveles de condición física dados.
- Determinar la secuencia óptima, la interrelación y continuidad de los medios de entrenamiento para los periodos de entrenamiento anuales y multianuales de los diferentes deportes y distintos objetivos.

Por tanto, la combinación de esfuerzos de enseñanza con prácticas especiales debe introducir un programa cuantitativo por medio del esquema básico de entrenamiento de fuerza especial ilustrado en la figura 4.1, en donde A, B y C son medios de entrenamiento de efecto cada vez mayor. En este sentido, hay que señalar que:

- La contribución de los distintos medios de entrenamiento que desarrollan las capacidades motrices clave disminuye con la mejora de los resultados deportivos.
- Estos medios son distintos por lo que se refiere a su efecto de entrenamiento, y el empleo de cada uno de ellos está justificado sólo cuando se tiene en consideración el nivel de forma física del deportista.

Dicho de otro modo, con el crecimiento de la maestría deportiva se hace preciso determinar la secuencia para introducir los medios elegidos dentro del proceso de entrenamiento a través de los cálculos del crecimiento y la continuidad de su efecto de entrenamiento. Esto constituye la base del incremento progresivo de la capacidad de trabajo especial.

Efecto de los medios de entrenamiento especiales

En los últimos años, las investigaciones científicas y la experiencia práctica han dado por fruto gran cantidad de descubrimientos sobre los métodos en los que se basa el entrenamiento de la fuerza especial. Sin embargo, es necesario apreciar que este material es general y su análisis es teórico. Aunque los deportistas de hoy en día alcanzan un alto nivel de rendimiento deportivo, sigue sin existir una base que justifique el resultado de una precisa metodología aplicada al entrenamiento especial de la fuerza. En gran medida el rendimiento es producto de un gran volumen de trabajo de fuerza y un gasto extraordinario de energía. Por lo general, la selección y el empleo de los medios para organizar el entrenamiento de la especial fuerza tiene numerosos puntos débiles.

A pesar de su aparente diversidad, la amplitud de los medios de entrenamiento de la fuerza especial es más bien limitada. En efecto, los principiantes y deportistas altamente capacitados emplean casi los mismos medios, siendo la diferencia el volumen y la intensidad de las cargas.

En primer lugar, esto produce monotonía en el entrenamiento y, en segundo lugar, el cuerpo se adapta a los estímulos repetidos y no responde con el nivel deseado de adaptación. Por lo tanto, los deportistas de alto nivel pasan mucho tiempo

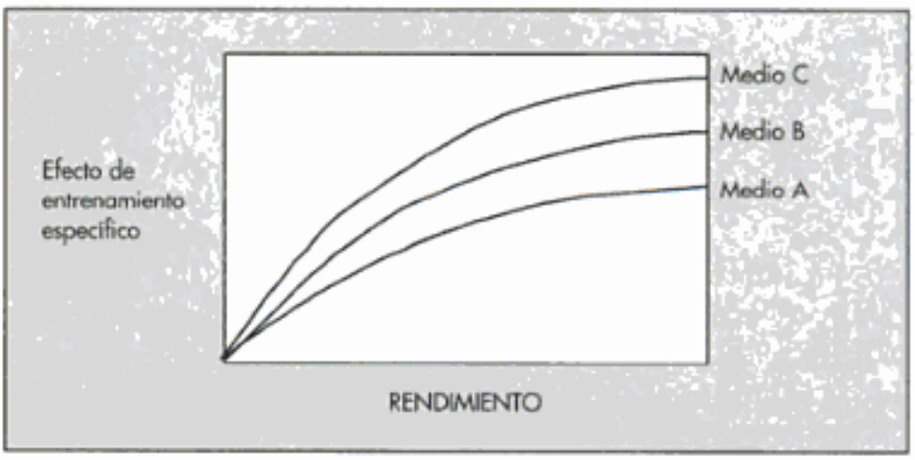


FIGURA 4.1 *Introducción de medios con un efecto de entrenamiento mayor.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

empleando medios ineficaces, ninguno de los cuales mejora su nivel de fuerza. Por otra parte, los principiantes a menudo emplean métodos excesivos de sobrecarga para los que no están preparados e interrumpen el proceso natural que lleva a lograr la maestría deportiva (PAMD).

Un inconveniente esencial de la organización del entrenamiento de la fuerza es que los deportistas prestan poca atención al fenómeno de la especificidad cuantitativa del efecto del entrenamiento de los ejercicios de fuerza. Así pues, con mucha frecuencia emplean medios cuyo efecto de entrenamiento específico se relaciona débilmente con las exigencias impuestas al cuerpo a través de los ejercicios fundamentales. Por ejemplo, los ejercicios que se seleccionan para el desarrollo de la fuerza a menudo ofrecen sólo un acondicionamiento general.

En el otro extremo, existe un intento por seleccionar ejercicios que sean estructuralmente parecidos a los ejercicios fundamentales. Esto puede estar justificado en ciertas circunstancias, pero a veces esta tendencia se lleva hasta el absurdo y los deportistas diseñan ejercicios tan complicados que son incluso menos eficaces que los movimientos de acondicionamiento general tradicional. Esto muestra que todos los sistemas de entrenamiento especial son deficientes si combinan de manera arbitraria ejercicios para el desarrollo de la fuerza general y de la fuerza específica.

Para diseñar un sistema científico seguro es necesario evaluar con objetividad el efecto del entrenamiento de los medios que intervienen en el desarrollo de la fuerza. El efecto del entrenamiento es producto de la influencia sobre el cuerpo de un medio o complejo de medios, lo cual se manifiesta en la magnitud, la calidad y estabilidad de los cambios de adaptación resultantes. Se examina cierto número de factores específicos que reflejan el efecto de entrenamiento con el fin de seleccionar los medios y diseñar un sistema metódologico para la preparación de la fuerza específica.

En primer lugar, es necesario distinguir (ver cap. 6) entre el efecto agudo (inmediato) del entrenamiento (EAE) y el efecto retardado del entrenamiento (ERE). La reacción inmediata del cuerpo a la aplicación de un medio para desarrollar la fuerza se manifiesta en una mejora a corto plazo o en un deterioro del estado funcional habitual del deportista. El deterioro o la mejora dependen del consumo de energía de la tarea, el cual determina el intervalo de descanso previo a la ejecución del siguiente ejercicio; puede aumentar si el cuerpo necesita más descanso o se puede acortar si el fenómeno del efecto retardado es aprovechado por el cuerpo en su beneficio. Por lo tanto, se elimina la reacción negativa del cuerpo de la misma forma que se manifiesta por su adaptación relativamente estable, la cual es sustancial sólo si el volumen de la carga del entrenamiento es óptima.

El efecto específico y el efecto acumulativo son resultado del empleo de uno o más medios unidireccionales o un complejo de medios multidireccionales. En el primer caso, la adaptación refleja la especificidad de los medios empleados en un régimen dado. En el segundo, la adaptacion manifiesta un carácter generalizado e integral. Sin embargo, no se trata simplemente de la suma de los cambios funcionales del cuerpo, sino de un complejo de nuevas formas de su potencial motor que contienen las características específicas del medio de entrenamiento particular.

El éxito del deportista depende en gran medida de la habilidad para seleccionar una distinta gama de medios para el ejercicio que produzcan el efecto de entrenamiento acumulativo requerido. También hay que tener en cuenta factores que son característicos del efecto de entrenamiento, como la fuerza absoluta y relativa, la resistencia muscular, la estabilidad y los aspectos temporales. Es necesario evaluar la eficacia de dos o más medios para seleccionar aquella que produzca un incremento óptimo de la fuerza absoluta. Las catacterísticas cualitativas y cuantitativas del efecto de entrenamiento proporcionan datos de su forma específica y de la magni-

Urheberrechtlich geschütztes Material

tud de la mejora del rendimiento. Finalmente, la estabilidad y las características temporales del efecto de entrenamiento se evalúan mediante el tiempo que se mantiene.

Un examen de los factores específicos y las características del efecto de entrenamiento de los medios para desarrollar la fuerza subraya la complejidad de la planificación del entrenamiento de la fuerza. Aunque la base empleada para seleccionar un medio para la fuerza se establece teniendo en cuenta si estos indicadores y sus características son convincentes, sigue ofreciendo unos fundamentos muy limitados, por lo que la probabilidad de que el deportista alcance el nivel deseado de preparación de la fuerza es escasa.

Para erradicar este problema es necesario, primero, prestar mucha atención a la evaluación objetiva del efecto de entrenamiento de los ejercicios de fuerza usados normalmente; y, segundo, realizar investigaciones científicas cuyo objetivo sea formular soluciones teóricas y prácticas que optimicen el efecto acumulativo de un complejo de medios para desarrollar la fuerza. En este sentido, es muy poco lo que se ha avanzado, aunque hay que hacer ciertas generalizaciones:

1. El efecto de entrenamiento de cualquier medio disminuye cuando aumenta el nivel de condición física especial.
2. Los medios empleados deben producir el efecto de entrenamiento óptimo en relación al estado funcional actual del deportista.
3. El efecto retardado del trabajo previo altera el efecto de entrenamiento de cualquier método subsiguiente.
4. El efecto de entrenamiento de un complejo de medios se determina mediante la suma de los estímulos, pero también con su combinación, orden de sucesión e intervalos de separación.
5. El contenido del entrenamiento especial de la fuerza debe incluir un complejo de estímulos específicos y producir la fuerza requerida para el deporte concreto, basándose en el nivel de maestría deportiva del deportista.

Un tema sigue siendo muy importante para diseñar los métodos para el entrenamiento de la fuerza. Los efectos del entrenamiento se producen mediante la repetición frecuente y sistemática de un complejo de medios. Las cargas de entrenamiento se conciben como la suma de todas las influencias específicas sobre el cuerpo, y sus características esenciales son:

- su efecto resultante (la valoración cualitativa y cuantitativa de la capacidad de trabajo especial del deportista);
- su composición o sus contenidos (el complejo de medios aplicados);
- su estructura (correlación de medios);
- su volumen (la cantidad de trabajo de entrenamiento);
- su intensidad (la dificultad o calidad del trabajo de entrenamiento).

Para valorar la eficacia del proceso de entrenamiento, lo apropiado es examinar más a fondo la relación existente entre la composición, la estructura, el volumen y la intensidad de la carga de entrenamiento y el efecto resultante. El propósito de la dirección de la carga de entrenamiento es obtener un efecto de entrenamiento pronunciado y seguro mediante la organización lógica de la composición y estructura de la carga, con el empleo de un volumen y una intensidad de ejercicio óptimos.

Una carga se mostrará eficaz si sus medios crean un efecto de entrenamiento adecuado; p. ej., desarrollando una adaptación específica del cuerpo. Esto es sobre todo importante para los deportistas de alto nivel, porque los medios que han empleado en los estadios previos de la preparación no desarrollan un efecto de entrenamiento adecuado cuyas mejoras sean continuadas. Por tanto, la investigación sobre los medios y métodos eficaces para el entrenamiento de la fuerza especial siempre es fundamental para

Urheberrechtlich geschütztes Material

la preparación científica del deporte. Durante las últimas décadas se han empleado ejercicios isométricos e isocinéticos, el método pliométrico –para desarrollar la fuerza explosiva– o el método de la electroestimulación et al.. Aunque no todos ellos hayan sido estudiados suficientemente y no se hayan determinado los métodos detallados para su empleo, aseguran un éxito apreciable, por lo que confirman su eficacia y los hallazgos de la investigación en este campo.

En los últimos años el volumen de la carga se ha incrementado de manera significativa; sin embargo, es imposible aceptar el punto de vista según el cual el incremento del volumen de entrenamiento es la única o la mejor posibilidad para mejorar la eficacia de la preparación de los deportistas.

La lógica elemental y la experiencia práctica muestran claramente que es imposible para una cantidad tal de trabajo compensar un efecto bajo de entrenamiento de cualquier medio. Sin embargo, tampoco hay garantías de que un medio especializado muy eficaz, organizado lógicamente dentro de un ciclo de entrenamiento específico, pueda producir un alto nivel de capacidad de trabajo especial con un volumen bastante menor de ejercicio en un tiempo más corto. Sin embargo, hay que señalar que el volumen de la carga es sin duda una de las condiciones necesarias para aumentar la capacidad de trabajo especial en muchos deportes (sobre todo en los deportes cíclicos) y durante estadios específicos de la preparación.

Con el fin de no dar una falsa impresión sobre el volumen de la carga, debemos destacar que resuelve dos tareas básicas del proceso de entrenamiento. Primero, aporta una base funcional para el desarrollo posterior de la capacidad de trabajo especial. Segundo, se relaciona con el aumento del nivel de forma física especial, sobre todo gracias al desarrollo de la resistencia. Si la primera tarea es importante como principio universal del entrenamiento, la segunda sólo es adecuada para ciertos tipos de deportes. A todo esto hay que añadir que el volumen de trabajo de entrenamiento es una condición importante para tener éxito en la preparación técnica. Además, las investigaciones muestran que existe una correlación directa entre el volumen de la carga y el tiempo que dura el efecto del entrenamiento.

Además de su volumen, la estructura del programa de entrenamiento tiene vital importancia en todos los deportes. Gracias a la experiencia práctica se sabe que ningún medio o método de preparación especial debe considerarse universal o completamente eficaz. Cada uno de ellos ocupa un lugar en un estadio particular del entrenamiento, dependiendo de factores como la especificidad del deporte, el nivel de forma física del deportista, el carácter de las cargas previas del entrenamiento y los objetivos específicos del estadio actual del entrenamiento. Las investigaciones han demostrado con claridad que el entrenamiento de la fuerza específica mediante un sistema especial de medios y métodos diferentes produce un efecto significativamente mayor que el empleo aleatorio y por separado de los distintos medios y métodos (ver cap. 6), ventaja que se obtiene incluso con un volumen de carga menor (Verkhoshansky, 1966, 1970; Taylan, 1974; Khodykin, 1975).

Hay que resaltar una característica más. Cuando los medios utilizados no generan un efecto de entrenamiento adecuado, entonces el incremento de la capacidad de trabajo se convierte más en un factor del ejercicio especializado que del volumen de entrenamiento y sólo es así si se realiza entrenando al máximo nivel del deportista. Hay que destacar que la ejecución de ejercicios especializados en el entrenamiento a niveles de intensidad cuasi-máxima (por los que abogan los expertos búlgaros) debe considerarse como una estrategia avanzada, un método que no puede considerarse universalmente válido, pues, de lo contrario, implicaría no sólo renunciar a los principios de la estructuración racional del entrenamiento basados en las investigaciones sobre los métodos de entrenamiento, sino

Urheberrechtlich geschütztes Material

también retroceder hasta los conceptos originales de los que éstos surgieron.

Por lo tanto, el problema de establecer científicamente los medios del entrenamiento deportivo está lejos de estar resuelto y la tendencia actual a aumentar el volumen de la carga de entrenamiento no debería quitar mérito a su importancia ni hacer que los especialistas perdiesen el interés por estudiarlo con detenimiento.

Si hay que recomendar una secuencia lógica como solución práctica al problema de la mejora de la eficacia de los métodos de entrenamiento de la fuerza específica, entonces deben establecerse como sigue:

1. Régimen > 2. Medios > 3. Métodos > 4. Sistema > 5. Volumen.

De este esquema se deduce que los medios del entrenamiento especial de la fuerza deben seleccionarse sobre la base de las descripciones cuantitativas de la especificidad motriz del deporte dado y, por tanto, sobre la certeza de que proporcionan un régimen adecuado de trabajo para el cuerpo. El criterio básico para esto es una garantía de que se trata de un efecto de entrenamiento concreto para el nivel dado de forma física específica.

El paso siguiente es encontrar un método adecuado para emplear los medios basándose no sólo en los regímenes motores específicos del deporte dado, sino también en factores tales como el nivel de forma física y las tareas del estadio actual de entrenamiento. El principio de la aplicación sistemática de los medios que produce el necesario efecto acumulativo del entrenamiento tiene gran importancia para perfeccionar los métodos de entrenamiento especial de la fuerza .

Finalmente, alcanzar el nivel necesario de fuerza específica depende del volumen del trabajo especial, de su volumen óptimo –que se determina mediante el estadio y las tareas actuales de la preparación del deportista–, del calendario de la competición y la intensidad de la carga.

Este esquema subraya la importancia de apoyarse en cualquier parámetro de la carga para alcanzar un potencial concreto, y sólo es apropiado después de haber aprovechado por completo el potencial del parámetro previo. Por ejemplo, es desaconsejable incrementar el volumen de entrenamiento sin haber obtenido el efecto de entrenamiento máximo de los medios de entrenamiento de la fuerza con una intensidad concreta. Esto exige dedicación y perseverancia por parte de los especialistas, porque la investigación debe hacerse a fondo. Puesto que incrementar el volumen de entrenamiento es más fácil que hallar un medio realmente eficaz de preparación especial, tal dirección tiende a ser una opción mucho más sencilla.

ESTIMULACIÓN NEUROMUSCULAR PARA EL DESARROLLO DE LA FUERZA

La fuerza externa generada por los músculos es el resultado de un esfuerzo voluntario; sin embargo, en condiciones diarias normales, la tensión muscular producida por un esfuerzo voluntario tiene ciertas limitaciones. Para incrementar la fuerza muscular externa es necesario estimularla desde fuera, por ejemplo, por medio de una estimulación mecánica. Los impulsos aferentes manifestados por la estimulación mecánica informan al sistema nervioso central sobre la fuerza de la influencia externa indicada por la tensión muscular. Cuanto mayor sea la intensidad del estímulo externo, mayor será la liberación/flujo efector de los músculos y mayor el trabajo externo producido.

Por tanto, las señales aferentes del sistema neuromuscular desempeñan un papel importante en la determinación de las características cualitativas y cuantitativas de la fuerza muscular. Así pues, la estimulación de la tensión muscular es muy importante para el desarrollo de la fuerza.

Así, en todos los casos la magnitud de la tensión muscular del trabajo se determina con el esfuerzo voluntario y la acción mecánica externa. La estimulación de la fuerza de trabajo se puede dividir en los siguientes tipos básicos:

Urheberrechtlich geschütztes Material

- La estimulación procedente de la tensión muscular producida por el esfuerzo voluntario contra una resistencia exterior, y la resistencia de la carga en movimiento, que acelera y regula los impulsos efectores que van a los músculos.
- La estimulación causada por la energía cinética de un objeto que cae o del cuerpo, cuando el esfuerzo es sobre todo reflejo.
- La estimulación causada especialmente por el esfuerzo voluntario, en condiciones en las que no hay o es limitada la estimulación mecánica externa adicional.
- La estimulación cuando las contracciones musculares se manifiestan o intensifican involuntariamente por medio de la electroestimulación externa.

Los primeros dos casos se relacionan con el trabajo dinámico y el tercero, con el trabajo isométrico. En el primer caso el incremento de la estimulación se produce al aumentar la velocidad de la caída preliminar del cuerpo o la carga; y en el tercer caso, al movilizar los recursos voluntarios del deportista. También hay que resaltar que el esfuerzo voluntario desempeña, en primera instancia, un papel importante en la magnitud de la respuesta efectora de los músculos, mientras que su influencia en el segundo es insignificante.

El mecanismo principalmente responsable del trabajo de frenado o amortiguamiento de los músculos genera una respuesta eferente protectora con mayor rapidez que una secuencia voluntaria de acciones. Por lo tanto, este estímulo reflejo puede provocar una movilización extraordinaria de las reservas funcionales latentes del sistema neuromuscular, lo que es imposible cuando sólo depende del esfuerzo voluntario. Este mecanismo es la base del entrenamiento pliométrico (cap. 5).

Como ya se ha dicho con anterioridad, se ha producido una intensa investigación por hallar novedosos medios altamente eficaces para el entrenamiento de la fuerza específica. Por ejemplo, los estudios rusos han demostrado que la electroestimulación de los músculos genera un estímulo de entrenamiento adecuado para el desarrollo eficaz de la fuerza muscular (Kots, 1971; Kots y Khvilon, 1971; Khvilon, 1974). La electroestimulación puede ser eficaz para ciertos objetivos a la hora de preparar a deportistas del alto rendimiento (sobre todo en deportes de fuerza velocidad) y hay cierto número de ventajas relacionadas con este método para desarrollar la fuerza, en concreto, la reducción de las cargas sobre las articulaciones. Puede ocupar un lugar específico en el ciclo de entrenamiento anual, emplearse combinado con otros métodos para desarrollar la fuerza muscular y aplicarse sobre todo a la preparación de deportistas de alto nivel.

Ratov ha hallado que la electroestimulación funcional (EEF) puede ser especialmente útil para mejorar el rendimiento deportivo. Sus técnicas, desarrolladas hace unas décadas a partir de un programa de doctorado sobre la interrelación entre la estimulación eléctrica y la electromiografía, ha empleado las señales EMG de los músculos agonistas y antagonistas para actuar como desencadenantes de los mecanismos de control para la estimulación eléctrica de los músculos directamente implicados en la producción de movimientos funcionales en el deporte. En su laboratorio del Instituto Central del Estado para la Ciencia Deportiva de Moscú, ha llevado a la práctica y con éxito estos métodos de estimulación neuromuscular para el entrenamiento de deportistas tales como esgrimistas, boxeadores, lanzadores de peso y halterófilos.

Sin embargo, es inadecuado tratar aquí con detalle las aplicaciones de la electroestimulación al entrenamiento, porque sus fundamentos metodológicos siguen sin estar determinados, sobre todo porque deben aplicarse sólo en condiciones apropiadas y por personal cualificado. En la siguiente sección se resumen los efectos y las aplicaciones de la estimulación para que el lector se familiarice con los

Urheberrechtlich geschütztes Material

fundamentos de este medio de entrenamiento suplementario.

Efectos fisiológicos de la electroestimulación

El concepto de la electroestimulación no es nuevo y los fisioterapeutas lo han empleado durante años en aplicaciones clínicas tales como la rehabilitación muscular, el alivio de los espasmos musculares, la reducción de la hichazón y el controlar del dolor. Su posible valor en el entrenamiento deportivo sigue considerándose controvertido.

Por lo que se refiere al acondicionamiento de la fuerza, las aplicaciones de la electroestimulación se inscriben dentro de las siguientes categorías generales:

- imposición de una tensión física local que genera una supercompensación;
- recuperación local después de hacer ejercicio o sufrir una lesión;
- recuperación general de los sistemas endocrino y nervioso central después de hacer ejercicio o sufrir una lesión;
- estimulación neuromuscular para controlar el dolor o dirigir los patrones de movimiento.

La electroestimulación suele comprender la alimentación de los músculos con impulsos eléctricos de baja frecuencia con unas almohadillas humedecidas con electrodos pegados firmemente a la piel. La eficacia, la comodidad y el grado de excitación dependen de factores como el trazado del pulso, su frecuencia, duración, intensidad y la imagen de su modulación. El número resultante de combinaciones posibles de estimulación pone de manifiesto de inmediato la dificultad de determinar el equilibrio óptimo de las variables y de comparar los resultados de los distintos investigadores.

Las típicas máquinas de las clínicas suministran corriente directa (galvánica) y/o alterna (farádica) pulsátil por medio de pulsaciones cortas. La frecuencia de la corriente farádica que suele elegirse está entre los 50 Hz y los 100 Hz, mientras que la duración de las pulsaciones (anchura) oscila entre 100 microsegundos y varios cientos de milisegundos. Esta brevedad de la duración de la pulsación es importante para minimizar la irritación de la piel y los daños en los tejidos. Sin embargo, la duración de cualquier intensidad de la estimulación farádica no debe ser demasiado breve. Aunque tal vez sean adecuadas para disminuir el dolor, las pulsaciones demasiado breves suministran una energía insuficiente para generar contracciones musculares tetánicas completas.

Las máquinas están diseñadas para aplicar corrientes alternas con frecuencias preestablecidas o seleccionadas (faradismo convencional), o bien en forma de corrientes de baja frecuencia superimpuestas sobre una onda portadora de frecuencia media (de 2.000 Hz a 5.000 Hz). Una variación del último método, que emplea dos pares de electrodos cada uno de los cuales suministra ondas de frecuencia media portadoras de ondas de frecuencia baja que difieren ligeramente en la frecuencia, forma la base de lo que se ha venido a llamar estimulación interferencial. Una ventaja de emplear ondas portadoras de frecuencia más alta es que la impedancia entre los electrodos y la piel es menor, disminuyendo el malestar y aumentando la eficacia.

El interés de los norteamericanos por la electroestimulación como método auxiliar del entrenamiento se inició en 1971, cuando Kots informó en Rusia de que había conseguido mediante varias semanas de entrenamiento de electroestimulación un incremento de más del 20% de la fuerza muscular, la velocidad y la potencia. Incapaces de lograr resultados comparables, los canadienses le invitaron a dar una conferencia en la universidad de Concordia en 1977. Pertrechados con la nueva información de que Kots empleaba una corriente de 2.500 Hz sinuosamente modulada, y aplicada en una secuencia de 10 segundos de contracción seguidos por 50 segundos de relajación, volvieron a

Urheberrechtlich geschütztes Material

intentar duplicar los logros de los rusos. Vale la pena apreciar que este procedimiento difiere de manera significativa del que empleó el halterófilo bélga superpesado Serge Reding, que mantuvo un estrecho contacto con uno de los investigadores (Siff) mientras permaneció con él en Sudáfrica en 1973. Después de las sesiones de entrenamiento empleaba durante 0,5-2 segundos contracciones de intensidad muy alta con periodos de descanso de 5-10 segundos, con un total de 5 minutos por grupo de músculos principales y estimulando de forma alterna los músculos agonistas y antagonistas de cada miembro con secuencias ipsolaterales y contralaterales (Siff, 1973).

A pesar del éxito obtenido por varios entrenadores al integrar la electroestimulación farádica convencional en un programa de entrenamiento cuidadosamente periodizado (Francis, 1982), los investigadores siguen sin ponerse de acuerdo sobre el incremento de la fuerza muscular.

Razones que explican las contradicciones entre las investigaciones

Hay varias razones principales que explican las contradicciones halladas entre los descubrimientos de las investigaciones:

1. Muchos estudios se centran en gran medida en los cambios en la fuerza isométrica o isocinética, lo cual complica las posibles comparaciones entre las investigaciones. Estas investigaciones suelen pasar por alto los posibles efectos de otros factores vitales como la potencia, la velocidad, la resistencia muscular, la tensión muscular residual, el crecimiento muscular y el ritmo de recuperación neuromuscular.

2. Gran parte de las investigaciones se realizan con pacientes lesionados en proceso de rehabilitación, personas desentrenadas o entrenadas con diferente forma física e historial deportivo. Es sabido que el incremento de la fuerza es proporcionalmente mayor en los estadios iniciales de un programa de entrenamiento o entre personas desentrenadas. Además, los incrementos de la fuerza entre principiantes durante las primeras semanas del entrenamiento se deben sobre todo a la adaptación y al aprendizaje neuromuscular más que a la hipertrofia muscular.

3. La eficacia de la electroestimulación se determina mediante la intensidad de la corriente empleada y la tolerancia individual al malestar causado por la estimulación. Además, no se ha hallado una forma específica en las ondas que sea universalmente más cómoda. También existen considerables variaciones entre las respuestas de las personas a las formas de las ondas y a las impedancias de la estimulación (Delitto y Rose, 1986; Mannheimer y Carlsson, 1979; Moreno-Aranda y Seirig, 1981).

4. Los efectos de la electroestimulación dependen de los tipos y la frecuencia de las formas de las ondas empleadas, en concreto porque hay una diferencia sustancial entre los patrones de reclutamiento y las características funcionales de las fibras musculares de contracción lenta y rápida (Lloyd y ortos, 1986; Mannheimer y Carlsson, 1979; Pette y Vrbova, 1985). Además, cuanto más alta sea la frecuencia, sobre todo si se emplea una onda portadora, menor será la impedancia entre los electrodos y la piel, y mayor será el grado de comodidad.

5. El tipo, tamaño, número y localización de los electrodos, así como el gel para éstos, afectan a la cantidad de energía eléctrica transmitida a los músculos, a la fuerza de contracción resultante y a la comodidad del paciente. Muchos estudios no hablan de estos detalles y, por tanto, las comparaciones en su mayoría no tienen sentido.

6. La mayoría de los estudios han empleado electroestimuladores que sólo pueden variar unos pocos entre todos los parámetros de estimulación posibles. Algunos de los estudios más extensos han variado varios parámetros, tal y como aparece resumido en la revisión realizada por Lloyd et al. (1986). Sin embargo, debido al desproporcionado número de combinaciones de estimulación teóricamente posibles, ningún estudio extenso ha sido

Urheberrechtlich geschütztes Material

capaz de analizar los efectos causados al variar todos los parámetros de la estimulación. Esto incluye la frecuencia, el trazado de las ondas, la anchura de las pulsaciones, el tipo de modulación (FM, AM o modulación de la anchura de la pulsación), el intervalo entre los impulsos y la energía eléctrica generados.

7. Muchos de los regímenes de entrenamiento no han sido diseñados hasta hace poco. Por lo general, el electroestimulador se selecciona de acuerdo con el máximo tolerado por el paciente, o en relación a cierto porcentaje de contracciones isométricas o isocinéticas voluntarias máximas medidas por medio de dinamómetros isocinéticos o de otro tipo. Hay que señalar que siempre hay una adaptación a cualquier estímulo y las personas soportan grandes intensidades de corriente eléctrica desde el comienzo hasta el final y una semana tras otra.

De forma parecida, los estudios que han investigado los efectos combinados de la electroestimulación y el entrenamiento de fuerza normal a menudo prescriben el entrenamiento con pesos y con un número fijo de series y cargas con un porcentaje también fijo de repeticiones máximas, a pesar del hecho de que la máxima aumenta gradualmente. La estimulación eléctrica que la acompaña también se establece con un valor fijo, que no tiene en cuenta que el principo básico para la mejora de la fuerza y la potencia consiste en emplear sobrecargas graduales. Tal régimen de entrenamiento dentro del entrenamiento normal con pesos se sabe que es muy limitado por lo que respecta a la mejora del rendimiento físico. Sería sorprendente si el resultado fuera distinto con cualquier otro entrenamiento de electroestimulación.

8. El diseño y los efectos del electroestimulador dependen de la elección del modelo fisiológico. Los estimuladores actuales se diseñan sobre la base del modelo del potencial de acción de descarga de la célula, que considera que en la comunicación celular del cuerpo median descargas eléctricas transmitidas por los axones nerviosos. Se supone que las células están activas (descargando electricidad) o pasivas (en reposo), según si la acumulación de carga eléctrica en la célula es suficientemente grande para exceder cierto umbral, volviendo a la membrana celular temporalmente más permeable a ciertos iones químicos. Aunque los estados intermedios al umbral se consideran irrelevantes, son básicos para comprender los potenciales eléctricos del EEG (ondas cerebrales) et al. del sistema nervioso central (Siff, 1981).

De forma parecida, las numerosas células gliales que rodean a todas las células nerviosas parecen desempeñar algún otro papel que el de nutrir y abastecer a los nervios, a pesar de que desarrollan un campo eléctrico constante o casi constante (Galambos, 1961; Siff, 1981). Algunos científicos creen que los potenciales de las células gliales pueden tener un profundo efecto sobre las células nerviosas mediante la modulación de su actividad de forma parecida a como lo hacen los semiconductores y transistores de los circuitos eléctricos (Becker, 1974; Galambos, 1961). Además, los potenciales de lesiones DC medibles en la superficie de la piel después de que el tejido haya sufrido daños no se relacionan con el sistema del potencial de acción (Becker, 1982).

Además, poco se sabe sobre los campos eléctricos a nivel subcelular. La sensibilidad del cuerpo a los campos eléctricos, magnéticos o electromagnéticos externos no se puede explicar de forma satisfactoria en relación a los potenciales de acción, que no se ven directamente afectados por estos campos (Becker, 1965; Cope, 1974). Las teorías clásicas tampoco explican los mecanismos por los cuales los campos eléctricos y de otro tipo estimulan procesos como la reparación de fracturas, la curación de heridas y la reducción de trombos.

Al descubrir pruebas de la semiconducción y de la posible existencia de superconductividad en los sistemas biológicos a temperatura ambiente de la sala, los científicos han postulado recientemente que la curación del tejido, los mecanismos del dolor, el cre-

Urheberrechtlich geschütztes Material

cimiento celular y los procesos de las enfermedades pueden implicar cierto tipo de semiconducción y superconductividad biológicas (Becker, 1965; Cope, 1971; Cope, 1974). Además, Nordenström asegura haber descubierto la presencia de circuitos eléctricos cerrados en el cuerpo, por lo que el flujo iónico relacionado con el crecimiento y los procesos regulatorios se produce a través de los vasos sanguíneos y los capilares (Nordenström, 1983).

Todas las frecuencias farádicas medias y los estimuladores interferenciales (incluidas las máquinas destinadas a usos deportivos) se diseñan sobre el modelo del potencial de acción de la vida celular, lo cual, por tanto, no permite aplicaciones que dependan de los otros tipos de modelos descritos arriba. Tales aplicaciones comprenden el crecimiento celular, la reparación de tejido y la recuperación general, todo lo cual son características esenciales del entrenamiento físico. En los últimos años ciertas máquinas innovadoras de microcorriente basadas en estos modelos se han aplicado clínicamente con bastante éxito a la rehabilitación neuromuscular (Chee y Walton, 1986; Matteson, 1984; Matteson y Eberhardt, 1985; Meyer y Nebrensky, 1983; Noto y Grant, 1985).

Aplicaciones clínicas de la electroestimulación

Llegados a este punto, es importante estudiar las pruebas clínicas y las pruebas obtenidas en las investigaciones que respaldan el valor de la electroestimulación en situaciones médicas. Sus principales aplicaciones son las siguientes:

1. Incremento de la fuerza muscular

Se ha demostrado que hay gran variedad de bajas y medias frecuencias que fortalecen el tejido muscular de personas que se han visto incapacitadas por una lesión, enfermedad o parto (Eriksson, 1981; Johnson et al., 1977; Laughman et al., 1983; Lloyd et al., 1986; Raitsin, 1974; Romero et al., 1982; Turk et al., 1980). Algunos estudios sobre el efecto de la electroestimulación (EE) sobre personas normales también han demostrado que se producen incrementos de la fuerza (Currier y Mann, 1983; Laughman et al., 1983; McMiken et al., 1983; Romero et al., 1982; Sekowitz, 1985). Estudios posteriores hallaron cambios mínimos o insignificantes en la fuerza (Massey et al., 1965; Mohr et al., 1985; Singer et al., 1983).

Por lo general, la mayoría de estos estudios muestran que la EE privada de un entrenamiento físico produce al menos un aumento de la fuerza a largo plazo que es parecido o menor al que se alcanza haciendo ejercicio. Los mayores incrementos de la fuerza se hallan invariablemente en las personas más débiles y bajas de forma (Fahey et al., 1985; Johnson et al., 1977; Romero et al., 1982). Sin embargo, cuando se emplea junto con programas de ejercicios periodizados, la EE parece incrementar en alguna medida la fuerza de los deportistas de competición (Francis, 1982; Kots y Chwilon, 1971; Matteson, 1984; Reding, 1973), aunque estos cambios parecen haber sido el resultado indirecto de algunos de los otros efectos de la EE tratados abajo.

2. Reeducación de la acción muscular

Algunos trastornos médicos o hábitos cinesiológicos pueden producir patrones débiles o defectuosos de la acción muscular. La EE puede facilitar un uso más eficaz de los músculos afectados. Puede ser particularmente eficaz en el tratamiento de la condromalacia rotuliana, el codo de tenis y la periarteritis escapulohumeral (Eriksson, 1981; Godfrey et al., 1979; Johnson et al., 1977; Nirchl y Sobel, 1981).

3. Facilitación de las contracciones musculares

Si uno es incapaz de producir contracciones musculares voluntarias debido a la falta de ejercitación, o por culpa de dolores o lesiones, la EE puede mejorar la actividad muscular y reducir la posibilidad de que haya una pérdida extensa de tejido (Eriksson, 1981; Johnson et al., 1977; Turk et al., 1980; Vodovnik et al., 1982).

4. Incremento de la resistencia muscular y general

La aplicación prolongada de EE submáxima puede estimular las condiciones de cansancio que hallamos como resultado de un trabajo físico

Urheberrechtlich geschütztes Material

agotador, por lo que aumenta la resistencia de los músculos implicados (Ikai y Yabe, 1969; Johnson et al., 1977). Las investigaciones rusas han obtenido mejoras en la eficacia cardiovascular, en la capacidad contráctil de los músculos y en el ritmo de recuperación general (Dombrovskaya, 1982).

Además, los experimentos de estimulación continua con EE de baja frecuencia (por debajo de los 15 Hz) y larga duración (24 horas), así como los experimentos de inervación cruzada con animales han demostrado que alteran las fibras de contracción rápida, las cuales se vuelven predominantemente aerobias y más resistentes al cansancio (Jolesz y Sreter, 1981; Pette, 1984; Pette y Vrbova, 1985; Salmons y Vrbova, 1969; Salmons y Henriksson, 1981).

5. Incremento de la velocidad de las contracciones musculares

La EE a largo plazo y con frecuencias mayores (más de 40 Hz) puede mejorar el tiempo de reacción y reducir el tiempo de tensión pico de los músculos de contracción rápida (Fluery y Lagasse, 1979; Salmons y Vrbova, 1967, 1969).

6. Incremento del aporte de sangre local

La EE estimula la contracción rítmica de los músculos, produciendo la dilatación de los vasos sanguíneos, facilitando el transporte de nutrientes a los tejidos y, posiblemente, acelerando la curación de los tejidos que no han sufrido lesiones graves (Dombrovskaya, 1982; Salmons y Vrbova, 1967; Wadsworth y Chanmugam, 1980). Los experimentos con distintos regímenes de estimulación han medido los incrementos del riego sanguíneo, que oscilan entre un 20% y más de un 200%, ambos durante y después de la EE, sobre todo si las frecuencias empleadas eran inferiores a los 30 Hz (Currier et al., 1986; Richardson, 1981; Wakin et al., 1948; Wakim, 1953). Por lo general, cuanto mayor sea la frecuencia de la EE, menor será el promedio de incremento del riego sanguíneo (Currier et al., 1986; Wakim, 1953).

7. Disposición de masajes eficaces

La EE incrementa la acción de bombeo de los músculos sobre los sistemas venoso y linfático, lo cual ayuda a las áreas lesionadas, tensas o cansadas a disipar la acumulación de líquidos y toxinas (Dombrovskaya, 1982; Wadsworth y Chanmugam, 1980). Los estudios rusos con xenón radiactivo (Xe133) inyectado como trazador confirman que los masajes aceleran el riego sanguíneo local y reducen la tensión muscular, lo cual mejora el aporte de oxígeno y nutrientes a los tejidos, así como una eliminación más rápida de los productos de desecho metabólicos (Dubrovsky, 1982).

8. Alivio del dolor

La EE aplicada con aparatos TENS (estimulación nerviosa transcutánea eléctrica) puede aliviar los espasmos o tensiones musculares dolorosos, así como reducir el dolor agudo o crónico causado por gran variedad de enfermedades musculoesqueléticas (Gersh y Wolf, 1985; Jeans, 1979; Lloyd et al., 1986; Mannheim y Carlsson, 1979; Sjolund y Ericksson, 1979; Strauss, 1987; Wadsworth y Chanmugam, 1980). La TENS convencional emplea estimulación de baja frecuencia (de 50 Hz a 100 Hz) sin contracciones musculares. Las modalidades de TENS para el tratamiento de dolores más profundos deben emplear descargas de intensidad alta y corta con frecuencias entre 1 Hz y 150 Hz con contracciones musculares evidentes.

9. Reducción de los espasmos musculares

En los músculos sobrecargados, lesionados, inflamados o doloridos se producen espasmos protectores; la eficacia de la EE a la hora de reducir los espasmos y las espasticidad se ha atribuido a uno o más de los siguientes mecanismos: promover el cansancio muscular, interrupción del ciclo de espasmos dolorosos o la recuperación de los procesos normales de contracción y relajación (Alfieri, 1982; Mills et al., 1984; Wadsworth y Chanmugam, 1980).

10. Promoción de la relajación y la recuperación

La estimulación con EE intensa y a corto plazo de la contracción de los músculos y la estimulación con TENS media y no contráctil pueden promover

Urheberrechtlich geschütztes Material

la relajación local y general. Este efecto se ha identificado en personas y animales y consiste en la liberación de endorfinas y encefalinas en el sistema nervioso, tranquilizantes y analgésicos que produce el cuerpo (Gersh y Wolf, 1985; Sjolund y Eriksson, 1979). Esta aplicación se empleó con deportistas rusos para recuperarse después de sesiones de entrenamiento agotadoras, y para facilitar el sueño, incluso aplicando una estimulación leve y únicamente en los muslos (Dombrovskaya, 1982; Kopisov y Nagorniy, 1982).

11. Incremento de la amplitud de movimiento

En la fisioterapia, las técnicas de la FNP (facilitación neuromuscular propioceptiva) a menudo se emplean para mejorar la movilidad articular reducida por la inactividad o las lesiones. La EE se puede usar junto con técnicas de movilización para mejorar su eficacia. En el caso de las lesiones, la EE puede mejorar la relajación y la movilidad mediante la reducción del dolor, la hinchazón y mejorando la microcirculación de los tejidos (Wadsworth y Chanmugam, 1980).

12. Reducción de la hinchazón

La hinchazón (edema) consiste en la acumulación de una cantidad excesiva de líquido extracelular en torno a una región articular, procedente de la extravasación de proteínas y plasma a través de las paredes capilares de los tejidos blandos. Puede estar causada por inflamaciones, esguinces, distensiones, tendinitis, artritis reumatoides, enfermedades o intervenciones quirúrgicas. La EE de intensidad baja puede reducir rápidamente la hinchazón cuando no tiene un origen infeccioso (Wadsworth y Chanmugam, 1980). Su eficacia puede deberse a la acción de bombeo de los músculos y/o a la creación de un gradiente eléctrico en las membranas celulares que desencadena la acción del sistema linfático, el cual absorbe el líquido sobrante.

13. Reducción de las alteraciones musculoesqueléticas

El proceso de curvatura anormal de la columna se ha detenido o enlentecido en los casos de escoliosis leve a moderada mediante la aplicación de EE en músculos específicos de la espalda (Axelgaard et al., 1983; Friedman et al., 1982; Kots y Chwilon, 1971; Schultz et al., 1981).

14. Reclutamiento preferente de las distintas fibras musculares

La EE tiende a reclutar primeramente los axones de diámetro mayor (Enoka, 1988), a la inversa del orden natural de reclutamiento (ver fig. 1.21). Estos axones grandes son difíciles de activar en condiciones de entrenamiento normales, por lo que la EE desempeña un papel suplementario útil en este sentido.

15. Incremento agudo de la fuerza

Varios investigadores han demostrado que la EE puede tener un profundo efecto sobre la fuerza después de una sesión (Howard y Enoka, 1987; Alon, 1985). En concreto, Alon, al estudiar un grupo de 14 personas, halló que una sesión experimental de EE producía una media del 13% en el incremento de la fuerza del cuádriceps.

16. Mejora de la eficacia metabólica

La aplicación de EE durante el ejercicio puede mejorar la economía metabólica del movimiento. El estudio desarrollado por Ratov y Kryazhev (1986) en el que se examinó el efecto de la estimulación eléctrica del cuádriceps durante su ejercitación en el ciclismo y el patinaje de velocidad mostró que el consumo de oxígeno descendió entre en el 10% y el 17% y el tiempo ganado antes de aparecer el cansancio aumentó entre el 15% y el 20%. Una investigación parecida, que analizó el efecto de la EE aplicada a un deportista que corría en un tapiz rodante, mostró una reducción en torno al 10% en el consumo de oxígeno. Además, cuando el trabajo era realizado por los músculos que se habían estimulado eléctricamente poco antes, el consumo de energía descendía en torno al 5%.

Nuevos hallazgos de las investigaciónes

Las investigaciones recientes y la experiencia clínica han demostrado que las corrientes eléctricas

Urheberrechtlich geschütztes Material

son hasta 1.000 veces menos empleadas en las modalidades de la fisioterapia tradicional y pueden ser mucho mejores a la hora de lograr muchos de los beneficios enumerados arriba.

Corrientes bajas de 10 microamperios (millonésimas de amperio) pulsátiles entre 0,1 Hz y 400 Hz son demasiado débiles para provocar contracciones musculares, contrarrestar señales de dolor o provocar un calentamiento local, si bien su eficacia y seguridad suelen ser superiores en muchas aplicaciones al faradismo, el interferencialismo y la TENS convencional (Matteson y Eberhardt, 1985).

Los pasos para modificar de forma satisfactoria el paradigma existente de la EE hay que buscarlos en los hallazgos de la investigación citados antes: «Razones que explican las contradicciones entre las investigaciones.» Allí se vio que los procesos celulares y subcelulares que no implicaban una descarga celular ni propagaban los impulsos eléctricos o la contracciones musculares parecían intervenir en el crecimiento y la reparación celulares.

Algunos estudios han dado respuestas parciales a las preguntas planteadas por la microestimulación. Por ejemplo, el estudio de Becker sugiere que corrientes pequeñas, uniformes o con variables lentas, pueden producir una modulación del subumbral de los campos eléctricos en el nervio y las células gliales, y, por tanto, regular directamente el crecimiento y la comunicación celulares (Becker, 1974; Becker y Marino, 1982) En este sentido, algunas de las aplicaciones de Becker incluyen la aceleración de la curación de heridas, la regeneración parcial de miembros de ratas y anfibios, la inducción de narcosis con corrientes transcraneales. Nordenström mantiene que estas corrientes eléctricas pueden estimular el flujo de iones por los vasos sanguíneos y las membranas celulares que constituyen los circuitos eléctricos cerrados postulados en su teoría (Nordenström, 1983).

Pilla (1974) ha prestado particular atención a la información electroquímica transferida por las membranas celulares. Su modelo en este caso plantea la hipótesis de que la estructura molecular de las membranas celulares refleja su actividad genética actual. La función de una célula en cualquier momento se determina por la retroalimentación entre el ADN del núcleo de la célula y un inductor macromolecular liberado por la membrana mediante un regulador de proteínas (enzima) derivado de la actividad mensajera del ARN en el interior de la célula. La actividad de estas proteínas del ámbito de la membrana se ve modulado en gran medida por los cambios operados en la concentración de iones divalentes (como el calcio Ca^{++}) absorbidos por la membrana. La EE puede provocar estos cambios en los iones y, por tanto, modificar la función celular.

Se ha demostrado que la EE con 5 Hz estimula la síntesis del ADN en las células cartilaginosas de los pollos y en los huesos de las ratas hasta un 27%, aunque no en los fibroblastos de la piel de pollo ni en los linfocitos del bazo de rata (Rodan et al., 1978). El efecto de la EE no sólo parece ser específico de ciertos tejidos, sino que el incremento de la síntesis del ADN se produce de 4 a 6 horas después de someterse a 15 minutos de EE. El proceso de despolarización de la membrana desempeñado por los iones sodio parece verse seguido por un incremento de la concentración intracelular de Ca^{++}, y, por lo tanto, por el desencadenamiento de la síntesis del ADN en la célula susceptible a un estímulo particular. Un nuevo estudio de Pilla (1981) ha confirmado la existencia de «ventanas» celulares que se abren más con ciertas frecuencias, anchuras y amplitud de pulsaciones. Para sintonizar la señal de la EE con estos parámetros, es preferible monitorizar las impedancias del tejido, sistema empleado en los aparatos llamados «TENS inteligentes».

Cheng et al., (1982) han demostrado que la estimulación con corrientes entre 50 y 1000 microamperios puede aumentar entre un 300% y un 500% las concentraciones de ATP en el tejido de ratas, y mejorar el transporte de aminoácidos por las membranas celulares y la consiguiente síntesis de pro-

Urheberrechtlich geschütztes Material

teínas hasta un 40%. Resulta interesante que en el mismo estudio se registrase un aumento de la corriente en sólo un miliamperio y que fuera suficiente para disminuir la presencia de ATP en el tejido y la síntesis de proteínas; la EE tradicional suele aplicar corrientes que exceden los 20 miliamperios, estadio en el cual esta disminución se acerca al 50%.

Teoría integrada de la electroestimulación

Por tanto, parece ser que las estimulaciones macroeléctricas celulares (EMAC = corrientes superiores a un miliamperio) actúan como activadores fisiológicos que a corto plazo provocan una respuesta de alarma típica descrita por Selye (1975). Esto queda respaldado por el estudio de Eriksson et al. (1981), donde se halló que los efectos agudos de la EE tradicional son parecidos a los obtenidos con un ejercicio voluntario intenso. Además, Gambke et al. (1985) han hallado en estudios con animales que la EMAC a largo plazo provoca la degeneración de algunas fibras musculares que son reemplazadas por nuevas fibras que se forman a partir de la proliferación de células satélites. Esta fibronecrosis se produce unos cuantos días después de la aplicación de la EE y parece afectar sobre todo a las fibras FT. El hecho de que las distintas fibras musculares no se transformen al mismo tiempo puede deberse a los distintos umbrales de cada tipo de fibra al estímulo que produce la transformación. Posiblemente, los cambios iniciales puedan inducir los cambios subsiguientes.

Por tanto, si el modelo del síndrome general de adaptación de Selye (ver cap. 1) se aplica a la estimulación EMAC, el cuerpo debe recurrir a sus reservas de energía para la adaptación superficial y adaptarse a la tensión impuesta por la EE incrementando la fuerza o la resistencia, e iniciando la transformación de los tipos de fibras musculares. Si la EE es demasiado intensa, demasiado prolongada y se emplea inadecuadamente para incrementar un programa de entrenamiento con pesas, la adaptación debería darse o tendría que incrementar la proporción de fibras de contracción lenta y, en consecuencia, reducir la fuerza. Esto tal vez explique algunos de los hallazgos negativos ya tratados con anterioridad.

Además, una EMAC excesivamente exigente puede provocar que el cuerpo recurra a la energía de adaptación profunda y se produzca un daño permanente en el tejido. Por tanto, el deportista que obtenga ventajas concretas en su rendimiento mediante la EMAC no debe pensar que un aumento de la dosis vaya a generar nuevas mejoras. Tal vez lo contrario sea lo que suceda.

Por otra parte, la estimulación microeléctrica celular (EMIC = corrientes inferiores a un miliamperio) no actúa como activador; las pruebas demuestran que provoca cambios bioquímicos relacionados con la mejora de la adaptación, el crecimiento y la reparación. Puesto que la EMIC parece actuar más sobre la base de una sintonización resonante del estímulo con los procesos celular y subcelular, los efectos terapéuticos específicos se determinan mediante la eficacia con la que los parámetros de la estimulación se ajustan a las características eléctricas de las distintas células, sobre todo, su impedancia en frecuencias distintas. La EMIC puede aplicarse de varias formas para favorecer la recuperación:

- localmente sobre tejidos blandos específicos;
- transcranealmente por medio de electrones en los lóbulos de las orejas o en puntos de la superficie del cráneo;
- en puntos del cuerpo, las manos o las orejas señalados por la acupuntura.

Por lo general, la aplicación de la EMIC en cualquier parte del cuerpo es totalmente segura porque la corriente y la energía transmitidas son muy bajas para producir efectos térmicos o electrolíticos en tejidos vitales. Bajo ninguna circunstancia debe aplicarse una EMAC sobre el encéfalo, porque puede provocar daños graves. No es recomendable, por lo general, aplicar cual-

Urheberrechtlich geschütztes Material

quier forma de EE a personas epilépticas, mujeres embarazadas, pacientes con afecciones cardíacas o personas con marcapasos.

Empleo de la electroestimulación en el entrenamiento

El resumen de las aplicaciones válidas de la EE en muchas de las situaciones en las que es relevante para todos los deportistas hace desafortunado que su valor se haya evaluado en gran medida atendiendo a los efectos directos, a menudo contradictorios, sobre la fuerza isométrica o isocinética. La mejora de los procesos de recuperación; la mejora de la resistencia; la disminución de la tensión muscular residual; el alivio del dolor; la eficacia de los masajes; la modificación del tipo de fibras musculares; el aumento de la movilidad; el aumento de la velocidad de las contracciones musculares, y la reducción de ciertos trastornos musculoesqueléticos constituyen en conjunto una impresionante variedad de posibles ayudas para cualquier programa de entrenamiento deportivo. Junto con esto se añade la observación de que algunos procedimientos de EE integrados en programas de entrenamiento cuidadosamente periodizados aumentan en gran medida la fuerza, la resistencia muscular y la potencia.

Empleo integrado de la electroestimulación

El papel de la EE como medio adicional de recuperación puede ser muy valioso y suele tener mayor importancia que como medio para activar los músculos. Este tipo de recuperación (Siff y Yessis, 1992) se puede aplicar localmente a grupos musculares específicos, a otros tejidos blandos o a articulaciones; y de forma general, sobre el sistema nervioso central (transcranealmente, sobre puntos específicos de la acupuntura entre el encéfalo y la región lumbar de la columna), mediante el empleo de aparatos de corrientes muy bajas y con frecuencias bajas (por lo general, entre 0,5 Hz y 8 Hz).

Varios investigadores (Purvin, Deniskin, Khodykin) han estudiado la integración de la EE en otros regímenes de entrenamiento. Han hallado que el empleo en primer lugar de la EE, seguido de ejercicios pliométricos, produce un efecto de entrenamiento mayor que si se emplean estos mismos medios en orden inverso. Sin embargo, obtuvieron un efecto incluso mayor usando EE y ejercicios pliométricos de forma concurrente con ejercicios de resistencia fuerte, teniendo la combinación de EE y ejercicios pliométricos el peor efecto de entrenamiento durante los periodos de descanso completo o parcial.

El concepto unificado de las distintas modalidades de EE presentadas aquí debe permitir a científicos o terapeutas enfocar el tema de la electroestimulación más sistemáticamente. Por tanto, si se necesita una tensión adicional sobre un grupo particular de músculos para producir una supercompensación más pronunciada, hay que emplear la modalidad de la EMAC con aparatos farádicos o interferenciales aplicados con sobrecargas graduales tanto en el entrenamiento como en la intensidad de la EE.

La electroestimulación funcional en el deporte

En Occidente se hacen pocas o ninguna mención de la aplicación de la EEF (electroestimulación funcional) en el entrenamiento deportivo. En Occidente este término o su equivalente EENF (estimulación electroneuronal funcional) se aplican invariablemente al empleo de la electroestimulación para contraer los músculos de pacientes de columna que no pueden activar voluntariamente los músculos y conservan cierto grado de movimiento contralodo externamente. En Rusia et al. países de la Europa del Este, estos términos también se aplican a la electroestimulación para deportistas durante la ejecución de movimientos deportivos naturales con el fin de intensificar la tensión muscular en las fases más apropiadas de estos movimientos. Nuestro colega el profesor Ygor Ratov del Instituto Central del Estado para la Ciencia Deportiva de Moscú ha hecho bastantes investigaciones en este

Urheberrechtlich geschütztes Material

campo con personas normales y discapacitadas y resalta que este tipo de estimulación funcional tiene bastante más éxito que los métodos pasivos atribuidos a Kots por sus seguidores occidentales.

El trabajo del cual fuimos testigos en su laboratorio consistió en emplear registros de EMG concurrentes para establecer fases en la EEF aplicada a movimientos deportivos específicos, y más concretamente, para evitar producir tensiones musculares falsas o movimientos descoordinados. Finalmente, los deportistas aprenden a contraer sus músculos de forma sincronizada cuando se les aplica un campo eléctrico externo y, por tanto, aprenden a generar mayor fuerza, potencia y velocidad. Este método se llama a veces electroestimulación activa, puesto que la EE se aplica más a músculos activos que a músculos relajados (electroestimulación pasiva), que es el método que más se suele emplear en la fisioterapia.

El empleo de métodos muy específicos como la EEF deportiva no debe llevarnos a excluir la posible importancia de los métodos generales de EE que intencionadamente evitan ofrecer cualquier forma de entrenamiento funcional. El entrenamiento con EE aplicado por Serge Redin a uno de nosotros (Siff) con un estimulador paramétrico miogénico fue diseñado para aplicar estímulos externos que de ninguna manera estimularan los movimientos que más se realizan en los levantamientos olímpicos. Dicho de otro modo, la EE también se emplea como forma de PFG (preparación física general). La máquina de Reding aplicaba pulsaciones intensas y breves alternativamente a los lados opuestos del cuerpo, aunque no a los músculos agonistas y antagonistas emparejados. La intensidad de la EE fue periodizada cuidadosamente dentro del programa de entrenamiento completo junto con otros métodos clave del entrenamiento de la fuerza; además, las sesiones de entrenamiento siempre terminaban con masajes en los músculos con EE breve y profunda, así como con microestimulación de recuperación en el encéfalo y a lo largo de la médula espinal. Reding subrayó la importancia que las distintas formas de las ondas y regímenes de EEF tenían en las distintas categorías de deportes, añadiendo que el método compartido por Kots con los entrenadores canadienses era sólo una de sus muchas posibilidades.

Sobreentrenamiento y recuperación

Hay que tener en cuenta la posibilidad de que el deportista se sobreentrene, sobre todo si la EE se incorpora a un programa de entrenamiento de por sí agotador. No es recomendable, por lo general, aplicar más de 5-10 minutos de EE intensa por grupo de músculos, ya que durante los días siguientes al tratamiento puede manifestarse una necrosis tisular y una sensibilidad dolorosa prolongada. El empleo de aparatos de TENS inteligentes o de retroalimentación, que monitorizan las características eléctricas de las células y ajustan automáticamente los parámetros de la estimulación limita la posibilidad de sobreestimular o dañar a las células.

Por lo general, la EMIC se emplea bastante más que la EMAC, ya que no produce sobreentrenamiento ni lesiones y acelera la recuperación después del entrenamiento. Por tanto, permite entrenar con mayor intensidad y recuperarse más rápidamente entre las sesiones e incluso entre las series cuando es necesario. Los deportistas de nivel que intentan suplementar periódicamente el entrenamiento de pesas con EMAC deben saber que el empleo regular de EMIC también es valioso para mejorar el rendimiento y minimizar la posibilidad de sobreentrenarse. Sin embargo, no hay que olvidar que el empleo rutinario o frecuente de métodos acelerados de recuperación puede empeorar la capacidad natural del cuerpo para recuperarse y adaptarse; a veces, es importante dejar que el cuerpo realice él mismo la recuperación parcial o desacelerada para facilitar la respuesta supercompensadora (Siff y Yessis, 1992).

Observaciones a modo de conclusión

No le recomendamos al lector sin asesoramiento que recurra a la EE, ya que requiere un adies-

Urheberrechtlich geschütztes Material

tramiento teórico y práctico considerable para que su aplicación sea segura y eficaz. Quienes experimentan con estos aparatos en su entrenamiento suelen notar mejoras esporádicas o a corto plazo e interrumpen su uso al cabo de unos pocos meses. A menos que sea aplicado por expertos, estas máquinas suelen ser un despilfarro o provocan la decepción de sus usuarios por no cumplir con lo que los anuncios pregonan.

En varios países (como los Estados Unidos), los aparatos de EE no se venden al público ni son empleados comercial o terapéuticamente por nadie que no sea médico o fisioterapeuta. Por tanto, en esta sección no aparecen detalles específicos sobre su aplicación.

Entrenamiento de fuerza y resistencias

En principio, cuanto mayor sea el peso levantado por los músculos, mayor será la tensión que desarrollan. Esto se consigue mediante la estimulación y el reclutamiento efectivo de gran parte de los músculos ejercitados durante el trabajo. El desarrollo de la fuerza mediante actividades con resistencias fue demostrado hacia el año 500 a. de C. por el legendario Milón de Crotona. Según la leyenda, consiguió aumentar su fuerza hasta lo inimaginable llevando a diario y sobre los hombros un ternero; a medida que aumentaba su peso, también aumentaba la fuerza de Milón.

Ya en nuestra era el método de Milón queda ejemplificado por el método de DeLorme con ejercicios de resistencia progresiva (DeLorme, 1945; DeLorme y Watkins, 1948, 1951). Este método consiste en desarrollar la fuerza mediante levantamientos repetidos con un peso que se va incrementando gradualmente durante el entrenamiento, y de sesión a sesión, a medida que aumenta la fuerza.

Sin embargo, cuando es necesario desarrollar mucha fuerza, la imposición de resistencias constituye un metodo natural de entrenamiento; pero cuando la velocidad de movimiento desempeña un papel decisivo, las resistencias se emplean inicialmente con mucha precaución. Al mismo tiempo, algunos investigadores señalaron que el entrenamiento de la fuerza permite mejorar los resultados de los ejercicios de velocidad (Dupperon, 1926; Lubimov, 1927; Curie, 1937; Markov, 1938; Ozolin, 1939; Chui, 1950; Gullwer, 1955; Pennybaker, 1961). Sin embargo, fue necesario un largo periodo de verificación experimental y práctica antes de que esta hipótesis comenzara a ganar aceptación, si bien sólo es correcta por lo que respecta a la cantidad del peso, al patrón de coordinación de los movimientos, al tempo y al número de repeticiones.

Cuando la resistencia se emplea para estimular la tensión muscular, es necesario considerar el hecho de que la fuerza se puede desarrollar en los ejercicios con resistencias mediante tensiones máximas o velocidades máximas de las contracciones musculares. Podemos hablar de ejercicios de fuerza, en los que la fuerza se desarrolla de forma primaria mediante el incremento del peso, y ejercicios de fuerza-velocidad, en los que la fuerza desarrollada se relaciona con el incremento de la velocidad de movimientos (Farfel, 1940). En el primer caso, se trata de trabajar con la mayor resistencia posible y, en el segundo, con una resistencia cuya magnitud óptima se determine con la velocidad requerida de movimiento.

Hay que destacar que los regímenes de trabajo de fuerza con movimientos en principio lentos y con ejercicios de fuerza-velocidad (que básicamente emplean movimientos rápidos) son en esencia distintos por lo que respecta a los mecanismos fisiológicos y a la manera en la que se emplean las fuentes de energía. La ejecución de movimientos explosivos requiere siempre un alto nivel de excitación de los procesos neuronales básicos. En el caso de los movimientos lentos, el papel básico del sistema nervioso consiste en producir suficiente excitación y mantenerla durante un periodo relativamente largo (Federov, 1957).

Es útil examinar más de cerca la dinámica de los movimientos con esfuerzos máximos en lo referen-

Urheberrechtlich geschütztes Material

te a la magnitud de la resistencia desplazada y al régimen de trabajo muscular. La cantidad de trabajo aumenta, claro está, cuando la carga levantada por un halterófilo aumenta; sin embargo, los cambios existentes en la potencia del trabajo no son unidireccionales. Inicialmente, la potencia aumenta, aunque, después de que el peso de la barra de pesas haya excedido el 66% de la máxima, comienza a decrecer (Chikvadze, 1961). Un resultado similar se observa en el salto con una barra apoyada en los hombros (fig. 4.2). La fuerza dinámica máxima se eleva a medida que aumenta el peso de la máquina durante el rápido incremento del tiempo que dura el movimiento, sobre todo durante la fase activa del envión. La máxima potencia se alcanza con pesos del 30-40% de 1RM y con un coeficiente máximo de reactividad del 30-33% de 1RM.

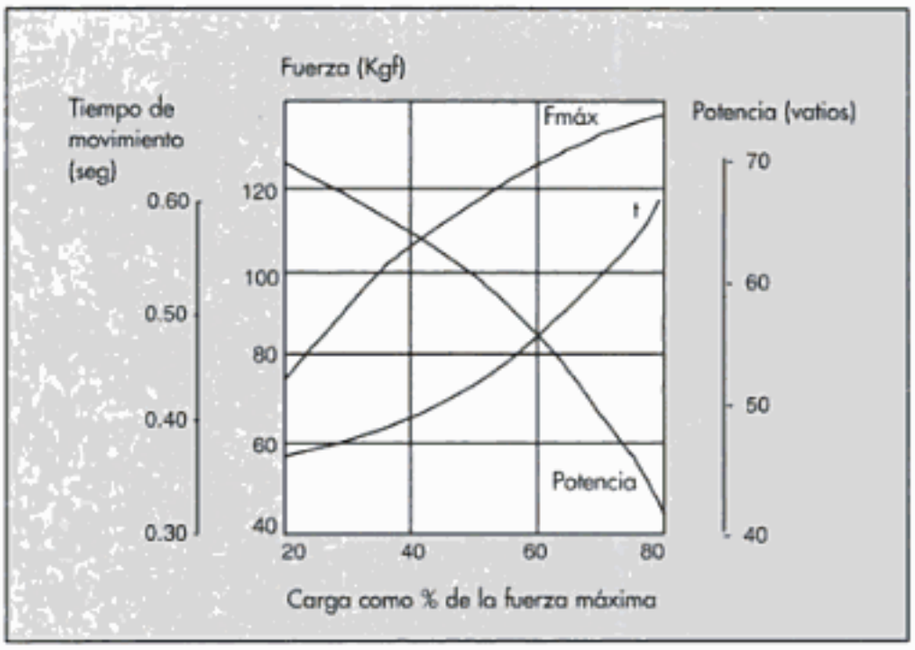


FIGURA 4.3 *Cambios en la fuerza máxima (Fmáx), potencia y tiempo de movimiento (t) en un press de piernas por lo que respecta a una resistencia cada vez mayor.*

El hecho de que la potencia y el coeficiente de reactividad aumenten a medida que se prolonga el tiempo del movimiento se debe a la energía elástica adicional acumulada en los músculos por medio de la absorción de la energía cinética del cuerpo y la máquina durante la fase de amortiguamiento.

Las observaciones de las características del movimiento del levantamiento concéntrico de pesos progresivamente más pesados (20%, 40%, 60%, 80% de la máxima) con ejercicios de sentadilla (con un ángulo inicial de 110°) favorecen estas conclusiones (fig. 4.3). Resulta evidente en el gráfico que la fuerza dinámica máxima y el tiempo de movimiento aumentan con el incremento de la resistencia de forma análoga a lo que ocurre con los saltos con una barra de pesas. Sin embargo, la energía elástica extra

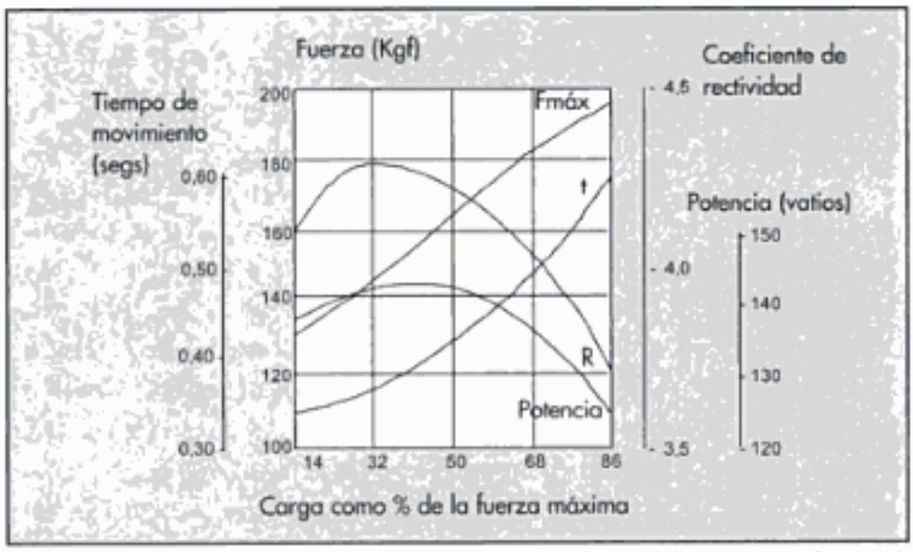


FIGURA 4.2 *Cambios en la fuerza máxima (Fmáx) tiempo de movimiento (t), coeficiente de reactividad (R) y potencia de salto (con una barra de pesas sobre los hombros) siendo la carga cada vez mayor.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

falta en este caso, lo cual provoca un descenso progresivo de la potencia.

Otros factores influyen en el resultado del trabajo de un movimiento contra una resistencia. Las variaciones en la magnitud de la carga, el régimen de trabajo muscular, la velocidad y el *tempo* del movimiento, el número de repeticiones por serie y la duración de los intervalos de descanso entre las series cambian significativamente las características biomecánicas del movimiento y, por ende, el efecto del entrenamiento general. Por tanto, en cada caso la selección de un régimen de trabajo particular con resistencias debe basarse en el tipo específico de fuerza desarrollada en los ejercicios especializados.

También hay que añadir que la resistencia a vencer, su velocidad de movimiento y la duración del trabajo determinan la forma en que se influye sobre los músculos que producen el movimiento, la coordinación de sus acciones y el instante en que cesa el trabajo. El indicador más estable de la coordinación de la actividad muscular durante el levantamiento repetido de una barra de pesas es la implicación secuencial de los mismos músculos específicos que son motores para el movimiento dado.

En un experimento en el que se empleó el 60% de 1RM, los músculos que se ejercitaron durante el trabajo permanecieron igual el 82% del tiempo invertido por todos los deportistas. Con pesos del 80% de 1RM, el grado de estabilidad fue menor (de ahí que mostraran mayor individualidad), aunque fue mayor entre los deportistas de mejor nivel. La coordinación de la actividad muscular también se vio interrumpida por el cansancio (Pakhomov, 1967).

Las contribuciones relativas de los músculos ejercitados pueden cambiar durante el trabajo repetido (Lazareva, 1966; Kozlov, 1966). El número de grupos musculares implicados en un movimiento puede reducirse (Moikin, 1964) o ampliarse (Averyanov, 1963). En aquellos movimientos en los que el esfuerzo es escaso o la velocidad baja, gran parte del trabajo atañe a los músculos de las articulaciones distales del cuerpo (Tochilov, 1946; Kosilov, 1948; Vinogradov, 1951). En el caso de los movimientos contra una resistencia significativa o ejecutados a gran velocidad, la actividad deriva a los músculos de las articulaciones próximales que tienden a desempeñar un papel más tónico o postural. Estos hallazgos muestran que es imposible el aislamiento muscular en condiciones en las que se necesita bastante resistencia, como ya se dijo con anterioridad en este capítulo.

Por tanto, los anteriores factores ejercen una influencia profunda en el resultado del trabajo del movimiento y en la especificidad de la fuerza desarrollada. Al seleccionar los ejercicios de fuerza contra una resistencia, hay que considerar estos factores de acuerdo con las características del deporte dado, prestando especial atención a los efectos concretos relacionados con el momento producido por los ejercicios de resistencia. Por ejemplo, en la posición inicial de un ejercicio de sentadillas y saltos con sentadillas (antes de comenzar el esfuerzo dinámico), los músculos de las piernas y del tronco ya han desarrollado una tensión equivalente al peso del aparato sostenido. En cambio, con los ejercicios de arrancada y arrancada en dos tiempos, la fuerza fundamental de trabajo que acelera el movimiento de la barra de pesas se desarrolla prácticamente desde cero, por lo que podemos dividir los ejercicios de resistencia en dos grupos:

- Ejercicios en los que la fuerza de trabajo se desarrolla después de la tensión muscular preliminar (equivalente al peso del objeto levantado).
- Ejercicios en los que la fuerza se desarrolla desde cero sin una tensión muscular preliminar apreciable.

La principal diferencia entre estos grupos de ejercicios es que los ejercicios del primer grupo no influyen de manera apreciable en los procesos relacionados con los cambios fisiológicos operados en los músculos (el nexo entre la excitación y la ten-

Urheberrechtlich geschütztes Material

sión). Por tanto, según cual sea la cantidad de peso empleada, se crean condiciones propias para desarrollar la fuerza muscular o la velocidad de las contracciones musculares, aunque no la velocidad de los músculos que pasan de un estado pasivo a otro activo. Las condiciones del trabajo muscular del segundo grupo de ejercicios tiene simultáneamente potencial para desarrollar la fuerza dinámica, la velocidad de movimientos y, sobre todo, la fuerza inicial. Esto no sólo es relevante para comprender la dinámica de los movimientos, sino también para mejorar los métodos de entrenamiento de la fuerza.

Finalmente, basándonos en las condiciones en las que se aplica la fuerza, hay que distinguir entre ejercicios en los que la fuerza se aplica direcctamente contra el peso de una carga y los ejercicios en los que la fuerza se aplica directamente contra la inercia de una carga. Por ejemplo, en el primer caso, si se levanta una barra de pesas, la fuerza de trabajo del movimiento es equivalente a $F = m(g+a)$; p. ej., determinada por la masa de la carga y la aceleración contra la gravedad. En el segundo caso, la fuerza del movimiento equivale a $F = ma$; p. ej., dependiendo sólo de la fuerza de carga de la inercia, que se mueve con cierta aceleración. Ejemplos de ello son los lanzamientos, los esprints saliendo de los tacos de salida y los golpeos de boxeo; es decir, aquellas situaciones en las que la fuerza actúa en dirección aproximadamente perpendicular a la fuerza gravitatoria. Las diferencias en la biomecánica de estos movimientos son bastante significativas.

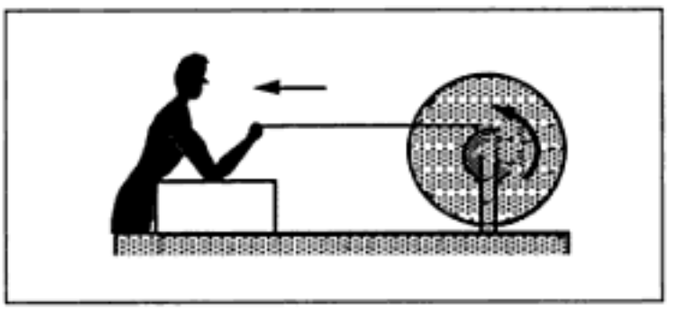


Figura 4.4 *Entrenamiento de inercia empleando una rueda con polea movida con flexiones de codo.*

En el primer caso (en que se supera el peso), la fuerza muscular equivale inicialmente al peso que se levanta (desarrollada en condiciones virtualmente isométricas), y que supera cuando se inicia el movimiento, acelera el movimiento de la carga y lo sigue incrementando hasta superar el peso del objeto (ver fig. 2.1). La tensión muscular isométrica preliminar genera un gran gradiente de fuerza de aceleración.

En el segundo caso (en que se vence la inercia), si se excluyen la fricción y la resistencia de los elementos del entorno, el movimiento de la carga comienza con una fuerza de propulsión insignificante. Los cambios que se operan están causados por la velocidad de las contracciones musculares o, más exactamente, por la capacidad que los músculos tienen para mover la carga mediante la producción simultánea de fuerza máxima y velocidad máxima de contracción.

Por tanto, en condiciones en las que la fuerza aguanta el peso de la carga, lo que más se estimula es el componente de fuerza. En condiciones en las que la fuerza se proyecta contra la inercia de la carga, se estimula predominantemente la velocidad de las contracciones musculares.

En el segundo caso, es fácil distinguir la posibilidad de superar la tendencia opuesta entre el peso de la carga y la velocidad de las contracciones musculares. Por desgracia, pocas veces se emplea en los entrenamientos el equipo especializado para producir trabajo muscular que venza la inercia de una carga. Sin embargo, si se quieren ampliar los métodos para el entrenamiento de la fuerza especial, hay que estudiar a fondo el concepto de entrenamiento de la inercia. Hay dos soluciones posibles: la aplicación de fuerza (p. ej., un empujón) contra una rueda horizontal o una carga suspendida (como un péndulo), o hacer girar una rueda con los brazos o las piernas mediante una polea (p. ej., fig. 4.4). En el primer ejemplo, se varía la cantidad de peso y en el segundo, el impulso de la inercia de la rueda para modificar la velocidad de contracción.

Urheberrechtlich geschütztes Material

El trabajo con pesos debe estudiarse como un caso especial. Los pesos se emplean de manera generalizada para incrementar la dificultad de los movimientos y desarrollar distintas capacidades motrices. Las bandas elásticas suelen usarse como medio para realizar movimientos resistidos, si bien el carácter de la fuerza producida depende de las propiedades elásticas del material, el cual limita la eficacia de estos medios. La fuerza elástica se produce de acuerdo con la Ley de Hooke: $F = k.x$, en donde k es la constante del muelle y x es la extensión. Así pues, la fuerza elástica se incrementa con el grado de extensión, por lo que la resistencia comienza desde cero y aumenta con la amplitud del movimiento. No hay que emplear materiales elásticos para desarrollar la fuerza inicial de los movimientos balísticos o para desarrollar la fuerza explosiva.

Otro tema es el concerniente a la fuerza-resistencia con unos límites seleccionados. En este caso, se puede seleccionar la longitud y elasticidad de la banda de forma que su resistencia cambie mínimamente a lo largo de la amplitud de trabajo del movimiento. Este método lo emplean los nadadores para desarrollar la fuerza-resistencia en los movimientos de propulsión (fig. 4.5).

Los métodos para hacer movimientos resistidos son muy variados. En cada caso se determinan mediante el ejercicio y la resolución de dos tareas: la estimulación de las contracciones musculares y la facilitación de la transferencia a las condiciones naturales del movimiento (p. ej; haciendo un lanzamiento reglamentario después de haberse entrenado con un peso más grande). Los movimientos se pueden hacer más difíciles con pesos pequeños y, por lo tanto, logran incrementar muy poco la masa corporal o sus enlaces. Esto se consigue con cinturones, pesos, muñequeras, sacos de arena, botas et al. objetos.

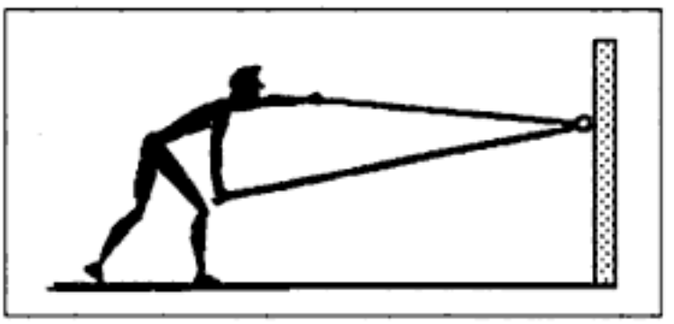


Figura 4.5 *Ejercicio con un cable elástico para desarrollar la fuerza resistencia en la natación.*

Este efecto también se puede obtener haciendo ejercicios en el agua, en la nieve, subiendo cuestas, en la playa, o remando con un remo ergométro. Los ejercicios con pesos no son necesariamente adecuados para desarrollar la velocidad de movimientos (p. ej., empleando la velocidad de los movimientos sin cargas o los movimientos contra una resistencia externa relativamente pequeña), sobre todo para los deportistas con alto nivel.

Un cuidadoso análisis de los datos experimentales y empíricos demuestra que aumentar la velocidad de los movimientos mediante ejercicios con resistencias (p. ej., para desarrollar la fuerza muscular absoluta) es útil en el caso de los deportistas principiantes. Está totalmente justificado para aumentar la fuerza muscular, y, desde el punto de vista fisiológico, favorece una ejecución más rápida de los movimientos. Sin embargo, este factor se agota con rapidez. La influencia, inicialmente positiva, se vuelve negativa, porque los ejercicios no sólo mejoran los procesos fisiológicos esenciales para facilitar la ejecución de movimientos rápidos, sino que también tienen un efecto perjudicial sobre ellos.

Si nos referimos a los movimientos de fuerza-velocidad (caracterizados por la fuerza explosiva) relacionados con la superación de una resistencia fuerte, entonces los ejercicios de resistencia son definitivamente valiosos, pero sólo en aquellos casos en los que se ejecuta cierto tipo de trabajo muscular, con un volumen razonable, en estadios específicos del entrenamiento, y de forma que sean específicos del deporte que se practica.

La energía cinética y los procesos de la fuerza

Consideremos el caso en el que un medio para entrenarse, por ejemplo, una barra de pesas, gana

Urheberrechtlich geschütztes Material

cierta velocidad cayendo desde cierta altura; la tarea del deportista consiste en detenerla e impulsarla rápidamente hacia arriba (fig. 4.6).

En circunstancias parecidas, la fuerza de trabajo muscular total desarrollada por la amortiguación excéntrica con un trabajo concéntrico activo se puede calcular con la fórmula F = m(g+a), en la que la aceleración es a = $V^2/2 \cdot s$, a partir de la ecuación $V^2 = u^2 + 2a \cdot s$:

$$F = m\,(V1^2/2S1 + g) + m\,(V2^2/2S2 + g).$$

en la que V1 y V2 se refieren a la velocidad de la haltera en los desplazamientos S1 y S2 respectivamente; m es la masa de la haltera, y g es la aceleración causada por la gravedad.

Una característica de estos movimientos es que gran parte de la energía cinética del aparato se transforma durante la fase de amortiguación en energía elástica, la cual se emplea en el trabajo concéntrico subsiguiente. Si la pérdida de energía causada por procesos como la generación de calor y el amortiguamiento viscoso del complejo muscular se excluyen en la primera aproximación, esta energía elástica equivale a la energía cinética del aparato al final de su caída (EC = mgh, en donde m = masa, h = altura de la caída, y g = aceleración causada por la gravedad). La fuerza muscular desarrollada en el instante de pasar del trabajo excéntrico al concéntrico será mayor durante una fase de amortiguación más corta y un tiempo de frenado más corto. Esto se aplica estrictamente a aquellas situaciones en las que la acción en conjunto se destina a empujar el aparato con la máxima velocidad posible inmediatamente después de haber conseguido detenerlo. Por tanto, a lo que nos referimos es a una producción de tensión muscular completamente distinta de la tradicional. El estímulo mecánico externo no es tanto el peso (y su fuerza de inercia) como la energía acumulada después de su caída libre.

Si consideramos la dinámica del trabajo muscular con las variaciones del despegue en un salto vertical (fig. 4.7), veremos que estos medios para estimular la tensión muscular ofrecen varias ventajas importantes:

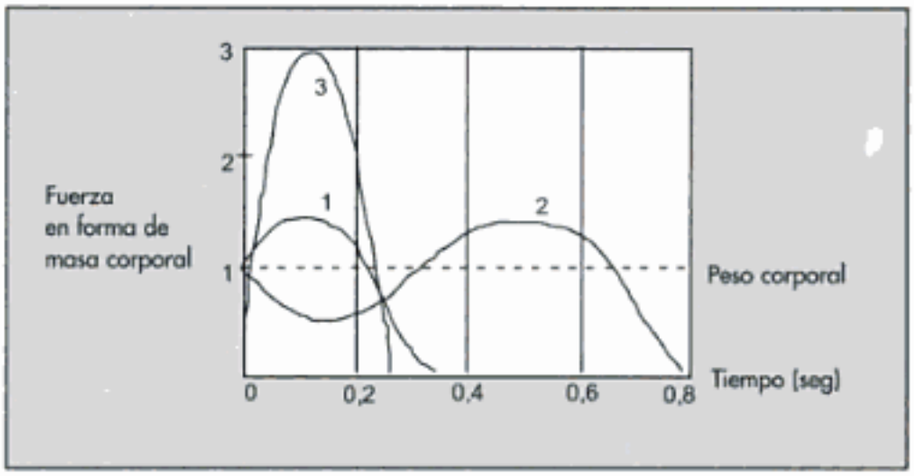


FIGURA 4.7 *Desarrollo de la fuerza en varios saltos verticales: (1) salto iniciado desde una posición en reposo y en cuclillas; (2) salto típico con una fase de amortización o flexión de las rodillas; (3) después de un salto horizontal desde una altura de 0,4 metros. Las alturas de los saltos fueron 0,67 m, 0,74 m y 0,80 m respectivamente.*

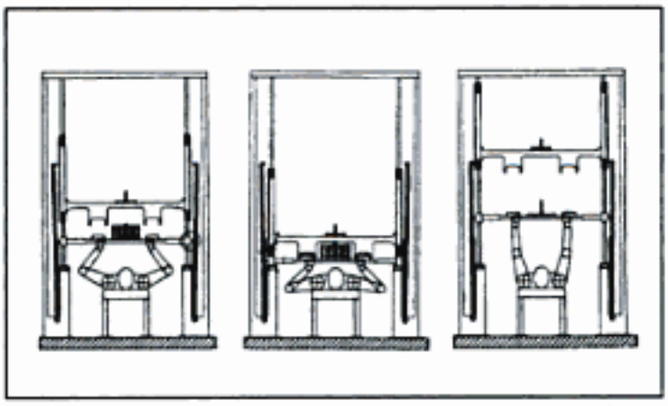


FIGURA 4.6 *Envión de una carga hacia arriba después de que haya caído desde cierta altura. Este ejercicio pliométrico realizado con una máquina de press de banca fue diseñado por R. Adcock, A. Chantler, H. Glyn-Jones y T. Rademeyer, estudiantes todos ellos de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Witwatersrand como parte de un proyecto de enseñanza superior sobre biomecánica (1992).*

Urheberrechtlich geschütztes Material

1. Desarrollan con gran rapidez la fuerza dinámica máxima.
2. La magnitud de esta máxima es bastante mayor que la producida con otros métodos.
3. Se alcanza una fuerza máxima importante sin emplear resistencias adicionales.
4. El cambio del trabajo excéntrico al concéntrico se produce bastante más rápido que con otros métodos.
5. La energía elástica acumulada (sin resistencia adicional) durante la fase de amortiguación produce un trabajo muscular de mayor potencia en la fase de envión y mayores contracciones musculares, que se deducen de la mayor altura lograda por el cuerpo durante el movimiento ascendente posterior.

La estimulación de la tensión muscular mediante la absorción de la energía del cuerpo del deportista en caída o de un aparato de entrenamiento puede producir una gran fuerza de contracción muscular sin emplear pesos (lo cual es imposible con otros medios de estimulación mecánica). Esto se logra no sólo sin disminuir la velocidad de las contracciones musculares, sino incluso aumentándola si se compara con los métodos de resistencia habituales.

Los primeros pasos experimentales dados para estudiar este principio de la estimulación muscular revelaron su eficacia particular para desarrollar la fuerza explosiva y la fuerza inicial. El potencial para desarrollar la fuerza inicial suele estar limitado porque depende de la capacidad para concentrarse intensamente en un esfuerzo voluntario específico. Esta fuerza se adquiere muy lentamente en el entrenamiento porque se requieren situaciones muy agotadoras, por ejemplo, un estímulo de tal intensidad que provoque una reacción de adaptación apropiada. Incluso la gran variedad de ejercicios de resistencia para la fuerza no suelen cumplir estos requisitos a pesar de que suelen precisar fuerza para desarrollarse desde un estado de reposo.

Varios estudios sugieren que estos ejercicios pueden tener un lugar si, por ejemplo, la tensión muscular se alcanza por medio de un estiramiento brusco en el instante en que un cuerpo u objeto que cae son detenidos (Ramsey, 1944; Hill, 1955; Tweit et al., 1963). Hay que destacar que el desarrollo casi instantáneo de la tensión muscular en este caso se debe a la estimulación mecánica de los propioceptores del sistema neuromuscular, el cual crea las condiciones para desarrollar la fuerza inicial y la capacidad explosiva de las acciones musculares.

Tenemos un régimen de trabajo específico que ningún ejercicio con resistencia elevada puede imitar, ya que la estimulación de la actividad muscular con resistencia extra enlentece la transición del trabajo excéntrico al concéntrico. La utilización de la energía generada por un cuerpo u objeto en caída para la estimulación mecánica requiere que los músculos desarrollen al principio una tensión elás-

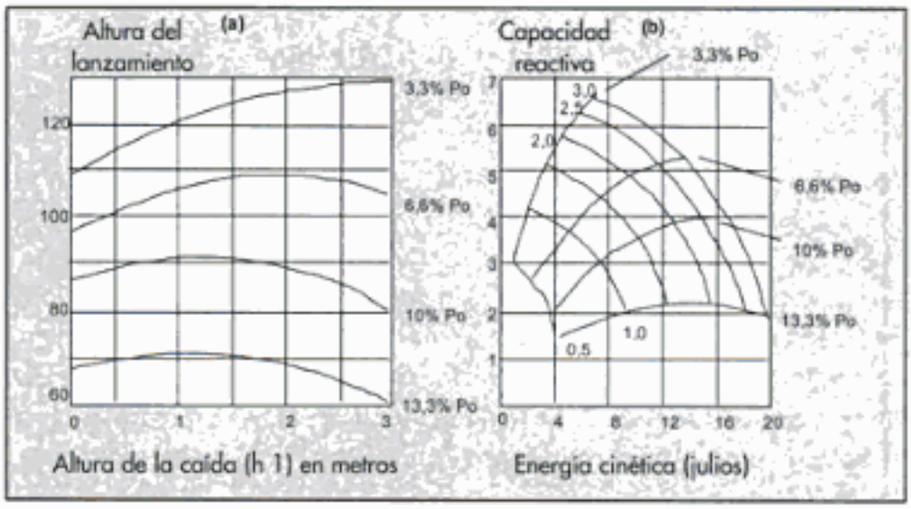


FIGURA 4.8 (a) *Cambios en la altura (h2) con lanzamiento de cargas de distinta masa (con referencia a la fuerza isométrica máxima Po), después de haber caído desde alturas diferentes (h1) (b) Cambios en el coeficiente de reactividad (CR) por lo que respecta a la energía cinética de la carga en caída.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

tica importante, que la empleen para vencer la inercia de un peso relativamente pequeño, que luego pasen con rapidez al trabajo concéntrico y produzcan una alta velocidad de contracción muscular.

El papel de la energía cinética para estimular la acción explosiva de los músculos exige un detallado análisis. Para hacer esto en el laboratorio se construyó un soporte experimental especial para medir la altura alcanzada por una carga cuando una persona la lanzaba hacia arriba después de haber caído ésta desde cierta altura (de 0,5 a 3 metros). La energía cinética empleada para la estimulación muscular cambió de acuerdo con el peso (3,3%, 6,6%, 9,9% y 13,3% de la fuerza isométrica máxima) y la altura de la caída. El experimento demostró que un incremento de la energía cinética causada por un incremento de la masa de la carga disminuye la altura a la que se lanza la carga, si bien un incremento de la distancia que recorre la carga en la caída aumenta la altura a la que se lanza (fig. 4.8a).

Un gráfico parecido se obtiene con las investigaciones sobre la capacidad reactiva (fig. 4.8b). Esta tendencia, por lo general, se manifiesta con movimientos ejecutados en otras situaciones, si bien tienen sus propias peculiaridades (figs. 4.9 y 4.10). Estos ejemplos muestran claramente que no es beneficioso aumentar la energía cinética con cargas más pesadas. Por tanto, es necesario examinar un mejor medio para incrementar la altura del envión. El salto horizontal, que tiene una significación práctica inmediata en el desarrollo de la capacidad de salto, aparece en el ejemplo ilustrado en la figura 4.10. Aquí la fuerza máxima (Fmáx) aumenta hasta alcanzar una altura de 1,15 metros, luego disminuye bruscamente; sin embargo, el tiempo de movimiento comienza con un cambio insignificante que luego aumenta con brusquedad. La potencia y reactividad máximas se alcanzan empleando una altura de caída de aproximadamente 0,75 metros.

Por tanto, el límite óptimo del salto horizontal para la estimulación de la actividad muscular se halla entre 0,75 y 1,15 metros, ya que en el extremo inferior de este límite los músculos trabajan con una potencia máxima, mientras que en el extremo superior trabajan con una fuerza dinámica máxima. Este hallazgo constituye el fundamento de las recomendaciones para el empleo de saltos horizontales en el entrenamiento de saltadores de alto nivel (Verkhoshansky, 1963, 1964, 1966).

Si introducimos nuevos incrementos de la altura desde la que se hacen los saltos horizontales, entonces la magnitud de los parámetros dinámicos del despegue disminuye de forma significativa. El tiempo de frenado aumenta rápidamente, sobre todo porque se prolonga la fase de cambio del trabajo excéntrico al concéntrico. Además, la fuerza dinámica máxima del despegue y la velocidad de las contracciones musculares se estabiliza y no experimenta nuevos incrementos.

El despegue comprende dos acciones diferentes: el amortiguamiento (durante el cual se absorbe la energía cinética de la caída) y el impulso propiamente dicho. El amortiguamiento se caracteriza por el incremento de la flexión de las rodillas; y el impulso, por una velocidad relativamente constante de las contracciones musculares. Por tanto, el efecto positivo de la estimulación muscular mediante la absorción de la energía cinética generada por una caída puede emplearse con éxito sólo en ciertas condiciones y teniendo en cuenta la altura óptima de la caída, la masa corporal, la carga adicional y cualquier otro factor que pueda facilitar un despegue rápido.

Sin embargo, el estado del sistema neuromuscular durante la fase del amortiguamiento del cuerpo en la caída también puede desempeñar un papel independiente en el entrenamiento. La tensión desarrollada reactivamente durante esta fase mejora la capacidad de los músculos para pasar con rapidez al estado de actividad. La experiencia demuestra que no es perjudicial para la preparación de la fuerza velocidad y el soporte del sistema musculoesquelético, aunque son necesarias nuevas investigaciones para establecer unas reco-

Urheberrechtlich geschütztes Material

mendaciones prácticas definitivas en esta área.

Por lo tanto, la estimulación muscular mediante la absorción de la energía de un cuerpo que cae puede ser un método de carga muy eficaz, cuya razón de ser se basa en la capacidad de los músculos para contraerse con más fuerza después de un estiramiento preliminar brusco. Este mecanismo permite superar con éxito la fuerza de inercia del cuerpo en situaciones de urgencia, lo cual se muestra particularmente valioso en el deporte.

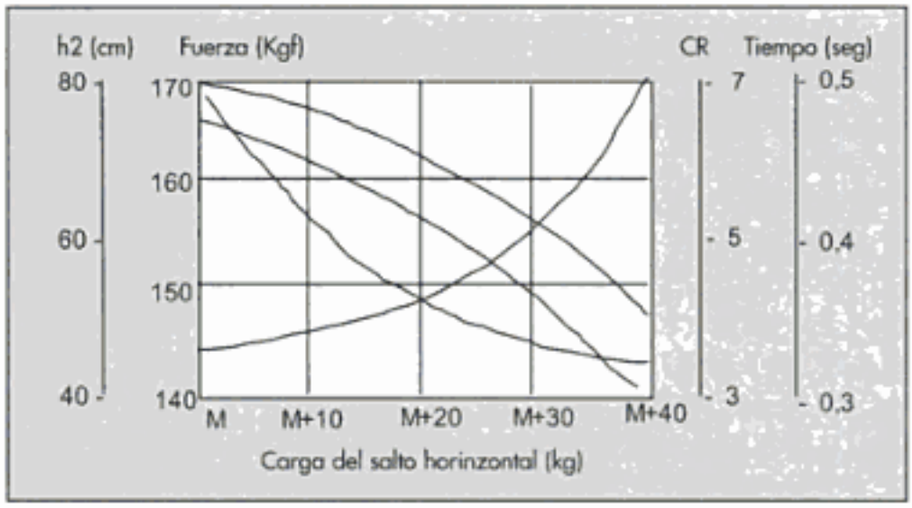


FIGURA 4.9 *Características del despegue después de saltos horizontales sin carga (M = masa del deportista) y con 10, 20, 30 y 40 kg extra de carga, CR es el coeficiente de reactividad; t es el tiempo; F es la fuerza y h2 es la altura del salto subsiguiente*

El estiramiento preliminar de los músculos se emplea en varios ejercicios de fuerza tales como las sentadillas y los saltos con una barra de pesas apoyada en los hombros. Sin embargo, estos ejercicios no implican un impulso tan intenso como los ejercicios que frenan la velocidad de la caída preliminar y desarrollan un carácter brusco, como un sacudida.

Así pues, el método de la estimulación muscular mediante la absorción de la energía cinética de un caída, conocido como pliometría, se llamó originalmente el «método de choques» (Verkhoshansky, 1966, 1968). Las investigaciones de Verkhoshansky (1958, 1976) dieron los primeros pasos serios en el estudio y formulación de este método y muchas de las investigaciones posteriores han corroborado su eficacia en aplicaciones específicas (Kuznetsov, 1966; Papysheva, 1966; Chudinov, 1966; Chernesheva, 1967; Semenov, 1967; Tatian, 1974; Khodykin, 1975). No obstante, son necesarios nuevos estudios de laboratorio y en condiciones de entrenamiento antes de que se cubran todas sus posibilidades.

Entrenamiento isométrico

Los ejercicios isométricos fueron muy populares a mediados de la década de 1950 debido a la búsqueda de métodos económicos y eficaces para des-

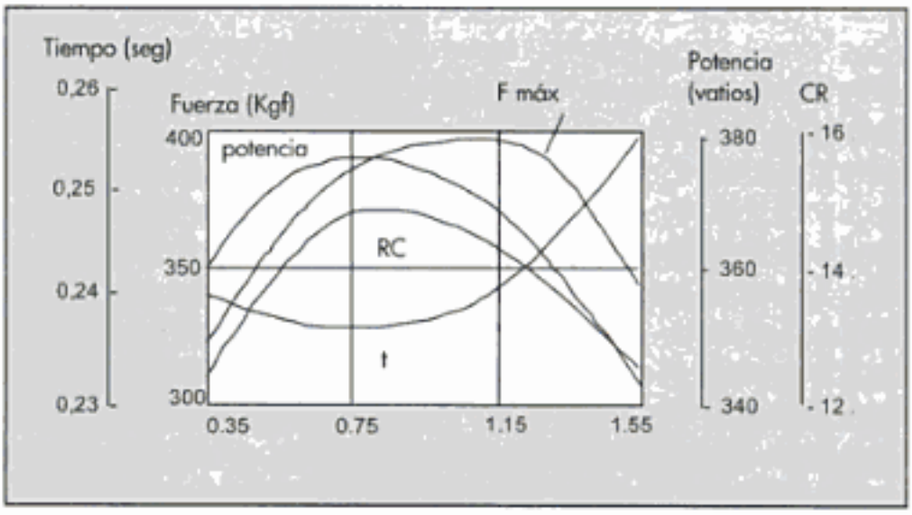


FIGURA 4.10 *Características del despegue después de saltos horizontales desde alturas cada vez más altas (h). CR = coeficiente de reactividad; Fmáx es la fuerza máxima y t es el tiempo de contacto con el suelo.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

arrollar la fuerza. Hettinger y Muller (1953, 1955) demostraron que un esfuerzo diario que fuera dos tercios de la máxima desarrollada durante seis segundos a lo largo de 10 semanas incrementaba la fuerza en torno al 5% por semana, mientras que Clark et al. (1954) hallaron que la fuerza estática sigue aumentando incluso después de la conclusión de un programa de cuatro semanas de ejercicios isométricos.

El éxito del entrenamiento isométrico provocó la aparición de nuevas investigaciones, muchas de las cuales se centraron en determinar su eficacia comparándolo con el entrenamiento dinámico. Estas investigaciones dieron como fruto datos más bien contradictorios (ver la revisión de Verkhoshansky, 1970). Sin embargo, se llegó a la conclusión general de que el entrenamiento isométrico puede ser más eficaz que los ejercicios dinámicos en aquellos casos en los que el ejercicio específico requiere contracciones musculares de gran magnitud durante cierto estadio de un movimiento o durante los estadios iniciales de la rehabilitación de una lesión.

Si el ejercicio específico comprende movimientos de gran velocidad, entonces un entrenamiento isométrico sostenido es menos eficaz. Las investigaciones demuestran que existen diferencias evidentes entre los efectos de entrenamiento de los ejercicios estáticos y los ejercicios dinámicos. Es importante aumentar lentamente la tensión muscular y mantenerla cierto tiempo realizando ejercicios isométricos, ya que el propósito habitual del entrenamiento isométrico es desarrollar la fuerza absoluta. El mantenimiento prolongado de la tensión muscular requiere un gasto de energía que estimule una adaptación adecuada del sistema neuromuscular y, por tanto, que determine su potencial de fuerza. El incremento de la fuerza puede ser más significativo que el producido por la tensión dinámica transitoria. Si se señala que algunos investigadores no han hallado diferencias esenciales en el crecimiento de la fuerza producida por la tensión muscular de distintas intensidades, entonces resulta obvio que el factor fundamental del acondicionamiento no es tanto la magnitud de la tensión isométrica como su duración.

Un técnica llamada isometría oscilatoria también es útil para producir contracciones potentes con una amplitud de movimiento pequeña. Esto ha sido corroborado por una investigación que demostró que la tensión máxima producida voluntariamente durante sacudidas isométricas breves pulsadas sinusoidalmente con 5 Hz es igual que la tensión sostenida máxima (Soechting y Roberts, 1975). Nasmajian (1978) comentó que esto realza la importancia del reclutamiento de fibras musculares en la gradación de la tensión y sincronización de la actividad de la unidad motriz durante los cortos estallidos de carga.

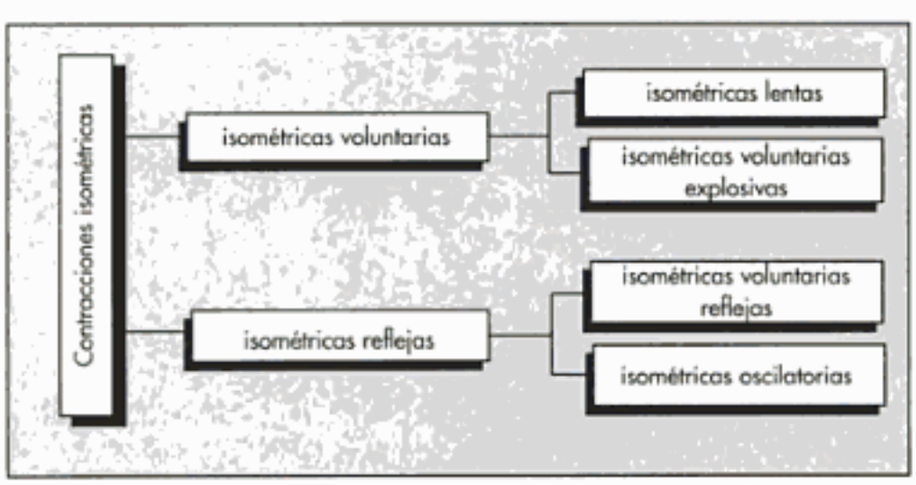


FIGURA 4.11 *Categorización de los distintos tipos de contracción muscular isométrica.*

Llegados a este punto hay que destacar que el entrenamiento isométrico no es simplemente cuestión de mantener una contracción muscular estática durante un tiempo dado. La contracción isométrica requiere que un músculo aumente su tensión partiendo de un estado de reposo a un valor máximo o submáximo dentro de un tiem-

Urheberrechtlich geschütztes Material

po concreto (la fase de «ataque»), luego mantenga esta tensión durante otro periodo (la fase de resistencia) y finalmente disminuya hasta llegar a un valor más bajo o al reposo (la fase de «declive»). Por consiguiente, hay que distinguir entre los ejercicios isométricos explosivos, cuya fase de ataque es muy corta, y los ejercicios isométricos lentos, cuya fase de ataque es mucho más larga (fig. 4.12). La contracción isométrica también se produce mediante contracciones voluntarias, así como involuntariamente mediante la respuesta refleja de los músculos entre las fases excéntrica y concéntrica de actividades pliométricas como el salto horizontal o la arrancada en dos tiempos de la halterofilia. Los distintos tipos de contracción isométrica aparecen categorizados en la figura 4.11.

Cada clase de entrenamiento isométrico produce sus propios y característicos efectos. Si los ejercicios isométricos se ejecutan haciendo hincapié en la velocidad de la fuerza desarrollada, entonces pueden ser tan eficaces a la hora de desarrollar la fuerza explosiva como los ejercicios dinámicos. La subida brusca de la curva de fuerza-tiempo (fig. 3.3) y la mayor magnitud de la fuerza isométrica máxima comparada con la fuerza dinámica máxima (con ángulos articulares equivalentes) constituyen el fundamento de esta afirmación. Por tanto, es dudoso afirmar que siempre sea productivo mantener una distinción rígida entre los ejercicios dinámicos y los isométricos. Por lo general, cuanto más trabajan los músculos para superar una resistencia, más cerca está el trabajo de volverse isométrico, tal y como muestran las curvas de fuerza velocidad de la acción muscular (figs. 3.15 y 3.16). Dicho de otro modo, el trabajo isométrico constituye el caso límite de trabajo dinámico cuando la velocidad de movimiento tiende a cero. Además, dado que los efectos de inhibición normalmente relacionados con las acciones musculares voluntarias no se hallan en la contracción isométrica, se manifiestan, más isométrica que dinámicamente, fuerzas explosivas incluso mayores.

En relación con esto, tiene sentido distinguir el entrenamiento isométrico para desarrollar la fuerza absoluta del entrenamiento isométrico para desarrollar la fuerza explosiva, así como emplear uno u otro en las circunstancias apropiadas. Sin embargo, ello sigue requiriendo que se hagan corroboraciones experimentales detalladas, aunque no debe olvidarse el empleo de los ejercicios isométricos como un medio para desarrollar la fuerza, porque las evaluaciones negativas sobre este método son prematuras. Es necesario tener en cuenta las siguientes ventajas del entrenamiento isométrico:

1. Requiere aparatos muy sencillos.

2. Se puede ejercitar a nivel local cualquier grupo muscular con un ángulo articular específico. Durante el trabajo dinámico el desarrollo del esfuerzo máximo con un ángulo articular concreto se alcanza sólo durante una fracción de segundo. En algunos casos, esto no suele ser posible porque la inercia del movimiento desplaza el aparato de esa posición en la que la tensión muscular produciría el

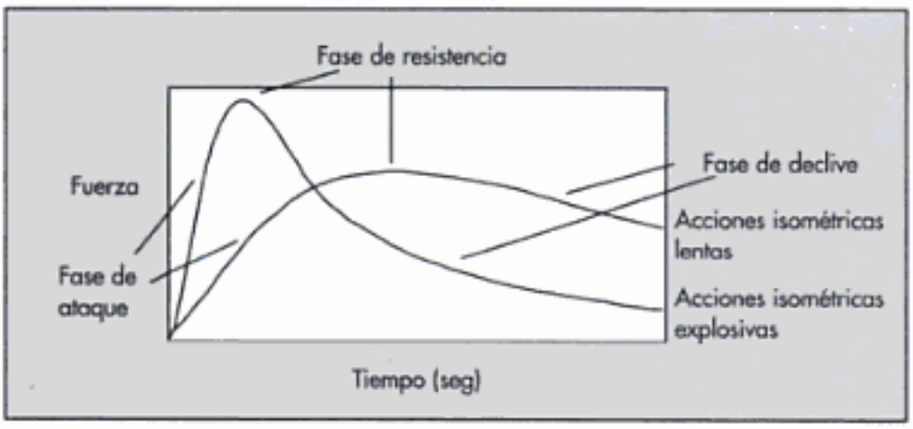


FIGURA 4.12 *Comparación entre acciones isométricas lentas y explosivas, distinguidas por sus características plasmadas en la fuerza-tiempo. La pendiente de la fase de ataque es incluso mayor y la duración de la fase de resistencia es mucho más corta durante las acciones isométricas explosivas reflejas.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

efecto mayor. Tal ángulo articular se puede fijar con precisión durante el entrenamiento isométrico.

3. El entrenamiento es muy productivo cuando el tiempo invertido es considerable. Cada contracción isométrica de 6 segundos equivale en su efecto a muchas contracciones dinámicas (de tipo balístico) en las que la fuerza máxima no dura más de 0,1 segundos. Desde un punto de vista práctico, esto significa que 10 minutos de tensión isométrica desarrollada en ejercicios seleccionados especialmente pueden reemplazar a una hora fatigosa de entrenamiento con pesos.

4. Se produce un incremento insignificante de la masa muscular y de la masa corporal en comparación con el trabajo de fuerza dinámica, sobre todo con ejercicios de press.

5. Suele haber un gasto de tiempo y energía menor que con el entrenamiento dinámico con pesos. Es posible preservar un nivel alto de fuerza-velocidad en el periodo de las competiciones cruciales.

6. Ofrece un potencial mayor que los ejercicios dinámicos para usar estímulos visuales y cinestésicos para mantener una posición dada. Esto da a los ejercicios isométricos una ventaja clara en el estudio y la corrección de errores.

Los ejercicios isométricos tienen los siguientes defectos: fatigan el sistema nervioso; pueden tener un efecto dañino sobre el sistema cardiovascular de algunas personas (debido a que se aguanta la respiración de forma prolongada y, por consiguiente, se eleva la tensión arterial); producen alteraciones de la coordinación; mejoran el rendimiento justo en un ángulo articular específico; disminuyen la velocidad de los movimientos; y reducen la elasticidad de los tejidos blandos y la amplitud funcional de los movimientos dinámicos.

Sin embargo, con un patrón respiratorio uniforme y correcto, una secuencia de trabajo con pausas de descanso entre ejercicios para relajarse y la limitación del tiempo de contracción a no más de 6 segundos (algunos autores recomiendan 10 segundos), los efectos retardados dañinos de los ejercicios isométricos pueden minimizarse (ver figs. 5.2 y 5.3). Se recomiendan los siguientes métodos de ejecución para desarrollar la fuerza absoluta mediante ejercicios isométricos:

1. La tensión se produce presionando contra una estructura sólida e inamovible o contra la resistencia ofrecida por un compañero. El inconveniente de este tipo de ejercicios es que el incremento de la tensión resultante del entrenamiento sólo se puede calcular subjetivamente, a menos que se emplee un dinamómetro.

2. La tensión se produce empleando una carga que se eleva y sostiene durante un periodo específico. Una variación de este método consiste en desplazar lentamente la carga a lo largo de una amplitud de trabajo que se detiene en distintos ángulos articulares (cuasi-isométrico). Este permite trabajar toda la amplitud de movimiento de un músculo y valorar el aumento de la fuerza mediante el incremento del peso de entrenamiento.

3. La tensión se produce levantando un peso de su soporte inferior para alcanzar y presionar contra un tope superior (p. ej., en el press militar contra rack). Este método se inicia con una fase dinámica corta y da al deportista una idea específica de la magnitud de la tensión. El deportista puede levantar el peso varias veces entre las paradas y luego ejecutar una contracción isométrica contra el tope superior durante el tiempo que sea necesario.

4. La tensión se produce empleando un dinamómetro u otro aparato de resistencia para controlar y manifestar la magnitud de la tensión muscular.

En todos los casos es necesario emplear ejercicios isométricos no explosivos para:

- aplicar la fuerza gradualmente sobre un objeto inamovible;
- mantener la tensión máxima durante no más de 8 segundos (ver fig. 5.2);
- realizar contracciones máximas durante 6 repeticiones (fig. 5.3);

Urheberrechtlich geschütztes Material

- introducir un descanso de 5-10 segundos entre las repeticiones (ver 5.2.1);
- limitar la duración total del entrenamiento isométrico a 10 minutos por sesión;
- terminar la sesión de entrenamiento con ejercicios de relajación.

Si el propósito es desarrollar la fuerza explosiva, entonces la tensión isométrica debe generarse con la mayor velocidad posible hasta alcanzar una magnitud del 70-80% de la fuerza máxima. La acción isométrica explosiva y refleja producida por los movimientos pliométricos puede ser extremadamente eficaz en este sentido.

Los ejercicios isométricos son muy diversos según cuáles sean las razones de su empleo, motivo por el cual es muy difícil recomendar ejercicios específicos en cada caso. Los deportistas que conocen las reglas básicas del entrenamiento isométrico pueden escoger los ejercicios necesarios, siempre y cuando esta selección se base en el principio de la correspondencia dinámica y en la creatividad personal.

Entrenamiento isométrico y especificidad angular

Son muchos los estudios que han confirmado que el entrenamiento isométrico produce mejoras de la fuerza máxima en aquel ángulo o cerca de él en que se desarrollan las contracciones isométricas (p. ej., ver cap. 1), lo cual hace que los deportistas a menudo eviten emplear cualquier forma de entrenamiento isométrico. Esta observación sobre la especificidad del ángulo se puede ver desde un punto de vista más crítico, ya que en otros estudios se demuestra que el entrenamiento isométrico también produce un aumento importante de la fuerza a lo largo de una amplitud angular que llega hasta 15 grados por cada lado del ángulo de entrenamiento. Además, al igual que con todas las mediciones de la fuerza, existe una fuerza específica o momento contra la curva del ángulo articular para cada tipo de contracción muscular (ver cap. 2), por lo que es muy poco probable que el incremento de la fuerza se reduzca a un ángulo muy preciso y no aumente también en otros ángulos de su amplitud. Como ya se dijo en lel capítulo 1, es más preciso referirnos a la especificidad regional que a la especificidad angular (o especificidad de la longitud muscular).

Un estudio posterior ha demostrado que esta especificidad regional del entrenamiento isométrico tiende a mostrarse más cuando el músculo está más contraído y menos cuando el músculo está más distendido (Thepault-Mathieu et al., 1988). En este estudio, un grupo de hombres se sometió a un entrenamiento isométrico (durante 5 semanas con 5 series de 5 repeticiones mantenidas durante 5 segundos tres veces por semana) con un ángulo de flexión del codo de 25 grados (extensión completa = 0°), los cuales mostraron un incremento del 54% en el ángulo de entrenamiento y una media de incremento en torno al 25% en el resto de la amplitud de movimiento. Un segundo grupo entrenó con un ángulo de flexión del codo de 80° e incrementó su fuerza por debajo del 30% en el ángulo de entrenamiento y cerca del 25% en el resto de la amplitud de movimiento. Finalmente, un tercer grupo entrenó con un ángulo de 120° y aumentó su fuerza por debajo del 25% en el ángulo de entrenamiento, pero sólo en torno al 7% en el resto de la amplitud de movimiento.

Dicho de otro modo, el entrenamiento isométrico de los músculos relativamente extendidos puede producir un aumento sustancial de la fuerza no sólo cerca de la región entrenada, sino también a lo largo de toda la amplitud de movimiento de dicha articulación. Sin embargo, este hallazgo no debe interpretarse como que el entrenamiento isométrico puede sustituir a otras formas de entrenamiento de fuerza, ya que la producción de un tipo específico de fuerza estática o dinámica depende de factores neuromusculares que rigen el patrón y la forma en que la fuerza muscular se ejercen en una situación concreta.

Otros aspectos de la actividad isométrica

Las contracciones isométricas siempre se distin-

Urheberrechtlich geschütztes Material

guen de las formas dinámicas de las contracciones musculares (concéntricas y excéntricas), como si se tratara de un proceso completamente distinto. Independientemente de si una contracción muscular produce o no el movimiento externo de una articulación, el proceso de contracción sigue siendo el mismo. Los impulsos nerviosos que llegan a las fibras musculares producen un deslizamiento de los filamentos de miosina y actina unos respecto de los otros hasta que aparece el cansancio y se produce una relajación.

La diferencia entre las contracciones musculares estáticas y dinámicas radica no en los músculos sino en el sistema nervioso que controla la intensidad, velocidad, duración, tipo y patrón de las contracciones. Es el sistema nervioso quien recluta a un grupo específico y un número de fibras musculares con un ritmo, tiempo y secuencia particulares. Activa los principales músculos impulsores, sus antagonistas, los musculos impulsores asistentes, los músculos de emergencia et al. grupos de músculos con el fin de producir el movimiento controlado y necesario de una articulación o serie de articulaciones. Debemos señalar en que el concepto de isometría es mucho más amplio de lo que parece por la mayoría de los libros de entrenamiento. Poco se dice sobre la forma en que se inician, controlan o terminan las contracciones isométricas. El principal foco de atención parece ser la intensidad y duración de las contracciones más que el patrón global de la acción muscular desde un estado de descanso a otro después de la actividad.

Como ya se dijo con anterioridad, las contracciones isométricas siempre se producen automáticamente durante algún estadio de la transición entre la acción muscular concéntrica y excéntrica. Controladas voluntariamente, las contracciones isométricas se inician o terminan lenta o rápidamente, y se mantienen durante cierto tiempo con un porcentaje específico de fuerza máxima durante una repetición (en el caso de una acción articular concreta).

Sin embargo, el mantenimiento de una contracción isométrica depende en último extremo de las respuestas autónomas producidas por los reflejos de cansacio o protección que se manifiestan en los músculos o en los tejidos conectivos. La motivación puede superar la retroalimentación negativa de estos tejidos durante algún tiempo más, pero la activación voluntaria de los músculos termina siendo imposible y se hace preciso descansar.

Las contracciones isométricas son máximas o submáximas, de corta o larga duración (dependiendo de la longitud y frecuencia de los intervalos de descanso), continuas o intermitentes, secuenciadas en una serie de distintos ángulos articulares, alternadas entre los músculos agonistas y antagonistas (aductores y abductores, o rotadores medios y laterales) y alternadas entre intensidades distintas. Se puede hacer voluntariamente que las contracciones isométricas oscilen entre niveles altos y bajos de intensidad, lo cual hace que se prolongue el periodo de su aplicación. Las contracciones isométricas ejecutadas con mucha lentitud durante una amplitud dada de acción articular se han llamado en otra parte de este libro contracciones cuasi-isométricas. Ya sabemos que el reflejo de estiramiento muscular también se recluta impulsivamente después de una contracción excéntrica y que forma la base del método de entrenamiento conocido como pliometría. Lo que suele pasarse por alto es que a la terminación de la fase de amortiguación excéntrica le sigue una contracción isométrica breve (acción isométrica explosiva refleja) que aumenta la fuerza producida por la retirada elástica del tejido conectivo estirado (p. ej., los tendones).

Una crítica que el entrenamiento tradicional esgrime contra la pliometría se debe a que los entrenadores creen erróneamente que la acción muscular es más eficaz si se inicia partiendo de un estado de relajación completa. Se justifican diciendo que la tensión inicial retrasa la acción siguiente y produce un movimiento más lento o menos controlado. Como ya se ha dicho con anterioridad, las contrac-

Urheberrechtlich geschütztes Material

sión de que debía emplearse con precaución en la halterofilia olímpica, porque puede alterar la relación entre la fuerza óptima de los músculos flexores y extensores.

El entrenamiento sin cargas es especialmente útil si no se tiene acceso a unas instalaciones deportivas o si uno se está recuperando de una lesión musculoesquelética. Combinado con fondos y sentadillas sin peso, el entrenamiento sin cargas se puede emplear en viajes. Este entrenamiento se puede ejecutar isométricamente, manteniendo una articulación dada en un ángulo específico; cuasi-isométricamente, moviendo con fuerza la articulación en toda la amplitud de movimiento; o dinámicamente, imitando un movimiento concreto del entrenamiento con pesos pero ejecutado con un bastón y produciendo una tensión muscular sin carga.

Las investigaciones muestran que las series consecutivas (Kovalik recomendaba 5 series de cada ejercicio) deben distanciarse con 3-10 segundos de descanso. Durante el entrenamiento cuasi-isomértico sin cargas, no debe haber periodos largos en los que se aguante la respiración; en vez de ello, hay que espirar el aire con lentitud y en sincronía con la tensión lenta de cada movimiento. Además, cada movimiento debe implicar una tensión poderosa de los músculos agonistas y antagonistas contraídos simultáneamente, iniciando todos los movimientos desde una extensión completa y acabándolos con un estiramiento que supere la extensión completa, para volver otra vez a hacer lo mismo después de 10-15 segundos. La fase de mantenimiento de la postura al final de cada movimiento (p. ej., la posición con el peso por encima de la cabeza en la arrancada) debe mantenerse con una tensión muscular máxima durante 6-8 segundos. La rotación de las articulaciones en distintos planos, al igual que los movimientos de los miembros según patrones diagonales o espirales, obedece a alguno de los principios básicos de la FNP (facilitación neuromuscular propioceptiva) fisioterapéutica y mejorala eficacia del entrenamiento sin cargas como una forma de fortalecimiento suplementaria (ver cap. 6). El valor de este tipo de entrenamiento ha sido corroborado por las investigaciones, que han demostrado que el fortalecimiento dinámico contra una resistencia puede fortalecer los músculos y el tejido conectivo.

Se pueden incluso tensar varios grupos musculares simultáneamente y reproducir los movimientos reales del deporte que se practica, visualizando las situaciones concretas en la mente. Este tipo de visualización activa, en contraposición a la visualización pasiva y relajada recomendada por muchos psicólogos deportivos, es útil unida al entrenamiento técnico, siempre y cuando no altere la estructura dinámica de los patrones de la competición normal.

Entrenamiento excéntrico

Las contracciones excéntricas comprenden las acciones musculares en las que la fuerza muscular cede ante una carga impuesta y el complejo muscular se alarga (ver cap. 1). No sólo es metabólicamente mucho más eficaz que las contracciones concéntricas, sino que también es capaz de generar mayores fuerzas (Kaneko et al., 1984; Komi, 1973; Rodgers y Berger, 1974). Además, se ha hallado que esta diferencia entre las contracciones concéntricas y excéntricas depende de la velocidad de contracción (Komi, 1973). A medida que aumenta la velocidad de la contracción, también aumenta la fuerza excéntrica máxima, aunque decrece la fuerza concéntrica máxima (fig. 3.16), incluso a pesar de que en el EMG correspondiente el grupo muscular dado permanece razonablemente constante.

Las investigaciones sobre el cambio en la fuerza obtenido por el trabajo concéntrico y excéntrico suelen ser contradictorias. Johnson et al. (1976) hallaron que no existían diferencias significativas entre los dos métodos de entrenamiento. Komi y Buskirk (1972), que emplearon un dinamómetro isocinético, hallaron que el entrenamiento excéntrico generaba incrementos mayores de la fuerza excéntrica, concéntrica e isométrica que el entrenamiento concéntrico. El entrenamiento concéntrico

Urheberrechtlich geschütztes Material

aumentaba sólo la fuerza concéntrica y excéntrica. Friden et al. (1983b) hallaron que el entrenamiento excéntrico continuado hasta fallar un intento produce aumentos acusados en la fuerza-resistencia excéntrica, pero pocos cambios en la fuerza- resistencia concéntrica.

El ERAMS (entrenamiento resistido y aerobio con movimientos en posición sentada) de gran aceleración y alta velocidad fue un sistema creado por Lisa Ericson (1992) para trabajar con discapacitados, si bien tiende a aumentar la fuerza-resistencia concéntrica y excéntrica. Otros estudiosos han registrado diferencias en la adaptación al entrenamiento de velocidad, en las mediciones de la velocidad y en los grupos musculares concretos, si bien hay muy pocos estudios que comparen la fuerza funcional y los cambios de potencia con pesos libres, actividades auxotónicas o maniobras naturales de un deporte. El papel central desempeñado por el principio de especificidad tiene un profundo efecto en el análisis experimental.

La capacidad de un músculo para producir más fuerza excéntrica que concéntrica puede ser más el resultado de la capacidad para generar tensión de los tejidos conectivos que de los elementos contráctiles del músculo. Por tanto, el mayor fortalecimiento observado en el entrenamiento excéntrico isocinético de velocidad alta (por encima de 180º por segundo) puede deberse al incremento selectivo de la fuerza tensora del tendón et al. componentes elásticos del complejo muscular. Una consecuencia del entrenamiento y la rehabilitación es que los ejercicios excéntricos a gran velocidad, aplicados de forma progresiva y con sobrecargas, pueden hacer que el tejido conectivo, sobre todo el de la unión musculotendinosa, resista fuerzas de impacto alto relacionadas con carreras, saltos y otras acciones impulsivas.

Puesto que el estiramiento del complejo muscular se produce con contracciones excéntricas, el CES (componente elástico en serie) se ve sometido a una mayor tensión que en condiciones concéntricas y aumenta el riesgo potencial de lesionarse. Así pues, no sorprende descubrir que la mayoría de las distensiones y desgarros musculares se producen durante la fase excéntrica del movimiento (Garrett, 1986).

A menudo se ha visto que una sola sesión con ejercicios excéntricos intensos genera una SDMD (sensibilidad dolorosa muscular retardada), cuyo pico se alcanza entre 24 y 72 horas después de la sesión, y que desaparece varios días después (Friden et al., 1983a). Esta sensibilidad dolorosa se acompaña por una disminución de la fuerza dinámica y la aparición de daños en las miofibrillas y en elementos del tejido conectivo como los discos Z, que son un elemento del CES. Friden et al. (1983b) también examinaron los efectos que produce ejecutar ejercicios excéntricos durante largos periodos (3 sesiones a la semana en un total de 8 semanas) y descubrieron que la sensibilidad dolorosa posterior al ejercicio no sólo no aparecía después de 2-3 semanas, sino que la capacidad para ejecutar trabajo excéntrico aumentaba cerca de un 375%. Al mismo tiempo, las biopsias mostraron que no se producían daños en los discos Z, lo cual era un indicio de que se había producido la adaptación a los ejercicios excéntricos. Esta investigación fue corroborada por el estudio de Schwane y Armstrong (1983), quienes descubrieron que las ratas que corrían cuesta abajo obtenían un efecto de entrenamiento superior que con un entrenamiento cuesta arriba y que además se prevenían las lesiones con más eficacia.

Medios isocinéticos para el entrenamiento

Ya se ha dicho que el interés por el estudio de las características del trabajo muscular en el deporte está relacionado con el interés por determinar qué regímenes aseguran que el potencial motor de los deportistas se desarrolle al máximo y que las condiciones del entrenamiento generen los mayores efectos a partir de un entrenamiento de la fuerza especial. En el último caso, las investigaciones han seguido básicamente dos direcciones:

- la determinación del régimen de entrenamien-

Urheberrechtlich geschütztes Material

to de la fuerza más eficaz;
- la determinación de la combinación más eficaz de los distintos regímenes de trabajo muscular o complejos de medios de entrenamiento en un periodo determinado.

Sin embargo, hay que decir que este tipo de proyectos de investigación no son muy numerosos y presentan varias deficiencias. Primero, se realizan con deportistas de bajo nivel; segundo, en muchos casos hay una tendencia a favorecer deliberadamente el método que esté más de moda, como los ejercicios excéntricos, el «cross training» o los circuitos de entrenamiento. Por tanto, es prematuro hablar de algo definitivo por lo que respecta a la eficacia de cualquier régimen o combinación de regímenes. Sólo podemos observar de cerca el estado de este problema y sacar conclusiones preliminares. De los regímenes de trabajo muscular más recientes que se emplean para el desarrollo de la fuerza, hay que tener en cuenta dos de ellos: el método isocinético y el método estático-dinámico.

El método isocinético de entrenamiento

El método isocinético estuvo muy de moda a finales de la década de 1960 y a comienzos de los años 70, sobre todo en los Estados Unidos (ver cap. 1). En esencia, este método comprende el empleo de un aparato especial (como un dinamómetro centrífugo o un sistema hidráulico) que se ajusta automáticamente a la resistencia del movimiento, controla su velocidad y asegura que los músculos soporten una carga máxima en toda la amplitud del trabajo. Dicho de otro modo, el factor limitador es la velocidad con la que se ejecuta el ejercicio y no la magnitud de la resistencia como sucede en los ejercicios de halterofilia. La resistencia aumenta a medida que se incrementa la velocidad.

En el método isocinético la resistencia es una función de la fuerza aplicada. Según cuál sea el aparato empleado, se ofrece en forma isocinética concéntrica o isocinética excéntrica, aunque la mayoría de las máquinas comerciales actuales sólo ofrecen la modalidad concéntrica. El aparato isocinético controla la velocidad del movimiento de forma que el deportista pueda trabajar con toda la amplitud de movimiento para generar tensión muscular. El aparato se fabrica de manera que ofrezca resistencias cuya magnitud pueda variar desde la fuerza ejercida por la presión de un dedo hasta cientos de newtons. El deportista trata de aplicar una fuerza máxima y el aparato varía automáticamente la resistencia. Puesto que la fuerza muscular y la capacidad de trabajo cambian durante el movimiento específico, la resistencia se acomoda a la capacidad de los músculos en cada ángulo de los límites de trabajo. El aparato isocinético proporciona a los músculos una carga cuasi-máxima en cada repetición del ejercicio sin importar la ventaja mecánica. Esta resistencia se ajusta de forma espontánea a la capacidad de trabajo específico de los músculos siempre y cuando el deportista sea capaz de mantener la motivación y generar una producción sostenida de fuerza contra la máquina.

La ventaja básica del método isocinético sobre otros, según afirma Counsilman (1971, 1972), uno de los primeros investigadores que popularizaron este método para el entrenamiento de deportistas, es que obliga a los músculos a trabajar todo el tiempo con un esfuerzo máximo y produce un incremento mayor y más rápido de la fuerza en acciones concretas incluso entre deportistas muy fuertes. Esta opinión, sin embargo, es incorrecta, ya que la fuerza isocinética suele ser menor que la fuerza isométrica a lo largo de la amplitud de todos los movimientos de la articulación, y la producción de fuerza máxima no es posible en condiciones isocinéticas (ver cap. 1 y figs. 2.8 y 2.9). Incluso teniendo en cuenta las ventajas que pregonan los anuncios, vale la pena señalar que algunos de los beneficios reputados del método isocinético han sido corroborados en algunos deportes (p. ej., en la natación y el piragüismo) por numerosas investigaciones (Chu y

Urheberrechtlich geschütztes Material

Limitaciones del método isocinético

Gran parte de las pruebas y rehabilitación musculares después de una lesión se basan en el empleo de dinamómetros isocinéticos como Cybex™ y Orthotron™. Tanto la ejecución inadecuada como las lesiones se atribuyen a las diferencias en la fuerza entre los grupos musculares que interactúan determinándolo isocinéticamente. Se afirma que los deportistas se están entrenando científicamente cuando se someten a pruebas de forma regular en condiciones isocinéticas. Las investigaciones sobre la eficacia de los regímenes de entrenamiento casi siempre se basan en mediciones isocinéticas y a menudo la reputación de sus autores hace que la validez de este trabajo se ponga pocas veces en duda. Esta sección estudia si la dependencia de las mediciones y rehabilitaciones isocinéticas está justificada.

Biomecánica fundamental

Se mantiene la creencia errónea de que los dinamómetros isocinéticos son aparatos fiables para medir la velocidad angular constante. Las leyes de la física hacen imposible construir una máquina que ofrezca resistencia isocinética pura desde el comienzo hasta el final del movimiento. Cuando un cuerpo está en reposo, tiene que acelerar hasta alcanzar cierta velocidad terminal que pueda ser mantenida durante un periodo dado de tiempo antes de comenzar la desaceleración relacionada con todo movimiento isocinético o del tipo que sea. Lo mejor que pueden hacer los fabricantes de aparatos isocinéticos es minimizar la duración de estas fases, aunque nunca puedan eliminarlas del todo. Para generar una situación totalmente isocinética desde el comienzo hasta el final del movimiento se necesitaría producir una aceleración infinita, lo cual contradiría las leyes de la ciencia.

Está justificado preguntarse si es importante la existencia de fases de medición no isocinética en estas máquinas. El hecho es muy importante porque la mayoría de las lesiones se producen durante estas fases de transición cuando un miembro modifica su velocidad o la tensión cambia en el sistema musculotendinoso y la prueba isocinética no aporta información útil sobre lo que les está sucediendo a los músculos. Un problema más serio es que las pruebas isocinéticas pueden no aportar información sobre la contribución de la energía elástica almacenada y liberada en los tejidos blandos durante acciones naturales y dinámicas como andar, correr, saltar o lanzar objetos. Sencillamente, las pruebas y entrenamientos isocinéticos no son funcionales, excepto quizás para los nadadores cuyos movimientos son aproximadamente isocinéticos en parte de su amplitud.

El análisis biomecánico de las curvas de la fuerza-tiempo y del índice de desarrollo de la fuerza (IDF) con movimientos libres y resistidos confirma la existencia de capacidades de los músculos que son vitales para el rendimiento, como la fuerza máxima, la fuerza inicial (al comienzo de un movimiento), la fuerza de aceleración (mientras el movimiento se está acelerando hasta alcanzar una velocidad máxima) y la fuerza explosiva (ver fig. 2.13). Las curvas obtenidas isocinéticamente son tan distintas al compararse con movimientos libres equivalentes que tienen un valor mínimo tanto para un análisis funcional como para el acondicionamiento neuromuscular específico.

Relaciones de fuerza recomendadas

A menudo se afirma que la relación óptima de la fuerza entre el cuádriceps y los isquiotibiales es 60:40, si bien los científicos rusos han hallado que esta relación depende del tipo de deporte que se practique (Vorobyev, 1978). Por ejemplo, han determinado que esta relación (medida cuando el momento de la extensión de la rodilla es mayor) debe aproximarse a 80:20 en el caso de los halterófilos y saltadores. Además, si la relación se mide durante el movimiento en un tapiz rodante, la relación para los corredores es aproximadamente 50:50. A pesar de estos hallazgos, la recomendación tradicional de alcanzar una relación de 60:40

Urheberrechtlich geschütztes Material

sigue estando muy aceptada y la rehabilitación se basa en gran medida en el restablecimiento de esta relación. Otra creencia popular es que las lesiones son más corrientes cuando la diferencia hallada en la fuerza entre las extremidades inferiores derecha e izquierda supera el 10%.

Sin embargo, investigaciones posteriores han demostrado que ninguna de estas recomendaciones se basan en experimentos controlados científicamente que corrijan la producción del momento por efecto de la gravedad y eviten el estiramiento de los isquiotibiales (Stephens y Reid, 1988). Además, la recomendación de lo adecuado de obtener una relación específica entre los músculos flexores y extensores es indeterminada, porque esta relación varía a lo largo de la amplitud de movimiento de la articulación, como se puede apreciar en la figura 4.13.

Por ejemplo, la relación de la rodilla con una flexión de 80° está en torno a 75:25 a 36°/segundo, mientras que a 180°/segundo es 68:32. El único estadio durante el cual la relación es 60:40 se produce con un ángulo aproximado de 50°. No sólo cambia la relación con el ángulo articular, sino también con la velocidad de las mediciones, por lo cual no tiene sentido prescribir una relación óptima para las articulaciones. Sería más útil referirse a una curva característica que abarque toda la amplitud de movimiento de una velocidad angular dada.

Anatomía funcional

Otro factor que siembra confusión es la influencia del ángulo de las articulaciones cercanas sobre el momento que producen los músculos que rodean la articulación en cuestión. Por ejemplo, el momento de extensión de la rodilla aumenta con el ángulo de la cadera, fenómeno que tiene una inmensa importancia práctica sobre todo para los halterófilos, saltadores y velocistas. Estos deportistas saben muy bien que deben trabajar dentro de unos límites óptimos de angulación relativa de la rodilla y la cadera. La medición de la disposición relativa de estos ángulos constituye la base del ciclograma empleado por los biomecánicos para estudiar la eficacia del modo de andar. Los terapeutas tratan de solventar este problema inmovilizando las caderas del deportista sentado mediante correas inextensibles que ciñen la parte superior de los muslos. Ello crea de inmediato condiciones afuncionales para evaluar la biomecánica de la extensión/flexión de las rodillas en un espacio libre. La postura sentada crea una situación precisa y constreñida para la medición del momento específico de esa postura en vez del momento propio de las posturas observadas durante cualquier acción deportiva real.

La evaluación isocinética del movimiento de la rodilla de un deportista sentado se suele controlar

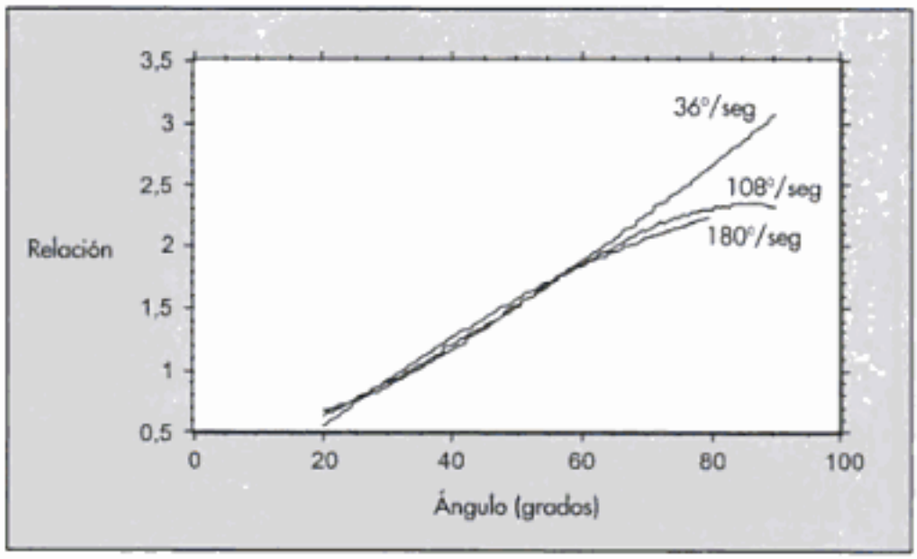


FIGURA 4.13 *Relación entre el momento isocinético de los músculos flexores y extensores de la rodilla a 36°/segundo, 108°/segundo y 180°/segundo. Los datos de la extensión de la rodilla medidos con un dinamómetro Cybex™ se dividieron por los datos de la flexión teniendo en cuenta el ángulo articular equivalente en cada caso. Los ángulos de la articulación varían entre la flexión parcial de la rodilla estando sentado hasta la extensión completa con 90°.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

sin precisión, ya que pocas veces se combina con electromiografías o miotonometrías (medición de la tensión muscular) para valorar las contribuciones relativas hechas al momento articular por parte de los distintos músculos que comprenden el cuádriceps y los isquiotibiales. La prescripción de un régimen de ejercicios sin saber con precisión qué músculos se emplean es igual de incierta con o sin estos costosos aparatos isocinéticos. Aún se complica más el tema ya que el grado de rotación lateral o medial de la extremidad inferior tiene un efecto importante sobre la implicación relativa de los músculos vastos medial y lateral, por lo que siempre debe controlarse con precisión si se quiere que la prueba isocinética sea rigurosa científicamente. Las pruebas de cadena abierta de las extremidades inferiores con la planta del pie sin entrar en contacto con el suelo alteran la forma en que el músculo poplíteo inicia la flexión de la rodilla, o en que el músculo gastrocnemio contribuye a su flexión, dos acciones que tienen gran importancia en las carreras, levantamientos y saltos.

Además, las pruebas estando sentado no tienen en cuenta la rotación medial de la rodilla ejercida por los músculos sartorio, recto interno, semimembranoso o semitendinoso, ni la rotación lateral ejercida por el bíceps femoral. La mayoría de los clientes suelen pasar por alto el papel de estos músculos en el rendimiento, aunque no los deportistas de competición, que someten sus cuerpos a exigencias máximas.

Todo el sistema de la FNP se basa en la importancia de los patrones específicos de movimiento articular y reclutamiento muscular a la hora de determinar la eficacia y seguridad del movimiento, si bien los terapeutas con un conocimiento profundo de la FNP aceptan sin cuestionarse los resultados producidos en las condiciones completamente antinaturales impuestas por las máquinas isocinéticas. Son conscientes de que el entrenamiento realizado de esta forma produce cambios neuronales específicos que se vuelven parte del programa del sistema nervioso central que determina la eficacia de todos los movimientos; aplican meticulosamente los patrones cinesiológicos concretos prescritos por Knott y Voss (1977), aunque se ven obligados a ignorar estos conocimientos cuando emplean las máquinas isocinéticas.

Fisiología de los músculos

Algunas de las implicaciones de la fisiología muscular también son importantes para conocer las limitaciones de las pruebas isocinéticas:

- El estado inicial de los músculos, que precede a muchas acciones deportivas, consiste en una contracción isométrica intensa o una contracción isométrica explosiva acompañada por el almacenamiento de energía elástica en los tendones (ver. cap. 1). Este estado ejerce una profunda influencia sobre la fuerza explosiva, la eficacia metabólica y la seguridad, si bien todas las pruebas o entrenamientos isocinéticos comprenden niveles iniciales insignificantes de contracción isométrica.
- El reflejo de estiramiento muscular tiene gran importancia para incrementar el efecto de trabajo de la acción muscular concéntrica, siendo mayor este reflejo cuanto mayor es el ritmo de estiramiento. Los movimientos más explosivos al correr, saltar y levantar o lanzar objetos se apoyan en el intenso reclutamiento de este reflejo, que no es posible en situaciones isocinéticas. De hecho, la producción de movimientos poderosos y diestros en todos los deportes se basa en el establecimiento de patrones neuromusculares concretos mediante la integración de muchos reflejos distintos. La eliminación de la mayoría de estas acciones reflejas con los aparatos isocinéticos asegura que las pruebas y el entrenamiento isocinéticos sólo tienen valor durante la fase de rehabilitación o de acondicionamiento general iniciales, y no durante las fases de prepa-

Urheberrechtlich geschütztes Material

ración específica o de competición, del entrenamiento deportivo.

- Los músculos suelen interactuar para producir dos tipos de acciones: movimientos de cocontracción y movimientos balísticos (ver cap. 1). En la cocontracción, los músculos agonistas y antagonistas se contraen simultáneamente, dominando los primeros la producción del movimiento externo. Los movimientos balísticos comprenden descargas de actividad agonista seguidas de fases de relajación durante las cuales el movimiento continúa gracias al impulso acumulado por el miembro. Los movimientos balísticos y continuos rápidos están preprogramados en el sistema nervioso central (SNC) y rara vez se produce una retroalimentación durante la acción, mientras que los movimientos discontinuos más lentos comprenden cocontracciones y una retroalimentación continua entre el SNC y los músculos y articulaciones. Las condiciones isocinéticas no permiten producir acciones concontráctiles balísticas o discontinuas, por lo que sólo cubren unas pocas necesidades de las pruebas y preparación deportivas.
- Algunas autoridades en el tema mantienen que la mejor forma de desarrollar la fuerza es cuando la tensión muscular se mantiene al máximo durante el movimiento por la tensión isocinética (Thistle et al., 1967). Esta proposición no se ha probado ni es aceptada universalmente en relación con todos los tipos de fuerza. Además, el momento producido en condiciones isocinéticas suele ser mucho más lento que el producido isométricamente con el mismo ángulo articular (figs. 2.8 y 2.9).
- Si la contracción de los músculos agonistas se ve precedida inmediatamente por una contracción maxima de los músculos antagonistas, la fuerza producida por los agonistas aumenta, fenómeno que suele llamarse inervación (o inhibición) recíproca y que se emplea normalmente en la FNP. La mayoría de los aparatos isocinéticos no permiten este tipo de movimientos que suelen producirse durante la ejecución de actividades pliométricas con rebotes.
- Los patrones de la producción de fuerza son distintos en los deportes bilaterales (empleo simultáneo de ambos miembros) y unilaterales (uso alternativo de cada miembro), por lo que las comparaciones isocinéticas de la fuerza relativa de los miembros pueden ser muy engañosas. Además, cada persona tiene un miembro dominante, por lo que la asimetría funcional es perfectamente normal. Esto no implica que el miembro dominante tenga más fuerza, sino que su superioridad suele mostrarse en la habilidad, sobre todo en los deportes en los que se dan patadas a balones, se salta o se lanzan objetos. Sin embargo, es habitual encontrar terapeutas que aún siguen tratando de fortalecer isocinéticamente el miembro más débil de los futbolistas, aunque la pierna que soporta el peso del jugador produzca mayor fuerza estabilizadora.

La importancia de la especificidad

El empleo indiscriminado de métodos isocinéticos transgrede el principio de la especificidad (tratado en detalle en cap. 1) en varios puntos:

- El tipo de contracción muscular.
- El patrón del movimiento.
- La zona del cuerpo del movimiento.
- La velocidad del movimiento.
- La fuerza de contracción.
- El reclutamiento de las fibras musculares.
- El metabolismo.
- La adaptación biomecánica.
- La flexibilidad.
- El cansancio.

Urheberrechtlich geschütztes Material

Por tanto, es muy importante conocer las limitaciones del empleo de métodos isocinéticos para probar o entrenar a los deportistas, al igual que apreciar que el acondicionamiento específico de un deporte tiene poco que ver con el rendimiento isocinético. Como ya han resaltado Sale y McDougall (1981), el incremento de la fuerza sólo es aparente cuando se emplea el mismo tipo de movimientos durante el entrenamiento. La importancia de la especificidad del entrenamiento ha sido subrayada aún más por las investigaciones de Verkhoshansky, que culminaron con la formulación del principio de la correspondencia dinámica. Este principio hace hincapié en que los medios para el entrenamiento de la fuerza en todos los deportes debe mejorar las capacidades motrices por lo que respecta a factores como la amplitud y dirección de los movimientos, así como el ritmo y tiempo de la producción de fuerza máxima.

Sobre esta base, el entrenamiento y las mediciones isocinéticas se conciben como funcionalmente distintas de los movimientos deportivos normales, motivo por el cual no tienen utilidad para aportar información que sea aplicable con fiabilidad a los deportistas de competición.

Observaciones a modo de conclusión

Aunque las mediciones tecnológicas son muy valiosas y deseables en el mundo del deporte y la rehabilitación, la simplificación excesiva de esta situación tan compleja puede llevar a cometer graves errores y a entorpecer el progreso de la ciencia. El modelo simplista del átomo compuesto por un sol central y unos electrones planetarios, que tan valioso fue para los físicos a comienzos del siglo XX, ha sido sustituido por modelos cuánticos más sofisticados que han hecho avanzar enormemente nuestra comprensión del universo. La dependencia de un único modelo isocinético para valorar la fuerza y resistencia musculares está muy ligada a la aceptación del antiguo modelo del átomo, únicamente porque es más fácil trabajar con él.

El hecho es que los movimientos realizados por los seres humanos comprenden múltiples componentes de unión estáticos y dinámicos que son extremadamente complicados; las pruebas isocinéticas sólo pueden ofrecer una forma muy simplista de obtener información sobre un número limitado de variables. Las máquinas isocinéticas son útiles para medir las acciones isocinéticas y los cambios en dos dimensiones, de la misma forma que los dinamómetros isométricos son útiles para medir la fuerza isométrica en un ángulo articular dado. La extrapolación de los resultados obtenidos en estas condiciones a las acciones deportivas que comprenden otros tipos de contracción muscular y patrones de movimiento es científicamente inaceptable y errónea. La movilidad y estabilidad humanas son el resultado integrado de las fases adecuadas de las contracciones musculares isométricas y no isocinéticas que se producen en un tiempo específico en un espacio tridimensional con amplitudes específicas de los ángulos articulares. Los movimientos humanos multifacetados requieren el empleo de medios mucho más versátiles y tecnológicamente complejos; un tipo de polígrafo cinesiológico que integre la información obtenida por el uso concurrente de aparatos como el vídeo de alta velocidad, los EMG, los miotensiómetros, acelerómetros y las plataformas de equilibrio y contrarresistencia.

La medición definitiva para entrenar y hacer pruebas con éxito no es otra que la mejora inequívoca del rendimiento de los deportistas, motivo por el cual los movimientos deportivos deben seguir considerándose la prueba final de cualquier entrenamiento o régimen de rehabilitación. Además, una alternativa muy eficaz y barata al método isocinético es el sistema ERPA basado en el trabajo original de DeLorme (ver cap. 5). La conveniencia de hacer una prueba isocinética debe sopesarse teniendo en cuenta su elevado coste, lo limitado de su aplicación y las ventajas sin contrastar que proclaman los fabricantes de este tipo de máquinas.

Urheberrechtlich geschütztes Material

mayoría de los entrenadores y deportistas de Occidente, ya que en los impresionantes centros de condición física se suele entrenar en su totalidad con máquinas de resistencia no funcional (RNF). De hecho, el síndrome del entrenamiento con máquinas se ha vuelto tan popular entre la población que con frecuencia es difícil hallar pesos libres o máquinas de resistencia funcional (RF) en estos centros a la última moda. Aunque el uso de máquinas de RNF puede ser adecuado para clientes circunstanciales, muchas veces es contraproducente para quienes realizan un entrenamiento específico para un deporte y lo emplean en lugar de pesos libres o máquinas de RF. El interés despertado y las campañas de publicidad para potenciar los circuitos de entrenamiento y el «cross training» han hecho que prolifere el uso de máquinas de RNF, por lo que los deportistas deben ser conscientes de sus limitaciones para el deporte y la rehabilitación, sobre todo en lo que se refiere a los efectos perjudiciales que puede tener sobre la especificidad de la forma física, la eficacia propioceptiva, la programación del sistema nervioso central y la destreza deportiva. La observación de Zatsiorski (1995) sobre este tema es muy significativa:

«La limitación de muchas máquinas para el entrenamiento de la fuerza consiste en que están diseñadas para entrenar los músculos y no los movimientos. Debido a esto, no constituyen la herramienta más importante para los deportistas».

Máquinas de resistencia funcional

Las máquinas de RF para desarrollar la fuerza funcional están especialmente diseñadas para oponer resistencia a ciertos movimientos deportivos. Según el contexto, se supone que los aparatos de resistencia específica para un deporte reproducen ejercicios deportivos o ciertos elementos de estos para aportar las necesarias cargas específicas en los distintos regímenes de trabajo muscular (Ratov, 1976). Las investigaciones sobre el empleo de aparatos para el entrenamiento de la RF han demostrado que son muy eficaces para el entrenamiento de la fuerza especial de muchos tipos de deportistas (Semenov, 1970; Petrova yGorbunov, 1970; Verkhoshansky, 1970; Deniskin y Kuznetsov, 1972; Dobrovolski, 1972, 1973; Kuznetsov y Aiunts, 1974; Savin, 1974).

Esto se puede explicar por el hecho de que permiten una regulación estricta de la carga y de las características espaciales del movimiento con el fin de emplear de forma extensa los regímenes apropiados de trabajo muscular y programar las características de la fuerza en el tiempo. Reproducen los movimientos del entrenamiento estereotipado y ahorran tiempo y energía a los deportistas.

Uno de los aparatos de RF más sencillos, baratos y versátiles son las máquinas de poleas que se empleaban en los gimnasios hasta que fueron sustituidas por las máquinas modernas. Las máquinas de poleas permiten emplear las poleas en posiciones altas y bajas para reproducir todas las variedades de movimientos en el espacio y en el tiempo. Puesto que las asas están unidas a las cuerdas de modo distinto que las barras fijas y los pivotes de la mayoría de máquinas de RNF, se pueden emplear, si se desea, para ejercitar los patrones específicos de un deporte de gran complejidad.

Con una elección y distribución apropiadas de agarres, barras, poleas y bancas es posible realizar docenas de ejercicios distintos para cada parte del cuerpo con una sola máquina de poleas. Un conjunto de cuatro máquinas de poleas puede constituir un circuito de entrenamiento que no igualan menos de 40 máquinas modernas. Un circuito compuesto por 10 máquinas de poleas, unas cuantas bancas, unas cuantas tablas para saltos, barras, colchonetas, espalderas y soportes de pesas puede proporcionar a los clientes más variedad de ejercicios que 100 máquinas especializadas y a menos de un 15% de su coste. Incluso así, las máquinas de RNF proporcionan un acondicionamiento multidimensional inferior del cuerpo.

Una ventaja de los aparatos para el entrenamiento de la RF específica de un deporte es que se puede

Urheberrechtlich geschütztes Material

obtener una retroalimentación visual y computadorizada sobre las características cualitativas y cuantitativas del movimiento, así como el control del entrenamiento de la fuerza especial del deportista. Todas estas ventajas crean un potencial importante para el perfeccionamiento del programa de entrenamiento de la fuerza especial de los deportistas. Por tanto, el diseño y la introducción de varios tipos de aparatos para el entrenamiento de la RF se convierte en una tarea muy importante.

Al usar cualquier máquina es vital señalar que la estimulación de cualquier movimiento deportivo con cargas pesadas puede alterar en gran medida las características de la fuerza-tiempo de la acción y trastornar los programas neuromusculares responsables del movimiento. La magnitud de la carga, el patrón de movimiento y el principio de la correspondencia dinámica se tienen que sopesar con cuidado si se pretende emplear máquinas para estimular los movimientos deportivos reales de la forma que sea.

Máquinas de resistencia no funcionales

Las máquinas de resistencia no funcional (RNF) pueden desempeñar un papel suplementario útil al entrenamiento con máquinas funcionales y pesos libres, aunque, por lo general, son incapaces de proporcionar el mismo grado de entrenamiento multidimensional ni neuromuscular o musculoesquelético que los pesos libres y las máquinas funcionales. Muy a menudo, las máquinas de RNF obligan al usuario a sentarse o a echarse, con lo que minimizan el efecto de entrenamiento sobre los principales músculos estabilizadores del cuerpo e implican en menor medida a las articulaciones que tienen menos grados de libertad de movimiento. Si bien esto puede ser valioso en los estadios iniciales de la rehabilitación de ciertas lesiones, constituye una forma incompleta de entrenamiento habitual del cuerpo si se desea lograr un desarrollo funcional. Una de sus deficiencias principales en el caso de los deportistas de competición o las personas normales es la limitación que imponen sobre los procesos propioceptivos y el sentido cinestésico en el desarrollo de la fuerza funcional. Puesto que las máquinas suelen estabilizar las regiones principales del cuerpo y limitan el número de articulaciones en movimiento, reducen la capacidad de ejercitarse libremente en el espacio tridimensional y no entrenan como debieran el equilibrio, la coordinación et al. componentes de la propiocepción. Son obvios los peligros que entraña el circuito de entrenamiento suplementario cuando se emplea de forma habitual como forma de «cross training» para la preparación deportiva.

Las máquinas de RNF suelen ser útiles para centrarse en el desarrollo de ciertos grupos de músculos y suplementar el entrenamiento global de los culturistas, si bien no son apropiados para proporcionar una acondicionamiento general de todos los grupos musculares que interactúan con los músculos agonistas/antagonistas y los sistemas motores. Por ejemplo, no hay ninguna máquina que rivalice con el efecto de entrenamiento de unas sentadillas con barra de pesas, unas flexiones con mancuernas o con barra, un ejercicio de press de banca con haltera, cargada de fuerza, press hecho de pie, unas elevaciones laterales con mancuernas o un ejercicio de peso muerto con barra de pesas. Por otra parte, una máquina como la máquina de poleas laterales suele ser por lo general más adecuada y segura para el entrenamiento del músculo dorsal ancho que los pesos libres equivalentes o el banco de remos.

Es importante señalar que si una máquina obliga a su usario a emplear menos articulaciones y músculos que el ejercicio equivalente con pesos libres o poleas, entonces el esfuerzo al que se someten todas estas estructuras se incrementa proporcionalmente. Por ejemplo, las sentadillas libres comprenden la utilización de tres articulaciones (la cadera, la rodilla y el tobillo), mientras que la máquina de extensión de la rodilla ejecutado sentado obliga al cuerpo a emplear una sola articulación (la rodilla) cuando ejercita el cuádriceps, por lo que, al produ-

Urheberrechtlich geschütztes Material

sea, tal y como demuestra fácilmente la plataforma de equilibrio y contrarresistencia, el tensiómetro de cable o el análisis de vídeos de alta velocidad. El deportista habilidoso deja que su aparato propioceptor perciba cualquier cambio en la fuerza o en el patrón de movimiento y varíe estática o dinámicamente la resistencia y su dirección con mayor eficacia que cualquier máquina normal.

La seguridad de las máquinas en el entrenamiento

A menudo se afirma que las máquinas de RNF que se encuentran en la mayoría de los centros de condición física (fitness) son mucho más seguras que los pesos libres. Las lesiones en la espalda y las rodillas (con máquinas de press de piernas, sentadillas-hack y máquinas de trineo) los hombros y el pecho (máquinas de press de banca y pec decks), la articulación del codo (máquinas para flexiones de codo), la espalda (máquinas para la extensión de la espalda) y otras articulaciones son igual de habituales que al emplear máquinas o pesos libres. De hecho, muchas máquinas como las de pec decks, press de banca, press de piernas y gemelos obligan al usuario a iniciar el movimiento desde una posición biomecánicamente menos eficaz y potencialmente más dañina para la articulación en cuestión. La presencia de compañeros para vigilar son tan necesarios como cuando se trabaja con pesos libres. Un técnica de ejecución errónea es tan peligrosa con máquinas como con pesos libres.

Algunas máquinas como las de extensión de piernas, poleas laterales o de flexiones de bíceps estando sentado son realmente más seguras cuando una persona padece una lesión o debilidad en la espalda. Son muy valiosas en los estadios iniciales de la rehabilitación, pero inútiles a largo plazo ya que se evita de forma continuada someter a esfuerzo alguno partes del cuerpo que se van debilitando. Hay un lugar concreto y definitivo en los gimnasios para cierto tipo de máquinas de RNF, pero en absoluto deben reemplazar a los pesos libres, las máquinas de poleas et al. aparatos de RF. Un análisis más detallado de la seguridad en el entrenamiento con máquinas específicas aparecerá más adelante (sección cap. 8).

La eficacia del entrenamiento con máquinas

Al contrario de lo que afirman los fabricantes de máquinas deportivas, hay que invertir bastante más tiempo trabajando con máquinas de RNF que con pesos libres o máquinas de RF para lograr que el efecto de entrenamiento específico de un deporte sea multifacetado. Por ejemplo, son necesarias al menos doce máquinas de RNF para igualar aproximadamente el efecto de entrenamiento de la cargada y el press con empujón; al menos cuatro máquinas para rivalizar con el efecto de entrenamiento de las sentadillas; más de tres máquinas para igualar el efecto de entrenamiento de unas flexiones con mancuernas hechas de pie, y al menos cinco máquinas para rivalizar con la eficacia de los ejercicios de peso muerto con las rodillas flexionadas.

Dicho de otro modo, se necesitan más de 24 máquinas de RNF para equiparar la eficacia de un circuito en el que sólo se incluyan cuatro ejercicios con pesos libres: la cargada y el press con empujón, las sentadillas, el peso muerto y las flexiones de bíceps. En este caso, el coste combinado de estas máquinas es unas cuarenta veces mayor que el coste combinado de varios juegos de pesos libres con sus soportes. Además, el coste de mantenimiento de la mayoría de las máquinas de RNF es considerablemente mayor que el de los pesos libres que, además, son casi imposibles de romper, mientras que las máquinas suelen estropearse con cierta frecuencia en los gimnasios donde se utilizan mucho.

El concepto de entrenamiento simétrico

Se sigue creyendo que la asimetría en la longitud de las piernas, la fuerza muscular, la longitud de zancada y otras características de la estructura y

Urheberrechtlich geschütztes Material

funcionamiento del cuerpo humano constituyen algunas de las causas de que se generen movimientos ineficaces y se produzcan lesiones. Asimismo, los desequilibrios de la fuerza muscular entre los músculos agonistas y antagonistas, entre los miembros de la derecha y la izquierda, y en la resistencia muscular isocinética –que han sido medidos con aparatos isocinéticos–, se han destacado como causas que favorecen las lesiones musculares. Sin embargo, las investigaciones han demostrado que las discrepancias medidas isocinéticamente de hasta un 10% entre la fuerza de la pierna derecha y la izquierda, entre la fuerza de los músculos agonistas y antagonistas de las piernas derecha e izquierda no tienen una correlación estadística con un mayor incremento de las lesiones musculares.

El cuerpo y sus músculos, tendones y huesos son por definición asimétricos y cualquier intento por alcanzar una mayor simetría antropométrica y cinesiológica exacerbaría el problema o provocaría nuevas lesiones. Hay que asegurarse de que el grado de asimetría es real no sólo mediante mediciones estáticas de las funciones estructurales (como la longitud de las piernas o la curvatura de la columna vertebral), sino también mediante un análisis biomecánico de las características funcionales como la distribución de la fuerza, los patrones de movimiento, la fuerza de reacción en tierra, la actividad eléctrica de los grupos musculares posturales (tónicos) y fásicos, y la duración de las distintas fases del movimiento.

Las diferencias existentes en las características estructurales como la longitud de los músculos y tendones, los puntos de inserción de tendones y ligamentos en los huesos, y el tamaño y masa de los huesos son completamente naturales en todos los seres humanos. Sólo cuando estas diferencias estructurales implican desequilibrios funcionales serios en los patrones de movimiento hay que recurrir a medios quirúrgicos u ortopédicos para resolver el problema. Incluso entonces hay que asegurarse de que esa asimetría funcional excesiva se debe sobre todo a procesos estructurales y no a procesos neuromusculares o del sistema nervioso central. Podría ser que los patrones nerviosos almacenados estuviesen generando imperfecciones cinesiológicas problemáticas, por lo que hay que prestar atención a la modificación de las habilidades motrices requeridas en un deporte específico.

Es importante apreciar que no hay una forma perfecta de ejecutar los movimientos: todo el mundo sigue una versión individualizada del modelo «ideal» de habilidad. Algunos entrenadores e instructores de aeróbic hacen hincapié de manera restrictiva en lo que ellos consideran una técnica de ejecución de los ejercicios «correcta» y permiten que se haga una interpretación individual incorrecta (p. ej., el estilo en contraposición a la destreza).

Sólo hay que examinar los distintos estilos de caminar y correr de los deportistas de nivel mundial para darse cuenta de que no existe un estilo perfecto. Sólo hay un estilo óptimo para cada persona, donde estilo se refiere a la expresión individual de una habilidad motriz. Este estilo se desarrolla sobre la base de la observación y experimentación con el modelo «ideal» hasta que la persona crea un programa en su sistema nervioso central que se adapte al cuerpo.

El estudio reciente de Yushkevich (1989) respalda estos puntos. Analizó la simetría en la longitud de las piernas y llegó a la conclusión de que esforzarse por alcanzar cierta simetría es inadecuado. Descubrió que los músculos extensores de todas las articulaciones de la pierna en la que los deportistas se apoyan para darse impulso suelen ser bastante más fuertes que los de las piernas con las que se hacen giros, de la misma forma que no existen diferencias claras entre la longitud de los músculos flexores de ambas piernas. Existen diferencias notables en los patrones de asimetría entre principiantes, clase 3, clase 2, clase 1 y los deportistas de mayor nivel. Por ejemplo, los principiantes mostraron más fuerza en los flexores de la cadera de las piernas con las que se impulsaban. Los músculos flexores de la rodilla de los principiantes, clase 3,

Urheberrechtlich geschütztes Material

mayor es la intensidad o la duración del ejercicio, menos probable es que se dé el aislamiento del músculo impulsor primario, incluso cuando se restringe la movilidad de ciertas articulaciones con una máquina de pruebas isocinética.

En muchos casos la tensión desarrollada por los estabilizadores o estabilizadores asistentes iguala o excede la de los impulsores primarios. Por ejemplo, durante las flexiones de tríceps de pie y empleando máquinas de cable, los músculos abdominales, el músculo dorsal ancho y el erector de la columna se llegan a contraer tanto como el tríceps, incluso cuando se trata supuestamente de un ejercicio aislado para el tríceps. El análisis de muchos ejercicios con máquinas que se hacen sentados o reclinados revela que el aislamiento no se produce cuando se trabaja con cargas fuertes.

Con esto no negamos el valor de los ejercicios de aislamiento; al contrario, el desbordamiento de otros grupos musculares es muy deseable (si el ejercicio se ejecuta con seguridad), ya que ofrece de forma simultánea un entrenamiento isométrico y dinámico para muchos otros grupos musculares. Sin embargo, es necesario deshacer los errores que rodean al concepto inexacto que del aislamiento muscular siguen manteniendo muchos instructores en sus libros sobre entrenamiento.

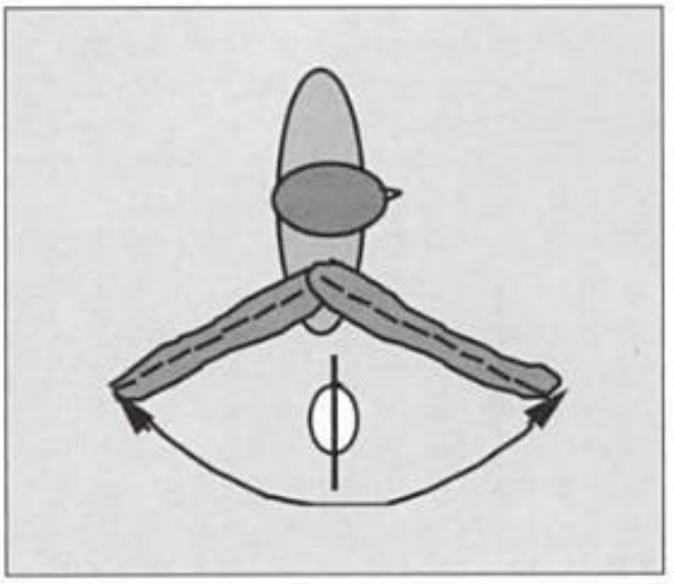


FIGURA 4.13 *Amplitud de trabajo del movimiento de los hombros de un palista y un lanzador de pesos.*

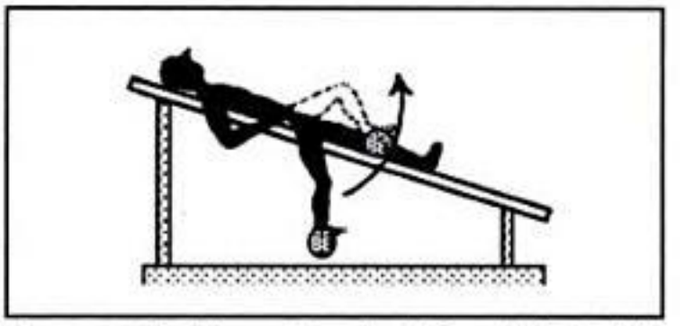


Figura 4.14 *Ejercicio para desarrollar la fuerza de flexión de las caderas basándose en la parte acentuada de la amplitud de trabajo y la resistencia a la fuerza de contracción muscular.*

LA CORRESPONDENCIA DINÁMICA COMO UN MEDIO DE ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA

El diseño de métodos para el entrenamiento especial de la fuerza se asocia, ante todo, con la selección de los medios y métodos para desarrollar la fuerza muscular. Todo movimiento deportivo es específico y está dirigido a una meta. Por tanto, la fuerza desarrollada en la ejecución de cada movimiento es también específica y encaminada a un objetivo. No hay que hablar de fuerza en general, sino sólo en el contexto de la tarea relevante. Dicho de otro modo, los medios y métodos para el entrenamiento de la fuerza proporcionan un régimen de trabajo adecuado para el sistema motor en los ejercicios especiales y, por tanto, aseguran que haya una continua mejora del rendimiento deportivo.

El fundamento de esta aseveración radica en el principio de la correspondencia dinámica, que hace hincapié en que los medios y métodos del entrenamiento de la fuerza para deportes específicos deben escogerse con el fin de mejorar las capacidades motrices requeridas en lo que respecta a:

- la amplitud y dirección del movimiento;
- la zona en donde se acentúa la producción de fuerza;

Urheberrechtlich geschütztes Material

- la dinámica del esfuerzo;
- el ritmo y la duración de la producción de fuerza máxima;
- el régimen de trabajo muscular.

La amplitud y dirección del movimiento

El criterio de correspondencia respecto a la amplitud y dirección parte de las características espaciales del movimiento respecto a la parte del cuerpo adyacente. Determina los músculos que se activan en el trabajo teniendo en cuenta las peculiaridades anatómicas y las condiciones externas del trabajo. Por tanto, el movimiento de la cintura escapular de un palista o un lanzador de pesos desarrolla casi la misma amplitud, si bien la dirección de la fuerza es distinta (fig. 4.13). En el primer caso, el impulso de los remos implica la extensión de los hombros, mientras que en el segundo caso implica su flexión cuando actúan oponiéndose a la fuerza de la inercia del lanzamiento.

La importancia de la correspondencia del trabajo muscular, por lo que se refiere a los criterios relevantes, queda ilustrada con el siguiente ejemplo. En el entrenamiento de atletismo, los saltadores y velocistas practican a veces ejercicios para desarrollar los músculos flexores de la cadera manteniéndose de pie sobre una máquina que ofrece resistencia mediante una almohadilla que hace presión contra la parte frontal del muslo.

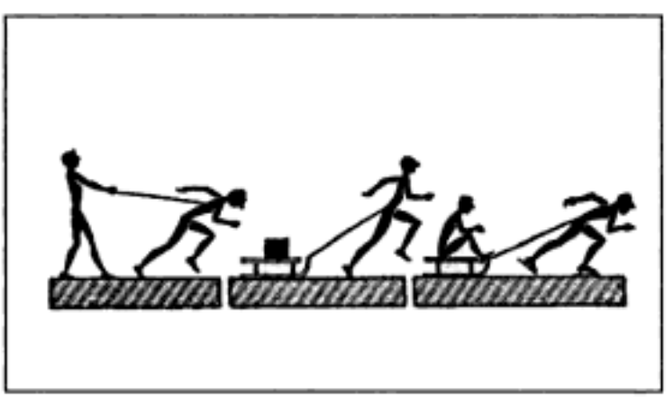


FIGURA 4.15 *Medios de entrenamiento para aumentar la resistencia durante el pàtinaje.*

Sin embargo, la amplitud del movimiento del muslo al correr y al saltar (cuando se mueven las piernas hacia delante) es significativamente mayor que la amplitud de este ejercicio, y comienza con la articulación coxofemoral adoptando un ángulo de unos 210° en relación con el torso. Por tanto, la ejecución de este ejercicio estando de pie no modela el mecanismo del movimiento del ejercicio específico del deporte (p. ej., al saltar o al esprintar).

Cuando la posición del deportista se modifica (fig. 4.14), se cumple el criterio de la correspondencia, no sólo por lo que respecta a la amplitud del movimiento, sino también en relación con el movimiento deportivo, ya que la resistencia reproduce la resistencia a la inercia de la masa de la pierna que gira en torno a la articulación coxofemoral durante la ejecución del ejercicio especial. Al alterar la carga, el número de repeticiones y el *tempo* del movimiento, se resuelve la tarea de desarrollar la fuerza para producir tanto la fuerza como la fuerza-resistencia requeridas. Así, para cumplir los criterios de correspondencia respecto a la amplitud y dirección del movimiento, es aconsejable seleccionar la posición inicial exacta y la postura que adopta el deportista, así como calcular la dirección de la acción de las fuerzas relacionadas con los vínculos de trabajo del sistema y la carga adicional. También hay que tener en cuenta la línea de acción de la resistencia externa y del movimiento cargado en conjunto. Por ejemplo, en el atletismo de medio fondo, en el esquí y patinaje de medio fondo, se suele usar en ocasiones una mochila llena de arena o un cinturón con peso que actúan como resistencia. Sin embargo, los músculos que soportan la carga son aquellos que aguantan el peso del cuerpo. Esto puede incrementar la capacidad para superar la carga vertical y desarrollar la fuerza-resistencia general, si bien no sirve para fortalecer los músculos que impulsan el cuerpo hacia adelante. De forma parecida, un patinador puede realizar saltos sobre una pierna en el suelo o cayendo desde un banco. Estos ejercicios fortalecen los músculos de

Urheberrechtlich geschütztes Material

las piernas que sostienen el cuerpo y mejoran la resistencia estática de los músculos de la espalda, si bien no reproducen totalmente el trabajo que desarrollan los músculos al impulsarse hacia arriba, momento en que la fuerza se dirige hacia abajo.

Los patinadores deben emplear otro método de movimiento resistido mediante el cambio de dirección en la que actúa la fuerza de resistencia (fig. 4.15). Estos métodos consiguen en gran medida que el ejercicio del entrenamiento reproduzca la dinámica de las acciones específicas del deporte.

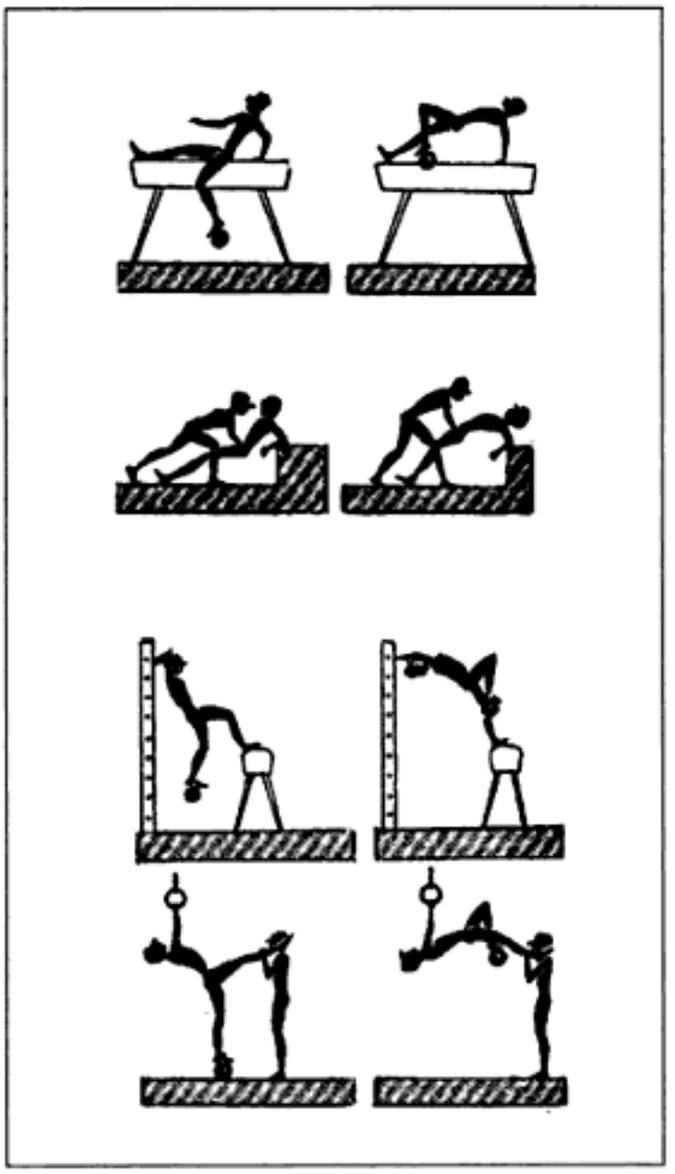


FIGURA 4.16 *Ejercicio de fuerza complejo para el fortalecimiento simultáneo de los músculos flexores y extensores de la cadera, así como los extensores de la rodilla.*

En el mundo del deporte, la fuerza de trabajo se desarrolla con la tensión coordinada y simultánea de los grupos musculares que mueven los distintos segmentos del cuerpo. El ejemplo más característico de esta cooperación de los músculos es la flexión y extensión simultáneas de las dos articulaciones coxofemorales (p. ej., al correr, al saltar, en la esgrima, el patinaje artístico, el baloncesto y el tenis), en donde el movimiento angular de una pierna mejora el movimiento de impulsión hacia arriba de la otra. Es útil reproducir esta combinación con ejercicios de fuerza que tienen en cuenta la amplitud de trabajo del movimiento y la dirección de la fuerza opuesta (como en la fig. 4.16).

Entrenamiento de resistencia con paracaídas

A veces, se emplean paracaídas pequeños de distinto tamaño (que ofrecen distintos grados de resistencia) que se ciñen al tronco con un arnés de fácil manejo y que ofrecen un tipo de resistencia de poca inercia (Popov, 1966). Aunque se afirma que estos paracaídas se desarrollaron en secreto en Moscú en 1988 (Brunner y Tabachnik, *Métodos soviéticos de entrenamiento y recuperación*, 1990), la referencia anterior demuestra que Popov et al. autores ya investigaban con ellos 20 años atrás.

El hecho de poderse quitar el paracaídas con rapidez se emplea para disminuir la resistencia rápidamente mientras el deportista corre y ofrecer las ventajas del entrenamiento con contrastes, como la fuerza de aceleración (ver cap. 7). Debido en gran medida a los esfuerzos de emigrantes rusos como el doctor Ben Tabachnik, un antiguo entrenador de atletismo soviético que ahora vive en los Estados Unidos, estos paracaídas se han convertido en un método de entrenamiento popular en Occidente, donde por lo general se han aplicado más bien al azar y con poco conocimiento de su periodización óptima en los programas de entrenamiento general. Lo acertado de su empleo depende del conocimiento de las cualidades de la fuerza que nece-

Urheberrechtlich geschütztes Material

sita un deportista en un estadio concreto del entrenamiento.

En concreto, el entrenamiento con paracaídas no desempeña ningún papel en el desarrollo de la fuerza inicial, que se produce en condiciones isométricas. Sin embargo, es útil porque ofrece una alternativa más segura al uso de pesos añadidos a las extremidades del cuerpo o arrastrados detrás del deportista (p. ej., un carro o un trineo), porque no incrementan las fuerzas de reacción vertical que actúan sobre el cuerpo. El hecho de que los paracaídas ofrezcan resistencia aerodinámica –que aumenta rápidamente con la velocidad (el cuadrado de la velocidad)– nos permite emplear estos aparatos con mayor conocimiento de causa. Así pues, los paracaídas más pequeños son más apropiados para el desarrollo de la velocidad; los paracaídas medianos, para la velocidad-resistencia, y los paracaídas grandes para la fuerza velocidad y la fuerza de aceleración. Es evidente que la velocidad de carrera determina el grado de resistencia al arrastre, por lo que el desarrollo óptimo de estas capacidades motrices y de la forma física depende de los intentos que se hagan por correr a velocidad máxima y que varíen entre 5 y 200 newtons para correr a 6-10 metros por segundo, dependiendo del tamaño del paracaídas (Zatsiorski, 1995).

El quitarse el paracaídas con rapidez al alcanzar la velocidad máxima puede ser útil como método de contraste especial a la hora de mejorar la velocidad y la frecuencia de zancada. Las distancias recorridas durante el entrenamiento varían entre 30 m y 150 m, siendo utilizados los paracaídas más pequeños en las distancias más largas. Si los principios básicos de su aplicación se entienden bien, los corredores de fondo, al igual que velocistas, ciclistas y nadadores de fondo, los pueden emplear con éxito en su entrenamiento. Al igual que sucede con otros entrenamientos de resistencia, este método debe aplicarse con cuidado para no incidir negativamente en la coordinación y la habilidad motriz. En concreto, hay que señalar que los paracaídas ofrecen el mismo grado de resistencia durante las fases de apoyo y mantenimiento en el aire desarrolladas al correr, y que, por tanto, interrumpen la velocidad, la aceleración del movimiento del cuerpo y los miembros durante el vuelo. Además, los paracaídas alteran la posición relativa de las articulaciones durante el aterrizaje, sobre todo durante los saltos o los saltos de vallas. Todo esto puede afectar negativamente a varios aspectos del grado de correspondencia dinámica de los medios de entrenamiento respecto a los movimientos reales del deporte practicado (como se trató en el cap. 4.).

Al usar estos paracaídas hay que aplicar el principio de la sobrecarga progresiva y gradual, usando los paracaídas más grandes a lo largo de un periodo de varias semanas. Al hacer esto, es esencial disminuir periódicamente la carga de la sesión o microciclo y aplicar el método de contraste de liberación repentina del paracaídas con el fin de mejorar el efecto de entrenamiento (ver cap 1). En toda sesión de entrenamiento es habitual avanzar con rapidez después del calentamiento y usar paracaídas que ofrezcan gran resistencia, para terminar con unas pocas repeticiones con paracaídas más pequeños.

Para asegurarse de que este entrenamiento de resistencia aerodinámica no conlleva efectos secundarios que estorben las capacidades neuromusculares normales, es aconsejable que todas las sesiones con paracaídas vayan precedidas y segui-

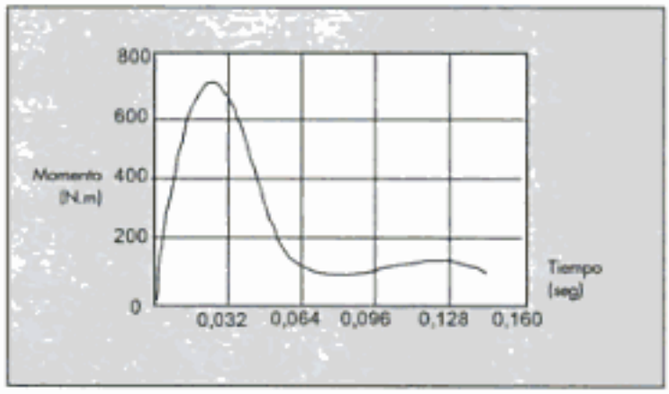


Figura 4.17 *Cambio en el momento de la fuerza durante el movimiento de flexión y extensión repetido de la pierna en el despegue de un triple salto.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

Potencia $P = F(t) \cdot V(t)$ o simplemente: $P = F \cdot V$

Lamentablemente, esta definición básica se aplica sin cualificación en muchos libros sobre el entrenamiento de la fuerza y puede generar un conocimiento erróneo de la teoría y los métodos del entrenamiento. Si la fuerza no es constante a lo largo del periodo analizado, entonces hemos de recurrir a la forma más exacta $F(t) \cdot V(t)$, que nos recuerda que hay que tener en cuenta cómo varían la fuerza y la velocidad (como funciones del tiempo) a lo largo del intervalo de tiempo implicado. Esto se puede hacer examinando los gráficos de F frente a V (p. ej., figs. 3.15-3.18), F frente al tiempo, y V frente al tiempo (p. ej., figs. 2.13, 3.3, 3.4, 3.14, 3.27 y 4.7). Es importante sobre todo ser consciente de cómo cambia la curva de fuerza-tiempo (p. ej., el IDF o indice de desarrollo de la fuerza) en el tiempo (que no es otra cosa que la pendiente de la curva F-t, que aparece en la fig. 2.13). No es correcto referirnos únicamente a la media o al pico de la fuerza. La capacidad para aumentar la potencia o la fuerza explosiva también depende de entrenar específicamente el factor del IDF (que se explicó también en cap. 2 y es el factor que mejor define la fuerza explosiva).

Esta conclusión es de vital importancia para diseñar los programas de entrenamiento de la fuerza con el fin de mejorar el rendimiento en cualquier deporte en el que se desarrollan acciones explosivas. La aparición del entrenamiento pliométrico como un método auxiliar del entrenamiento especial de la fuerza es una de las consecuencias prácticas del conocimiento de las implicaciones del análisis precedente sobre la potencia como capacidad motriz.

En todas las acciones pliométricas, la fuerza cambia con gran rapidez como una función transitoria y complicada y no puede considerarse una constante durante la fase de rebote. En tales casos es mejor emplear métodos como la plataforma de equilibrio y contrarresistencia o los vídeos de alta velocidad para analizar el movimiento que intentar aplicar cálculos biomecánicos elementales que generarán inevitablemente graves errores.

El otro factor empleado para analizar la fuerza explosiva, el coeficiente de reactividad, ya fue descrito con anterioridad (cap. 2) como el IDF relativo al peso corporal propio (o el peso de cualquier objeto que se mueva con rapidez):

Coeficiente de reactividad

$$RC = Fmáx / tmáx \cdot mg = IDFmáx/W$$

en donde Fmáx es la fuerza máxima ejercida, tmáx es el tiempo empleado en alcanzar esta máxima; la masa es m y g es la aceleración causada por la gravedad = 9,8 m/s^2.

Estas ecuaciones se pueden emplear para evaluar la fuerza explosiva, aunque la importancia de cada una sea diferente dependiendo de las condiciones. La evaluación mediante cálculos del impulso de la fuerza es aceptable sólo cuando no sea necesario comparar los distintos movimientos. Si surge esta necesidad, entonces la evaluación sólo es válida cuando el tiempo es el mismo en cada movimiento, situación que no se produce en los movimientos que realizan los seres humanos. Por tanto, en este caso concreto es irrelevante la determinación del impulso de la fuerza.

En aquellos casos en los que el esfuerzo del trabajo se desarrolla durante un intervalo de tiempo corto, una condición necesaria para lograr la eficacia del movimiento es desarrollar la velocidad con un esfuerzo máximo. Dicho de otro modo, es necesario que el deportista genere una gran fuerza dentro de cierto límite de tiempo, lo haga con rapidez y emplee un IDF alto. Esta necesidad viene dictada por las condiciones de la actividad y por las características biomecánicas del sistema musculoesquelético, sobre todo la amplitud de trabajo del movimiento.

Por tanto, el IDF, o el ritmo con el que se desarrolla la fuerza máxima requerida (determinada

Urheberrechtlich geschütztes Material

con la pendiente de la curva de fuerza-tiempo), son criterios importantes de la correspondencia para resolver la tarea del entrenamiento especial de la fuerza (ver cap. 2), que está directamente relacionada con las características del sistema neuromuscular. Esto vuelve a subrayar el hecho de que todo entrenamiento es sobre todo neuromuscular y que los entrenamientos basados enteramente en variables como la elección del ejercicio, la carga, las series y repeticiones son inadecuados para producir una forma física específica para un deporte.

Hay que destacar que el cumplimiento de este criterio de la correspondencia, en lo que se refiere a la fuerza y la velocidad con la que se alcanza una máxima, crea un problema único cuya resolución con éxito depende de la eficacia del proceso de entrenamiento neuromuscular.

El régimen de trabajo muscular

El criterio de correspondencia en lo que se refiere al régimen deportivo se apoya en la determinación del carácter del trabajo muscular. En concreto, hay que tener en cuenta el régimen de trabajo muscular cuando se seleccionan los medios y métodos para el entrenamiento de la fuerza especial. El hecho es que, dependiendo del carácter de su ejecución, los mismos medios pueden solventar tareas diferentes. Por ejemplo, los boxeadores y lanzadores de pesos necesitan ejecutar el mismo ejercicio (p. ej., realizar un movimiento con el brazo empujando contra la resistencia de una máquina de poleas) con distintos pesos, *tempos,* número de series y repeticiones, ya que el boxeo exige movimientos rápidos sin resistencia así como la capacidad de repetirlos muchas veces sin perder fuerza, mientras que en el lanzamiento de pesos se requieren movimientos rápidos y aislados contra una resistencia específica. Seleccionar un régimen de trabajo muscular es difícil cuando se ve involucrada una acción motriz. Sin embargo, es incluso más difícil hacerlo con deportes generales como el decatlón, la gimnasia deportiva y el pentatlón moderno. Por tanto, el problema de seleccionar un régimen de trabajo muscular comprende dos tareas:

- seleccionar un régimen para ejecutar una acción motriz específica (p. ej., los elementos clave de un ejercicio);
- seleccionar el régimen principal que mejor desarrolle las distintas actividades musculares del entrenamiento general.

El último aspecto está lejos de haber sido resuelto, aunque la evolución de los métodos de entrenamiento en el deporte parece indicar que se conocerá más a fondo en el futuro próximo.

Casi cien años de experiencia en el entrenamiento de deportistas de atletismo parecen indicar que su régimen de entrenamiento fundamental es la velocidad cíclica con tensión dinámica, sobre todo de tipo explosivo. Esto se ha corroborado con un análisis estadístico encaminado a identificar los ejercicios clave del complejo general (Zatsiorsky, 1966; Lukauskas, 1967; Mamdzhanyan, 1976). Para corroborar esta idea hay que examinar la preparación de los gimnastas. Durante mucho tiempo siguieron un entrenamiento básicamente estático en el cual muchos incluían algunos ejercicios dinámicos como saltos. El progreso del nivel en la competición y la necesidad de dominar elementos complejos como los saltos con rotaciones longitudinales extensas les ha impulsado a estudiar el valor del régimen de trabajo cíclico y reconsiderarlo en favor de la tensión muscular dinámica.

Por tanto, hay que llegar a la conclusión de que los regímenes cíclicos y fásico-tónicos deben considerarse, con toda probabilidad, como los más importantes para el entrenamiento global, a los cuales es necesario añadir otros regímenes determinados por las capacidades motrices requeridas por el deporte específico. Sin embargo, esta conclusión necesita ser respaldada por experimentos rigurosos.

Además de perfeccionar las capacidades motrices en una actividad específica, hay que considerar

Urheberrechtlich geschütztes Material

la importancia de cambiar de una actividad a otra en aquellos ejercicios en los que sea necesario. Así pues, los resultados de un deportista en el salto de longitud están determinados sobre todo por la capacidad para pasar de un régimen cíclico de trabajo muscular cuando corre a un esfuerzo explosivo cuando salta. Por ejemplo, los gimnastas de nivel son capaces de pasar con rapidez de un esfuerzo explosivo y dinámico a una tensión isométrica. La metodología que subyace en el desarrollo de estas capacidades complejas es el objetivo del entrenamiento técnico de todo deporte. Su resolución es la meta del entrenamiento especial de la fuerza.

Correspondencia entre los medios de entrenamiento y los movimientos deportivos

El conocimiento científico del carácter del trabajo muscular y la fuerza motriz deriva del análisis de los movimientos del deportista; p. ej., todo el complejo de acciones motrices en interacción que solventan con mayor eficacia las tareas motrices. La forma más adecuada de hacerlo es usando el sistema de vídeos de alta velocidad para analizar cada movimiento en intervalos separados por fracciones de segundo.

La estructura cinemática es la que caracteriza la interrelación de los movimientos separados en el espacio y en el tiempo, y la que ayuda a identificar aquellas acciones que desempeñan un papel fundamental o de apoyo en la determinación de las capacidades motrices. A partir de aquí es fácil dar un paso adelante y determinar los medios para perfeccionar los movimientos y especialmente los medios y métodos para desarrollar la fuerza funcional. Por supuesto, el conocimiento del movimiento será más preciso si se basa en la información cuantitativa objetiva que se pueda obtener con el análisis computadorizado de vídeos.

El análisis de la cinemática de una acción motriz con el objeto de modelar sus mecanismos puede basarse en el escrutinio de la estructura fásica del movimiento (según Donskoi). El acto en conjunto o sus elementos siempre se pueden dividir en fases separadas en las que se diferencian la dirección del movimiento, la aplicación de la fuerza y el carácter del trabajo muscular. La interrelación entre las fases separadas permite adquirir cierta idea de las acciones musculares y el movimiento en conjunto, sobre todo durante las fases críticas de la tarea. Tal representación será más completa si se registran las fuerzas simultáneamente con las imágenes de vídeo (p. ej., empleando una plataforma de equilibrio y contrarresistencia o un tensiómetro de cable), permitiendo, por tanto, una interacción total entre la persona y los objetos externos que se analizan.

Como ya se ha dicho con anterioridad, la reproducción completa de la interacción compleja de los distintos tipos de fuerza no siempre es posible en el entrenamiento. Se hace preciso ejercitar a nivel local los grupos musculares que interactúan y que son cruciales para controlar los movimientos específicos del trabajo deportivo, lo cual sugiere que hay que incrementar la carga. Tales ejercicios deben basarse en las características empleadas para formar y desarrollar la estructura biodinámica de la acción motriz (ver .cap. 2). Ya se ha dicho que, en el curso del proceso para llegar a dominar una acción motriz, los elementos de la estructura biodinámica se desarrollan según un patrón particular de heterocronicidad, dependiendo de su origen e interdependencia (ver cap. 2).

El desarrollo de algunos elementos está determinado por su interacción directa con objetos externos, mientras que otros están determinados por la interacción indirecta con dichos objetos, por lo que se desarrollan a un ritmo más lento. Una condición indispensable para formar y desarrollar la estructura biodinámica es el desarrollo relativamente armonioso de sus elementos. Esta tarea sólo se puede emprender con éxito mediante un sistema organizado para el entrenamiento especial de la fuerza .

Así pues, hay que destacar una vez más que el éxito a la hora de seleccionar los medios para el

Urheberrechtlich geschütztes Material

bajo aerobio a la hora de elevar el umbral de lactato, por lo cual supone una ventaja para el deportista ejecutar un trabajo prolongado e intenso sin una acumulación preliminar de lactato y la inclusión de producción de energía anaerobia (Christensen y Hogberg, 1950).

Puesto que el CALS depende del $\dot{V}O_2$máx, se considera útil esforzarse por aumentar el $\dot{V}O_2$máx, y en concreto, crear alguna reserva de potencia aerobia al final del periodo preparatorio con la que evitar la disminución del $\dot{V}O_2$máx durante el periodo de competición, lo cual podría reducir la capacidad de trabajo específica. Considerando que una cantidad importante de producción de energía de trabajo muscular intenso se consigue reclutando el mecanismo glucolítico de la resíntesis del ATP, es aconsejable ejecutar una parte específica de la carga de entrenamiento con una concentración elevada de lactato en la sangre.

Sin embargo, investigaciones recientes indican que el incremento de la resistencia se relaciona más con la mejora de la capacidad de los músculos para utilizar un porcentaje mayor del oxígeno ya presente en la sangre que con el incremento de la cantidad de sangre presente en la corriente sanguínea y la mejora del aporte a los músculos que trabajan (Ekblom, 1969; Rowell, 1971; Saltin, 1974). Por consiguiente, no es sólo la magnitud del $\dot{V}O_2$máx la que determina la resistencia, sino factores intramusculares que favorecen la adaptación de los músculos a un trabajo intenso y prolongado. Un aumento del potencial de energía intramuscular, la potencia de los procesos oxidativos y las capacidades contráctiles (fuerza) de los músculos disminuyen el ritmo de la glucólisis (Newshalme y Randle, 1964; Saltin y Karlsson, 1971; Paul et al., 1966; Grimby et al., 1967). Al mismo tiempo, se produce un descenso significativo de los productos finales del metabolismo, incluida la velocidad de oxidación del lactato en los músculos activos (Jorfeldt, 1970). Es en los músculos esqueléticos, y no en el hígado y en el miocardio como siempre se ha creído, donde se produce un descenso del lactato durante y después del ejercicio (Jorfeldt, 1970; Knutten, 1971; Gollnick y Hermansen, 1973).

Por tanto, el desarrollo de la resistencia se relaciona con la especialización funcional de los músculos esqueléticos, sobre todo más con la mejora de su fuerza y las cualidades oxidativas que con la mejora de la capacidad cardiorrespiratoria. Por consiguiente, el énfasis fundamental del desarrollo de la resistencia se pone en disminuir la proporción de glucólisis en el aporte de energía para el trabajo, y en mejorar la capacidad de los músculos para oxidar el lactato durante el trabajo, y no simplemente en mejorar la acomodación a las concentraciones elevadas de lactato en la sangre. Dicho de otro modo, además de utilizar las vías aerobias de producción de energía con la mayor eficacia, el desarrollo de la resistencia debe encaminarse sobre todo a la eliminación de la disparidad existente entre las capacidades anaerobias y aerobias de los músculos, razón principal de que haya una concentración elevada de lactato. En los últimos tiempos se ha descubierto que los factores hemodinámicos desempeñan un papel importante en la especialización funcional del cuerpo durante el trabajo de resistencia (Vasiliev, 1970, 1974; Ozolin y Partsik, 1970; Danilov, 1980; Kurbanov, 1977; Rowell, 1971; Kaijser, 1970; Karlsson, 1971; Gollnick et al., 1975). La redistribución de la sangre y el incremento de la circulación hacia los músculos activos contribuye a satisfacer la necesidad de oxígeno de los músculos y a eliminar los metabolitos anaerobios.

La diferenciación entre la reacción vesicular, que permite la redistribución eficaz del riego sanguíneo, y el aporte óptimo de sangre a los músculos activos se produce durante el periodo de competición gracias a las cargas aerobias y prolongadas empleadas durante el periodo preparatorio. Por ejemplo, las investigaciones han demostrado que la mejora del rendimiento en el ciclismo (carreras de 25 km. en carretera) se asocia con un descenso del $\dot{V}O_2$máx durante el periodo de competición, a la vez que se incrementa el riego sanguíno máximo a

Urheberrechtlich geschütztes Material

las piernas. Al mismo tiempo, el gasto cardíaco disminuye durante el periodo de competición, lo cual refleja la eficacia del sistema cardiovascular (Stepochkin et al., 1970). Las mismas condiciones que generan el ahorro de producción de energía aerobia disminuyen la participación de lo procesos glucolíticos y, por consiguiente, reducen la dependencia del $\dot{V}O^2$máx. De esta forma es posible eliminar el causante básico del descenso de $\dot{V}O^2$máx durante el periodo de competición. Si esto es así, entonces hay que cuestionarse la suposición referente al antagonismo entre el desarrollo de los mecanismos aerobios y anaerobios en los deportes de resistencia (Mellenberg y Khvan, 1982).

Hay que considerar el hecho de que los niveles de CALS (umbral de lactato) y $\dot{V}O^2$máx pueden cambiar independientemente el uno del otro. Es interesante señalar que, mientras se produce cierto descenso del $\dot{V}O^2$máx durante el periodo de competición, el CALS puede retrasarse (Zatsiorsky et al., 1974; Sirenko, 1979; Nurmekivan, 1974). Las investigaciones muestran que la concentración de lactato en la sangre puede aumentar por debajo del 6% como resultado del entrenamiento, mientras que el nivel de $\dot{V}O^2$máx aumenta sólo por debajo del 7% (Williams et al., 1967). También se ha demostrado que la media experimentada por el cambio del $\dot{V}O^2$máx de los patinadores de elite es un 5-10% durante el periodo de competición, mientras que el riego sanguíneo local aumenta de manera mucho más significativa (50-250%) (Mellenberg, 1981). Esto también corrobora el hallazgo de que la eficacia del entrenamiento no radica en aumentar el $\dot{V}O^2$máx, sino en mejorar la eficacia hemodinámica del transporte de oxígeno, para así poder satisfacer las necesidades de oxígeno de los tejidos mediante la reducción de la dependencia en la contribución del metabolismo anaerobio.

Por consiguiente, además del aumento de la fuerza y la mejora de las cualidades oxidativas de los músculos, la redistribución del riego sanguíneo y la mejora de la reacción vascular local son condiciones importantes para desarrollar la resistencia muscular local. Los ejercicios deportivos son ejecutados por grupos musculares específicos; cuando los procesos metabólicos de estos músculos son especialmente intensos, entonces los productos del metabolismo anaerobio se acumulan provocando cansancio y una disminución de la capacidad de trabajo. Por tanto, la adaptación de los músculos al trabajo anaerobio tiene una naturaleza local. Por ejemplo, si uno entrena distintos grupos musculares, entonces es posible alcanzar un efecto funcional más o menos equivalente a nivel de los sistemas respiratorio y cardiovascular. Sin embargo, sólo se manifiesta en situaciones específicas, p. ej., cuando se ejercitan los mismos grupos musculares (Clausen et al., 1970; Holmer y Astrand, 1972). En el caso de los esquiadores, correr e imitar los movimientos del esquí sin bastones eleva el nivel funcional general durante el periodo preparatorio, incluido el $\dot{V}O^2$máx, pero no desarrolla la preparación física especial necesaria para acelererar el movimiento de los esquíes. Por otra parte, la reproducción de los movimientos esquiando en instala-

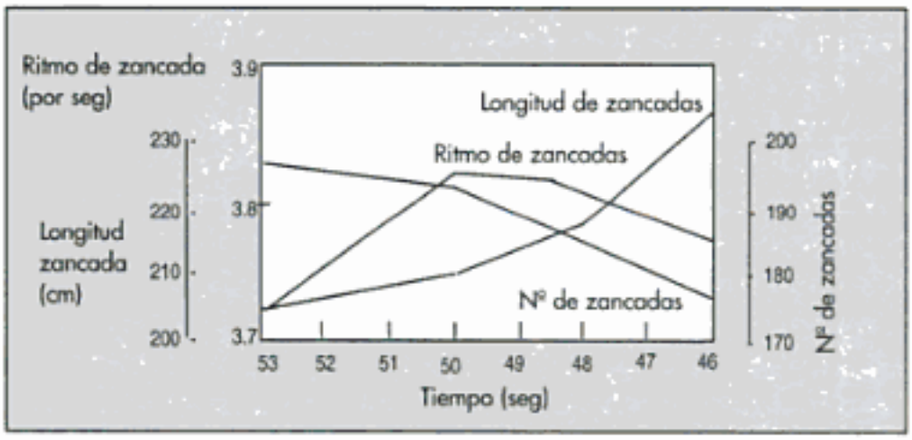


Figura 4.19 *Cambios en la longitud de zancada que acompañan al aumento de la velocidad en las carreras de 400 m (Popov, 1972).*

Urheberrechtlich geschütztes Material

2). La función motriz se especializa sobre todo con el desarrollo de la capacidad para desarrollar la fuerza explosiva y la resistencia específica independientemente del tipo de deporte que se practique (nivel 3).

Hay que apreciar que la resistencia específica puede tener una naturaleza predominantemente cardiovascular o muscular local. Además, la fuerza explosiva se relaciona muy estrechamente con las capacidades motrices de la fuerza inicial, la fuerza de aceleración y la fuerza absoluta (ver cap. 3). El estadio intensivo de la especialización funcional que le sigue, junto con las nuevas mejoras de la capacidad de adaptación, constituyen la estructura de la preparación física especial (nivel 4). Esta última se manifiesta con una forma propia por lo que respecta a la interacción entre los sistemas cardiovascular-respiratorio y motor, lo cual asegura la gran capacidad de trabajo de los deportistas.

Dentro de los límites de estas estructuras, los sistemas funcionales interactúan en una relación de cooperación y subordinación. En el primer caso (cooperación), su relación se caracteriza por una interacción eficaz de todos los sistemas responsables de la producción de las capacidades de trabajo del cuerpo, mientras que en el segundo caso (subordinación) la productividad mejora mediante los potenciales funcionales de los otros. La estructura de la preparación física especial se determina con el régimen de entrenamiento específico y no se relaciona con las condiciones impuestas por otras actividades deportivas. Este hecho debe ser apreciado por todos los que contemplen la posibilidad de emplear el «cross training» en varios deportes.

TABLA 4.2 *Estructura de los factores (en %) de la forma física especial de patinadores en lo que respecta a los factores principales desplegados por una muestra amplia de competidores de distintos niveles (Shchirkovyets y Rosovtsyev, 1977).*

ORDEN DE FACTORES	ATLETAS DE CLASE 1		MAESTRÍA DEPORTIVA	
I	Potencia aeróbica	35,9	Eficacia energética en la ejecución de un trabajo específico	36,5
II	Capacidad aeróbica	23,3	Preparación técnica multifacetada	21,9
III	Potencia de los procesos anaeróbicos	16,8	Potencia de los procesos anaeróbicos	19,8
IV	Eficacia energética en la ejecución de un trabajo específico	12,7	Eficacia aeróbica	10,9
V	Preparación técnica multifacetada	8,9	.....	

Análisis de los factores

El estudio metodológico de la estructura de la preparación física especial se puede lograr mediante el análisis estadístico de las características que describen los distintos aspectos de la capacidad de trabajo de los deportistas. Los resultados del análisis de los factores son especialmente productivos en aquellos casos en los que uno de los programas compuestos describe la preparación de los deportistas de distinto nivel o del mismo deportista en distintos estadios del entrenamiento.

Este tipo de información, junto con los resultados obtenidos en muchos deportes, indica que se registran cambios evidentes en la estructura de la preparación física de un deportista cuando aumenta su capacidad deportiva, con diferencias acusadas entre los deportistas de nivel alto y bajo.

Los datos que aparecen en la tabla 4.1 muestran que los deportistas (saltadores de altura, clase 1-MD), junto con un aumento de la capacidad depor-

Urheberrechtlich geschütztes Material

tiva, desarrollan la capacidad específica general de fuerza explosiva durante el despegue en los ejercicios de salto (factor I) y perfeccionan la capacidad de alargar el cuerpo con la participación dinámica de los músculos extensores de las rodillas y la espalda (factor III).

La capacidad de los músculos extensores de la pierna para impulsarse en el salto y desarrollar fuerza explosiva en condiciones isométricas (factor II) adquiere una importancia mayor. Esta capacidad sirve de base a los factores IV y V y es característica de la estructura de los deportistas de las clases 2 y 3. Al mismo tiempo, los indicadores que caracterizan las capacidades explosivas de los músculos flexores plantares pasan del factor II (deportistas de las clases 2 y 3) al factor IV (deportistas de la clase 1 y MD), y su contribución disminuye significativamente. En conjunto, el papel de la preparación física especial de los saltadores aumenta cuando mejora su nivel de participación.

Una consecuencia práctica importante que se deduce de los datos de la tabla 4.1 es que hay que señalar que la contribución de la fuerza isométrica en la formación de la capacidad específica para generar fuerza explosiva en el salto adquiere mucha importancia entre los deportistas de alto nivel. Esto se debe a las grandes cargas que soportan los músculos durante el salto, cuando la pierna de impulsión actúa como una palanca y convierte en un levantamiento vertical la velocidad angular adquirida durante la carrera. Además, los músculos flexores plantares reducen su papel porque bajo una sobrecarga intensa, los músculos de la pierna de impulsión son ya incapaces de contribuir de forma significativa a la dinámica del salto.

La naturaleza de los cambios experimentados por la estructura de los deportistas en los deportes cíclicos con una forma física especial aparecen en la tabla 4.2. Hay que señalar el incremento brusco del papel de la eficacia energética en el trabajo especial y en la preparación técnica multifacetada, factores que contribuyen cada vez más al desarrollo general. También hay que fijarse en que los dos primeros factores (la potencia y la capacidad aerobias) de los deportistas de la clase 1 pueden combinarse como un factor (p. ej., la eficacia aerobia) cuyo papel en el nivel de maestría deportiva disminuye en la estructura general de la forma física especial. Al mismo tiempo la importancia de la potencia anaerobia se incrementa ligeramente (factor III).

Los resultados indican que alcanzar un alto nivel de potencial aerobio no asegura que se logre un rendimiento de elite en el patinaje. Para generar con eficacia un alto nivel de potencia aerobia, es necesario poseer una técnica de movimiento excelente y un alto nivel de productividad anaerobia (glucolítica no oxidativa), que permita aumentar las capacidades motrices de los deportistas.

Así pues, la investigación de los factores nos brinda un modelo estadístico útil de la estructura de la preparación física especial (PFE) de los deportistas. Esta estructura puede tener distintas formas que están determinadas por las capacidades motrices características del individuo y la organización del entrenamiento. Por tanto, al programar el entrenamiento es necesario tener en cuenta las tendencias generales del cambio operado en la estructura de los factores que contribuyen a la PFE con un incremento de la capacidad, así como las peculiaridades individuales de un deportista concreto y todos los cambios en el nivel y en la interrelación entre las principales características funcionales.

Urheberrechtlich geschütztes Material

CAPÍTULO 5

Métodos para el entrenamiento especial de la fuerza

La selección óptima de los medios para desarrollar la fuerza se basa en el criterio de correspondencia entre el ejercicio especial y las actividades deportivas reales (tratado en el cap. 4), que aumenta la posibilidad de que el entrenamiento sea un éxito, si bien es sólo una parte del proceso. La tarea final para cumplir el principio de la correspondencia dinámica es la determinación de los medios y métodos específicos del desarrollo de la fuerza.

Por desgracia, el problema de los métodos para el desarrollo de la fuerza no está ni mucho menos resuelto a pesar de los importantes avances científicos y prácticos. Cuanto más se adentra uno en este desconocido territorio mayor es el horizonte al que se enfrentan los investigadores. Aparecen nuevos descubrimientos que entran en conflicto con teorías y métodos afianzados y que ejercen gran influencia. Hay que manejar con cuidado y objetivamente los vínculos con las investigaciones anteriores, ya que las tradiciones tardan en desaparecer y a menudo los que se aferran a los dogmas existentes rechazan las investigaciones innovadoras. Es necesaria una combinación de estudios y prácticas creativos y exhaustivos con el fin de volver a estudiar las hipótesis actuales y analizar más a fondo el campo del entrenamiento de la fuerza, para, en consecuencia, formular una base más científica para los métodos del desarrollo de la fuerza.

EL PROBLEMA DE LOS MÉTODOS

En primer lugar, hay que señalar una serie de errores metodológicos surgidos de los intentos de diseñar métodos para desarrollar la fuerza muscular, ya que pueden encauzar mal nuestras ideas. Los métodos de entrenamiento deben basarse en un conocimiento claro de los procesos que subyacen en todo movimiento deportivo. A nivel fisiológico, las contracciones musculares controladas por los procesos nerviosos son las fuentes de todo movimiento voluntario y determinan, sobre todo, la velocidad y el efecto conjunto del trabajo. A nivel biomecánico, la curva de fuerza-tiempo del movimiento humano se puede considerar el punto inicial para analizar todos los tipos de producción de fuerza. Así pues, es importantísimo adquirir un conocimiento de campo de las características más importantes del control neuromuscular y de la biomecánica de los movimientos.

Urheberrechtlich geschütztes Material

La importancia de los procesos fisiológicos fue tratada a fondo en los capítulos precedentes; por tanto, el objetivo de esta sección es ofrecer más datos sobre las características biomecánicas fundamentales del entrenamiento. Los fundamentos biomecánicos de las principales cualidades motoras de la fuerza, incluida la fuerza máxima, la fuerza explosiva, la fuerza de aceleración y la fuerza inicial, se trataron en el capítulo 2, donde se destacó la importancia de las curvas de fuerza-tiempo y el índice de desarrollo de la fuerza. En el capítulo 3 se habló de las gráficas de fuerza-tiempo, fuerza-velocidad y otros que describían los movimientos isométricos, dinámicos y balísticos, así como la clásica relación matemática de Hill entre la fuerza muscular y la velocidad de movimiento (cap. 3). Las características de la producción de la potencia se estudiaron en el capítulo 4. Nuestra tarea es ahora conocer las implicaciones que para el entrenamiento de la fuerza tienen las leyes básicas de la dinámica, sobre todo la Segunda Ley del Movimiento de Newton.

Algunas implicaciones de la leyes de la dinámica

Si consideramos la curva de fuerza-tiempo como el punto gráfico inicial de la biomecánica deportiva, entonces la segunda Ley del Movimiento de Newton debe servirnos de punto de partida matemático.

En su forma original, la Segunda Ley de Newton dice que la fuerza es proporcional al índice de cambios del impulso de la masa implicada, donde el impulso (la tendencia del cuerpo a mantenerse en movimiento) = m·v. Así pues, si empleamos las unidades apropiadas de medición, la Segunda Ley de Newton se puede escribir en forma de cálculo:

$$F = d(m \cdot v) = m \cdot dv + v \cdot dm \quad (5.1)$$
$$F = m \cdot a + v \cdot dm,\ F = m \cdot a$$

si el conjunto del sistema no cambia con el tiempo.

Dicho de otro modo, la fuerza F es igual a la masa m por la aceleración a. Ésta es la forma básica de la Segunda Ley de Newton que se aplica en la mayoría de las situaciones deportivas, puesto que la pérdida continua de masa (como la expulsión de gases procedente de una masa dada m de combustible empleado para mover un avión a reacción) no se produce en la práctica deportiva. Hay que señalar que la aceleración y la velocidad son cantidades de los vectores, por lo que cualquier cambio de dirección, y no sólo la magnitud, también se asocia con un cambio en la fuerza.

La forma en que se genera la fuerza se estudió con anterioridad (cap. 2) al examinar el índice de cambio de la fuerza. El valor máximo de este término, (dF/dt) o índice del desarrollo de la fuerza (IDF) se empleó para hallar un índice de la fuerza explosiva. Ahora lo esencial es distinguir entre la fuerza generada balísticamente o con impulsos y la fuerza que se produce con más lentitud. En el último caso, es útil referirse al impulso m·v del cuerpo, si bien, por lo que respecta al desarrollo de fuerza breve y transitorio, lo convencional es hablar del impulso I de la fuerza. En este caso, se emplea la ecuación (5.1) para definir el concepto de impulso. El impulso I se obtiene con la ecuación de ambas partes de esta ecuación. Aquí la fuerza breve que actúa es muy grande y el intervalo de tiempo durante la fase del impulso es T. La velocidad final alcanzada al final de esta fase es V.

$$I = \int_T F \cdot dt = \int_V m \cdot dv$$
$$\text{o:} I = F \cdot T = M \cdot V$$

Incluso si desconocemos F y T, se puede calcular el impulso a partir del cambio de la velocidad, m·V. Supongamos que deseamos emplear esta información para comparar los rendimientos de dos deportistas que ejecutan el mismo ejercicio. Se les ha pedido a ambos que realicen una sola repetición máxima del ejercicio tan rápido como puedan y que mantengan la carga lo máximo hasta que el cansancio les obligue a parar. Las curvas de fuerza-tiempo resultantes (fig. 5.1) muestran que el deportista B

Urheberrechtlich geschütztes Material

alcanza mayor fuerza máxima y prolonga dicha producción de fuerza durante más tiempo que el deportista A. Sin embargo, en un impulso T1 entre 0 y T2, el deportista A es capaz de desarrollar una fuerza mayor que la del deportista B. Si el deporte requiere un IDF rápido, el deportista A tendrá ventaja.

Esta cualidad es esencial en todos los deportes en los que se ejecutan saltos, golpeos o lanzamientos como el baloncesto, las artes marciales y el atletismo. En este caso, cualquier entrenamiento cuyo objetivo sea aumentar la fuerza máxima o la constitución física de B estará mal encaminado, porque en realidad lo que precisa es concentrarse en el entrenamiento de la fuerza explosiva (IDF). Si el deporte requiere una fuerza máxima alta o gran cantidad de impulso con independencia del tiempo, entonces el deportista B se mostrará superior. El deportista A no mejorará a menos que se entrene para aumentar su fuerza máxima.

El área inferior a la curva (p.ej., el impulso) que describe el rendimiento de B es mayor que el área correspondiente del deportista A, y lo mismo sucede con la duración total de su curva (p. ej., que refleja la resistencia muscular), por lo que B tiene una ventaja considerable en cualquier actividad que requiera un gran impulso o mucha resistencia muscular durante un único esfuerzo fuerte. Esta situación se produce incluso en pruebas como la lucha libre, el powerlifting y las melés en el rugby.

La naturaleza básicamente informativa de este tipo de análisis dinámico también muestra las limitaciones del uso de dinamómetros isométricos o isocinéticos para valorar la fuerza y el rendimiento de cualquier deportista. Estos aparatos no pueden medir la fuerza funcional máxima, el IDF o la fuerza explosiva, por lo que es absurdo emplearlos para identificar las características funcionales, las deficiencias o desequilibrios con el fin de desarrollar un análisis o relación de la preparación deportiva o de los progresos de un deportista.

La posición mecánica durante el movimiento sólo se preserva dentro de una escala conocida, ya que la forma de la curva de fuerza-tiempo se determina con las características del sistema neuromuscular, que proporciona la capacidad de desarrollar la fuerza muscular y la velocidad necesarias para producir el efecto motor requerido. Esta capacidad de controlar la actividad muscular y el movimiento en el espacio y en el tiempo es una propiedad específica del sistema neuromuscular y requiere medios especializados de entrenamiento. La falta de un entrenamiento neuromuscular eficaz provoca errores y le puede costar al deportista años de trabajo duro e infructífero.

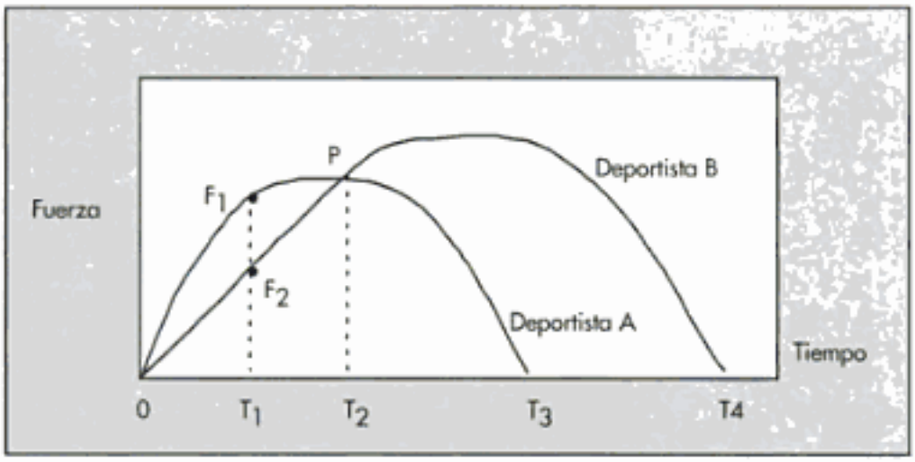


FIGURA 5.1 *Curvas de fuerza F1 y F2 generadas por dos deportistas al intentar y lograr mantener sus fuerzas máximas respectivas durante el mayor tiempo posible en la ejecución de un ejercicio dado.*

Todo el entrenamiento subsiguiente y los errores en el rendimiento son provocados por una programación neuromuscular inapropiada. Las cualidades motoras mencionadas arriba (la fuerza y la velocidad) del sistema neuromuscular con un nivel alto de desarrollo son inversamente proporcionales una respecto a la otra (ver cap. 4). No es necesario que haya un desarrollo excesivo de ambos para la práctica del atletismo, porque no se alcanzan aisladamente, sino que

Urheberrechtlich geschütztes Material

son aspectos interrelacionados de características asociadas con toda la actividad motriz. Según el carácter y el objetivo del movimiento, una de estas cualidades alcanza mayor desarrollo, si bien, por lo general, muestran aproximadamente el mismo patrón.

Así pues, la fuerza velocidad, la fuerza-resistencia y la velocidad-resistencia no se derivan simplemente de la fuerza, la velocidad y la resistencia, sino que son cualidades totalmente independientes. Esto queda subrayado por el hecho de que un incremento de la fuerza absoluta no tiene por qué mejorar ninguna de estas cualidades. Estas cualidades deben añadirse junto a la fuerza para constituir un grupo en el que cada una posee sus propios y particulares medios y métodos de desarrollo (Verkhoshansky, 1963). Sin embargo, los primeros intentos por diseñar métodos para desarrollar estas cualidades –recientemente descubiertas– se basaron sobre todo en un enfoque que condujo a hallar una solución basada en el método analítico-sintético, según el cual las cualidades se deben desarrollar por separado y con los medios apropiados, para luego integrarlas dentro de los ejercicios especiales. En este contexto, el análisis se refiere a la división de un proceso en sus componentes, mientras que la síntesis alude a la combinación de componentes separados dentro de un todo integrado que es diferente a cada uno de sus componentes.

Por lo que respecta al método analítico-sintético, puede ser apropiado para que gimnastas y halterófilos hagan esprints y otros ejercicios de atletismo con el fin de desarrollar la velocidad, mientras que los ejercicios con barra de pesas son recomendables para el entrenamiento de fuerza de practicantes del atletismo. Por lo demás, las carreras de fondo, la natación, el esquí de fondo y otros ejercicios cíclicos se pueden considerar beneficiosos para el desarrollo de la resistencia general. Aunque es extremadamente difícil negar el valor de estas recomendaciones llenas de lógica, sólo son apropiadas para los estadios iniciales del entrenamiento, por lo que emplearlas con deportistas altamente capacitados supone un error grave. Una consecuencia práctica de esta última observación es que la preparación multifacetica del atletismo tiene que ser el principio preponderante del entrenamiento. Sin embargo, tal afirmación es cierta en parte y sólo en algunas circunstancias. La disponibilidad de la preparación facetada se basa sólo en la observación de la adaptación unifactorial del cuerpo y no en el análisis cuantitativo de la interrelación entre todos los factores implicados.

Sin embargo, algunos recientes estudios indican que la adaptación unifactorial (varios estímulos diferentes y por separado) no implica que todos los estímulos del entrenamiento estén interrelacionados. Esto afecta a la síntesis de las capacidades motrices y a su transferencia de un movimiento a otro, así como al hecho de que tal fenómeno se produce hasta cierto grado, sobre todo en los estadios iniciales del desarrollo de la forma física (Yakovlev, 1968; Zimkin, 1965; Zatsiorsky, 1965). Ello, sin embargo, no constituye una evidencia para considerar que la preparación multifacetada sea el principio principal del entrenamiento. Con la mejora del rendimiento deportivo, la preparación multifacetada se opone a la ley del desarrollo gradual (en el proceso de alcanzar la maestría deportiva, PAMD) y puede retrasar la adaptación especializada del cuerpo.

Estas observaciones tienen particular relevancia hoy en día en Occidente, debido a la creciente popularidad del crosstraining, que no es sino una forma de entrenamiento multifacético. El uso habitual de variedad de distintos medios de entrenamiento o de deportes bastante parecidos durante el mismo periodo para prevenir el estancamiento puede ser contraproducente y tan sólo valioso durante los estadios de transición particulares del entrenamiento a largo plazo. Incluso entonces es importante combinar diferentes medios de entrenamiento o distintos deportes según la secuencialización que sea más apropiada, la simultaneidad o el programa de super-

Urheberrechtlich geschütztes Material

posición de cada estadio de la preparación.

Como ya se ha dicho con anterioridad, también existe el peligro de que se ponga un empeño excesivo en que los medios del entrenamiento de fuerza se correspondan estructuralmente con los ejercicios especiales, por lo que un conocimiento inadecuado del principio de la correspondencia dinámica puede limitar el alcance de los medios de entrenamiento. La incorrecta interpretación de este principio radica en copiar al pie de la letra el ejercicio especial de movimientos de entrenamiento, en vez de seleccionar un arsenal específico de medios que correspondan a las características motrices más importantes de un deporte dado y controlar su crecimiento mediante la creación de condiciones con las que se desarrollen uniformemente. Dicho de otro modo, no es adecuado intentar reproducir los movimientos deportivos específicos con actividades de un entrenamiento suplementario. No sólo no desarrolla con precisión la forma física necesaria y las capacidades motrices, sino que puede alterar los programas neuromusculares que controlan las acciones motrices. Es importante concentrarse en el desarrollo del tipo específico de forma física y de las características motrices específicas del deporte.

PRINCIPIOS GENERALES DEL ENTRENAMIENTO ESPECIAL DE LA FUERZA

Para sistematizar los métodos del entrenamiento de la fuerza es necesario clasificar los medios para desarrollar la fuerza muscular. El requisito previo básico para lograr esta clasificación se asocia, antes de nada, con las características generales de los regímenes motores que subyacen en las acciones deportivas. Se pueden establecer cuatro categorías de deportes atendiendo a estas características. Hay que estudiar el acondicionamiento físico, sobre todo los métodos de entrenamiento de la fuerza, en el contexto de estos grupos, a saber (Diachkov, 1961):

1. Deportes caracterizados por la producción de fuerza máxima.

2. Deportes caracterizados por la exhibición de resistencia con esfuerzos óptimos de varias intensidades.

3. Deportes caracterizados por un nivel alto de destreza.

4. Deportes caracterizados por la exhibición compleja de varias capacidades motrices en niveles relativos y distintos de desarrollo.

Este agrupamiento de los ejercicios sirve para discernir el énfasis primario del entrenamiento de la fuerza, que determina la elección de métodos apropiados. La necesidad de desarrollar la fuerza explosiva, la fuerza-resistencia, la fuerza-destreza (Diachkov, 1961; Kuznetsov, 1970), la fuerza relativa, la fuerza absoluta y la fuerza-resistencia (Chudinov, 1961) dimana de este agrupamiento (ver cap. 1). La clasificación precedente también puede actuar como base para extraer los principios que implican lo siguiente:

- La magnitud de la carga principal (Diachkov, 1961; Zatsiorsky, 1966; Vorobyev, 1971).
- La necesidad de cambiar la carga de entrenamiento (DeLorme, 1945; Zinovieff, 1951).
- El método consistente en incorporar en el programa de entrenamiento los medios para aprovecharse del efecto retardado del trabajo previo (Verkhoshansky, 1970).

Debe establecerse una distinción entre la tensión máxima, la fuerza velocidad y la fuerza-resistencia (Letunov Y Motylyanskaya, 1955; Nabatnikova, 1972; Platonov, 1974; Mikhailov Y Panov, 1975). La producción de tensión máxima (por medio del levantamiento repetido de cierto peso hasta fallar un intento o del levantamiento de un peso maximo con velocidad también maxima en una situación dada) presupone establecer tres formas para desarrollar la fuerza, p. ej., esfuerzo repetido, máximo y dinámico (Zatsiorsky, 1966).

Es útil sistematizar los métodos para desarrollar

Urheberrechtlich geschütztes Material

to, con el trabajo concéntrico (14,6 kg). La altura de los saltos verticales sólo aumentó con un régimen de entrenamiento concéntrico (3,7 cm). La altura de los saltos verticales disminuyó 1,6 cm con el régimen de entrenamiento excéntrico y 5,4 cm con la tensión isométrica (Ivanov, 1966). Así pues, esta investigación no sólo no respalda la eficacia del trabajo excéntrico, sino que corrobora el principio de la especificidad neuromuscular de la fuerza, que es lo que dicta cuál ha de ser el método empleado para su desarrollo.

Se pueden obtener aumentos parecidos de la fuerza a través de los métodos del esfuerzo repetido y de la tensión máxima breve, así como con el método de la tensión isométrica. Sin embargo, la fuerza adquirida con cada uno de estos métodos tiene su propia especificidad neuromuscular.

El método del esfuerzo repetido es apropiado en los estadios iniciales del desarrollo de la fuerza, cuando la fuerza y la rapidez de su producción no son importantes. El trabajo repetido con pesos moderados (50-60% de 1RM), así como un número bastante elevado de repeticiones (8-12) sirve para incrementar la masa muscular. La fuerza aumenta aplicando mayor rapidez en el levantamiento de pesos grandes (90-95% de 1RM) y haciendo menos repeticiones (3-6); todo ello se acompaña de un incremento menor de la masa muscular. El efecto de entrenamiento mejora al aumentar la magnitud de la carga y el volumen de trabajo.

El método de la tensión máxima breve aumenta la fuerza máxima sin aumentar apreciablemente la masa muscular al tiempo que mejora la capacidad de producir dicha fuerza con rapidez. Lo apropiado es emplear este método cuando el método del esfuerzo repetido se haya vuelto ineficaz para desarrollar la fuerza y cuando sea necesario aumentar rápidamente la fuerza en un periodo bastante corto y con un volumen pequeño de trabajo. El método de la tensión máxima breve es eficaz para mantener el nivel alcanzado de fuerza, el tono general del sistema neuromuscular y la buena forma deportiva. El efecto de entrenamiento de la fuerza se mejora aumentando el peso máximo y la media de peso levantado por sesión, y reduciendo el número de series y repeticiones.

La tensión isométrica (con un incremento gradual del esfuerzo) es útil para desarrollar la fuerza máxima sin un aumento acorde de la masa muscular, así como para mejorar el tono general del sistema neuromuscular. Este método se puede emplear para mantener el nivel existente de desarrollo de fuerza en aquellos casos en los que la velocidad de movimiento no es importante; durante el entrenamiento preparatorio de los deportistas, y durante los estadios iniciales de la rehabilitación neuromuscular, cuando es probable que los movimientos se vean restringidos. El incremento del efecto de entrenamiento se consigue sobre todo por medio de una tensión máxima que aumenta de forma progresiva por medio de cargas más fuertes al mismo tiempo que aumenta la fuerza muscular. Hay que recordar que la tensión isométrica se puede aplicar lentamente o de forma explosiva (ver cap. 4); la elección de un método u otro depende de la forma física del deportista y del objetivo del entrenamiento.

Ejercicios de resistencia progresiva y autorregulada

Existe otra variante del sistema de DeLorme que Knight (1979) ha empleado con éxito en la fisioterapia. Conocido como el método ERPAD (ejercicios de resistencia progresiva ajustables a diario), este método ofrece una combinación de entrenamiento y pruebas para la recuperación de pacientes. Consta de cuatro series de ejercicios por grupo muscular, comenzando con una serie de 10 repeticiones con un 50% de 6RM presumibles. La segunda serie consta de 6 repeticiones con un 75% de 6RM presumibles, mientras que la tercera serie de 6RM presumibles se ejecuta hasta fallar un intento. El número de repeticiones completas con este peso se emplea para determinar la carga apropiada para

Urheberrechtlich geschütztes Material

TABLA 5.1 *Métodos para aplicar los ejercicios de resistencia progresiva autorregulada (ERPA).*

SERIE	EJERCICIO RUTINARIO DE 6RM	EJERCICIO RUTINARIO DE 10RM	EJERCICIO RUTINARIO DE 3RM
0	Calentamiento	Calentamiento	Calentamiento
1	10 R/50% de 6RM	12 R/50% de 10RM	6 R/50% de 3RM
2	6 R/75% de 6RM	10 R/85% de 10RM	3 R/75% de 3RM
3	R hasta fallar/6RM*	R hasta fallar/10RM*	R hasta fallar/3RM*
4	R ajustadas al fallo*	R ajustadas al fallo*	R ajustadas al fallo*

R = repeticiones. El asterisco indica que la carga de entrenamiento debe ajustarse de acuerdo con la tabla 5.2

El número de repeticiones completas con este peso se emplea para determinar la carga apropiada para cuatro series de acuerdo con una tabla de adaptación. Finalmente, el número de repeticiones completas en la serie se emplea para calcular el peso inicial de la sesión siguiente.

Si el peso empleado en el ejercicio es ideal, la persona que ejecute el ejercicio deberá poder hacer 6 repeticiones hasta fallar un intento. Si consigue realizar más de 6 repeticiones es porque el peso es muy ligero y debe aumentarse. Por el contrario, si realiza menos de 6 repeticiones completas, el peso activo leve con movimientos sin carga) entre series y organizado de acuerdo con los métodos de la tabla 5.1.

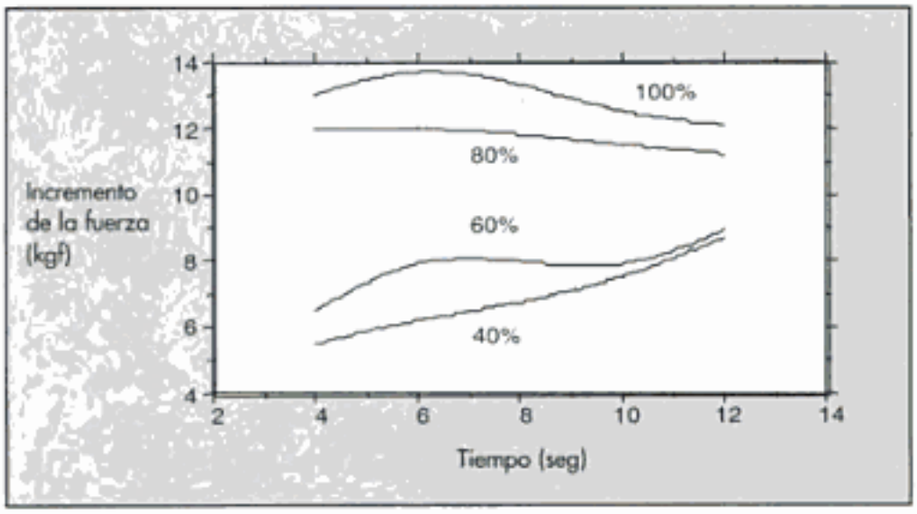


FIGURA 5.2 *Incremento de la fuerza isométrica producido por un entrenamiento con distintos porcentajes de contracción máxima mantenida durante distintos periodos de tiempo (extraído de los datos de Ivenov).*

El programa para los días subsiguientes

La cuarta serie se emplea para determinar las 6RM de la siguiente sesión (10RM o 3RM) de acuerdo con la tabla de adaptación de arriba. Por lo general, las prácticas de 6RM deben realizarse durante 6-8 semanas, antes de introducir prácticas de 3RM. Las 10RM se pueden introducir en cualquier estadio con el fin de mejorar la resistencia muscular general y la hipertrofia. El método de ejecución también se puede alterar a medida que mejora la forma física del deportista. Por ejemplo, las repeticiones se pueden ejecutar con mayor rapidez y se puede incluir una acción balística breve cerca del final del movimiento, con el fin de reclutar con mayor potencia el reflejo de estiramiento fásico, así como para preparar el sistema musculoesquelético con mayor eficacia para las fases de transición más rápidas de los ejercicios funcionales.

ERPA isométricos

Este sistema también se puede aplicar con un régimen de entrenamiento isometrico y a veces es muy útil durante los estadios iniciales de la rehabilitación muscular, cuando se recomienda realizar actividades dinámicas.

Los estudios sobre incrementos de fuerza producidos por un

Urheberrechtlich geschütztes Material

de una persona normal, mientras que el método de las 3RM es más útil para probar el rendimiento de la fuerza cuasi-máxima de deportistas profesionales. El método de 10RM atañe más a la hipertrofia muscular y la resistencia muscular local. El grado de hipertrofia se puede valorar combinado con las mediciones del perímetro y el espesor del pliegue cutáneo de las regiones relevantes de los miembros.

Desarrollo de la fuerza velocidad

El concepto de fuerza velocidad está muy generalizado y su sentido depende del contexto; además, hay que apreciar la sutil diferencia entre fuerza velocidad y la fuerzavelocidad ya tratada en el capítulo 2. La fuerza producida con movimientos rápidos tiene muchas sutilezas cualitativas que son bastante difíciles de distinguir, si bien los movimientos que requieren fuerza velocidad se pueden dividir *grosso modo* en dos grupos fundamentales:

- Movimientos en los que la velocidad desempeña un papel fundamental en la superación de una resistencia relativamente pequeña.
- Movimientos en los que el esfuerzo se desarrolla con rapidez para superar una resistencia grande.

La fuerza máxima suele carecer de importancia en el primer tipo de movimiento, si bien desempeña un papel decisivo en el segundo tipo de movimiento. En el primer grupo se pueden identificar movimientos que comprenden una reacción rápida a los estímulos externos con contracciones breves o con contracciones repetidas y frecuentes.

En el segundo grupo lo lógico es dividir los movimientos de acuerdo con el tipo de tensión muscular (ver cap. 3): la tensión explosiva-isométrica (relacionada con la superación de una carga relativamente fuerte y con un desarrollo rápido de la fuerza máxima); la tensión explosiva-balística (rápida superación de una resistencia baja) y la tensión explosiva reactivobalística (en la que el efecto del trabajo se produce de inmediato después de unos estiramientos musculares preliminares).

Es necesario tratar ciertas preguntas que no han recibido respuesta hasta la fecha sobre el desarrollo de la fuerza inicial y la capacidad reactiva, para lo cual prestaremos más atención a este método en una sección aparte.

La producción de fuerza-velocidad es extremadamente diversa. Posee un alto grado de especificidad por su propia naturaleza; su transferencia de un movimiento a otro es bastante escasa y se desarrolla con relativa lentitud. Los métodos para perfeccionar la fuerza velocidad son muy específicos y en el plano teórico se alejan de una comprensión profunda. Los métodos para desarrollar la fuerza velocidad son aplicables a los tipos de movimiento mencionados arriba y poseen sus propias características.

La práctica y las investigaciones indican que el desarrollo de la fuerza velocidad es más eficaz cuanto más carga de velocidad haya en el entrenamiento y más corto sea el tiempo invertido en ejecutar movimientos lentos (Yakolev et al., 1960). Los ejercicios realizados con cargas pequeñas (con aproximadamente un 20% de 1RM) constituyen el principal método para desarrollar la fuerza velocidad (Korobkov, 1953; Vasiliev, 1954; Gerasimov, Yakhontov, 1954; Zimkin, 1956; Agdgomelashvili, 1964; Butenko, 1967). Con este método, aumenta la velocidad de movimientos con y sin cargas; los experimentos han demostrado que un incremento general de la velocidad puede alcanzar un 146% del nivel inicial. Los movimientos se deben ejecutar con un esfuerzo máximo y el sistema locomotor debe acelerarse con la máxima rapidez posible.

Para favorecer el reclutamiento muscular en el estado activo, hay que combinar (método variable) ejercicios con pesos ligeros y pesados (hasta un 40% de 1RM) y hay que levantar la carga haciendo hincapié en la aceleración al comienzo del movimiento. También hay que incluir ejercicios pliométricos y ejercicios en los que la tensión isométri-

Urheberrechtlich geschütztes Material

TABLA 5.3 *Características del movimiento del brazo en el lanzamiento de un peso antes y después del trabajo tónico.*

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO DEL BRAZO	PRIMER ESFUERZO	SEGUNDO ESFUERZO	DIFERENCIA (%)
Altura del lanzamiento (cm)	44	61	+38,8
Tiempo del movimiento (seg)	0,266	0,250	-6,8
Trayectoria del trabajo (cm)	62	65	+4,8
Velocidad media del movimiento (m·seg)	2,330	2,600	+11,7
Fuerza conductora media (kgf)	5,550	7,430	+33,8
Potencia (kg·m/seg)	1,310	1,930	+47,3

ca se genera rápidamente con un 60-80% de 1RM. La combinación óptima del volumen de ejercicios con pesos ligeros y pesos relativamente pesados debe hallarse en una relación de 5 a 1. Por lo que respecta a la secuenciación, se ha hallado que la alternancia de ejercicios es más eficaz para los deportistas avanzados.

Con el objeto de desarrollar la fuerza velocidad con movimientos acíclicos, hay que seleccionar ejercicios pliométricos o ejercicios con lanzamientos sobre la base de su relevancia respecto a la actividad deportiva practicada. Por ejemplo, para desarrollar la fuerza en los lanzamientos de waterpolo, los mejores resultados se obtienen más lanzando un balón medicinal de 2 kg que otro de 4 kg, ya que los incrementos respectivos en la distancia del lanzamiento son un 13,6% y un 8,9%. Además, practicar lanzamientos con un balón de 4 kg perjudica la técnica (Rogener, 1961).

El entrenamiento con pelotas de béisbol ligeras (57 g) y pesadas (184 g) para aumentar la capacidad de lanzamiento genera mejoras con ambos, siendo el peso de una pelota de reglamento 148 gramos. Sin embargo, la transferencia de la forma física específica no es uniforme: los lanzamientos realizados con una pelota ligera mejoran la precisión de los lanzamientos con la pelota más pesada, pero no sucede viceversa (Egstrom et al., 1960). El peso óptimo para que el entrenamiento con jabalina no interfiera con la técnica es 3 kg (Matveyev, 1967).

El desarrollo progresivo de la fuerza velocidad es el resultado de combinar aquellos medios que sirven para aprovecharse del fenómeno del efecto retardado del trabajo precedente encaminado a incrementar la eficacia del trabajo subsiguiente. Al diseñar los medios y métodos del entrenamiento para perfeccionar el rendimiento deportivo, la modelación tiene importancia capital, refiriéndose la modelación deportiva a la formulación de modelos descriptivos de las actividades deportivas sobre la base de mediciones científicas biomecánicas, cinesiológicas, fisiológicas y otras.

Los experimentos de modelación del ejercicio muestran que el efecto de trabajo de un movimiento explosivo, medido con la altura a la que se lanza una carga (fig. 5.4), aumenta una media de un 38-40% después de realizar ejercicios de press con barra de

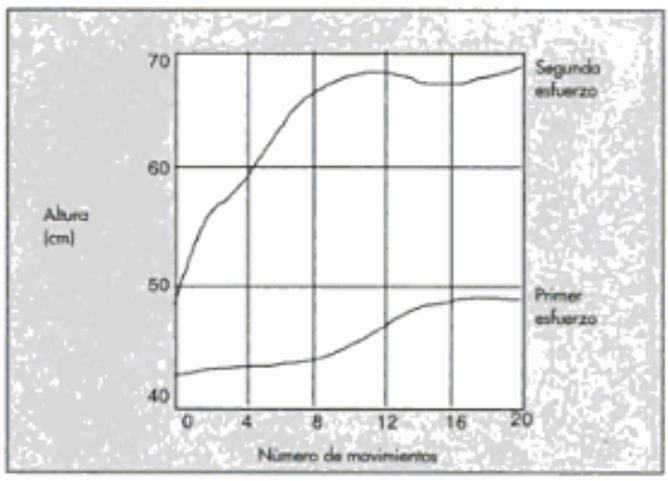


FIGURA 5.4 *Efecto retardado del trabajo tónico previo respecto a la altura de un objeto lanzado.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

La fuerza velocidad exhibida con movimientos cíclicos rápidos se caracteriza por contracciones repetidas separadas por fases de relajación. Según sea el ejercicio especial, el efecto de la fuerza velocidad se puede determinar con la capacidad del sistema neuromuscular para mantener la producción de fuerza durante un periodo largo a un ritmo de trabajo específico.

Así pues, el *tempo* del movimiento y la duración del trabajo tienen gran importancia para el desarrollo de la fuerza velocidad en la ejecución de ejercicios cíclicos de velocidad. La resistencia y el *tempo* de movimiento son inversamente proporcionales. Dicho de otro modo, un incremento de la resistencia disminuye el *tempo* del movimiento y favorece la rápida aparición del cansancio. Por lo tanto, la combinación óptima de resistencia y *tempo* debe seleccionarse en cada caso específico basándonos en la estructura cinesiológica de un ejercicio dado. Hay que recordar que la velocidad de movimiento disminuye a lo largo de un periodo prolongado de entrenamiento con un *tempo* lento y aumenta a lo largo del entrenamiento a la velocidad óptima (Korobkov, 1953; Monogarov, 1958).

Debe servir de criterio la capacidad para ejecutar correctamente el ciclo de movimientos completos, incluidas las fases adecuadas de tensión y relajación musculares. El *tempo* de movimiento debe alcanzar gradualmente el *tempo* del ejercicio especial y hasta superarlo, mientras que el tiempo de trabajo debe prolongarse (Diachkov, 1961).

Todo lo que se ha dicho sobre el desarrollo de la fuerza-velocidad se relaciona sobre todo con la ejercitación funcional de los grupos musculares importantes por medio del ejercicio especial. Sin embargo, se logran buenos resultados al hacer ejercicios especiales más exigentes. Así pues, el empleo de ejercicios de resistencia en el agua al remar o con cargas muy pequeñas en los miembros de atletas y gimnastas puede mejorar la fuerza velocidad en condiciones muy próximas a las de los ejercicios especiales.

En ciertos casos, se puede aumentar la potencia sin emplear cargas adicionales. Por ejemplo, con saltos alternativos sobre una y otra pierna, los valores de elevación de la potencia son superiores que los que se registran en carrera. Por lo tanto, estos saltos son excelentes para el entrenamiento especial de la fuerza de los velocistas. Sólo es necesario ejecutarlos correctamente sin acentuar la elevación del cuerpo (que no se produce en los esprints), sino por el movimiento conjunto de las piernas tocando el suelo (p. ej., a través de la flexión de las caderas). Estos saltos se deben ejecutar repetitivamente a lo largo de distancias de 50-100 m con la mayor rapidez posible. La adición de tobilleras con 100-150 g de peso en cada pierna vuelve este ejercicio más eficaz para los deportistas experimentados (extraído de las experiencias de Verkhoshansky con velocistas rusos de máximo nivel, como Zubov).

Así pues, para desarrollar la fuerza velocidad hay que emplear ejercicios sobre todo con pequeñas resistencias (un 20% de 1RM) y, en el caso de las actividades acíclicas de corta duración, una combinación de estos ejercicios con pesos hasta un 40% de 1RM y con una relación de 5 a 1. El régimen de trabajo debe corresponder al ejercicio especial (cíclico o acíclico) y tener en cuenta las condiciones iniciales a partir de las cuales se desarrolla la fuerza (p. ej., con los músculos relajados, en un estado de tensión preliminar o estirados).

El perfeccionamiento de los métodos para desarrollar la fuerza velocidad son el resultado de la investigación de una combinación específica de medios que aprovechen:

- el efecto retardado positivo del trabajo precedente sobre la actividad subsiguiente;
- el empleo de ejercicios en los que la fuerza muscular se opone a la inercia de la carga y no a su peso.

Hay que evitar llegar al agotamiento cuando se intenta desarrollar la fuerza velocidad con movi-

Urheberrechtlich geschütztes Material

mayor precisión el concepto. La pliometría o método de choques significa precisamente eso, un método de estimulación mecánica con choques con el fin de forzar a los músculos a producir tanta tensión como les sea posible. Este método se caracteriza por acciones impulsivas de duración mínima entre el final de la fase de desaceleración excéntrica y la iniciación de la fase de aceleración concéntrica. Se basa en una fase isométrica-explosiva breve y excéntrica-isométrica que precede a la liberación de la energía elástica almacenada en los tendones y otros componentes elásticos del complejo muscular durante la fase de desaceleración excéntrica (ver cap. 1 y 3 y fig. 4.11). Si la fase de transición (o fase de acoplamiento) se prolonga más de 0,15 segundos, se considera que la acción no es sino un salto ordinario y no un ejercicio pliométrico clásico. Es útil visualizarlo como una superficie que, al ser tocada por las manos o los pies durante la fase pliométrica de contacto, aparece roja, lo cual indica que cualquier contacto prolongado es peligroso.

Es importante señalar que la actividad no es realmente pliométrica si el deportista recurre a los procesos de retroalimentación en curso, con el fin de controlar las acciones isométricas y concéntricas, en vez de a los programas de *feedforward* establecidos antes de comenzar movimiento alguno (ver cap. 1). El entrenamiento realmente pliométrico suele constar más de procesos balísticos que de cocontracciones, concepto que ya se trató con anterioridad (ver cap. 1).

La pliometría como sistema de entrenamiento discreto

Es esencial tratar a fondo qué entendemos por el término «pliometría», puesto que hay que distinguir con claridad entre acciones pliométricas, que se producen como parte de muchos movimientos deportivos tales como correr, dar saltos, saltar vallas o golpear objetos, y el entrenamiento pliométrico, que aplica acciones pliométricas como una modalidad de entrenamiento diferente y de acuerdo con una metodología precisa.

La hasta cierto punto reciente adopción de la pliometría por parte de los entrenadores occidentales con el nombre de «entrenamiento ruso secreto» ha creado una idea injustificada sobre un método que se ha venido empleando en Rusia desde su formalización científica a comienzos de los años 60 por parte de Verkhoshansky, quien lo calificó como un sistema de entrenamiento distinto. Dándose cuenta de que las acciones pliométricas estaban ampliamente extendidas en la mayoría de los deportes, Verkhoshansky siempre apostó por el empleo del término «método de choques» en vez de «pliometría» para distinguir entre las acciones pliométricas que se producen naturalmente en la práctica deportiva y la disciplina formal que él diseñó con un sistema de entrenamiento distinto para desarrollar la fuerza-velocidad.

La adopción general del término «pliometría» sustituyendo al «método de choques» ha generado esta confusión, de la misma forma que el uso popular del término «aeróbic» ha motivado la confusión extendida entre el acondicionamiento aerobio (cardiovascular) y el aeróbic, una forma de hacer ejercicio con música. Por tanto, es preferible referirse a las acciones pliométricas como acciones abreviadas de estiramiento, tal y como se ha hecho en la mayoría de la literatura científica, y volver a definir la «pliometría» como un sistema de entrenamiento específico por derecho propio.

Posiblemente, la forma más fácil de demostrar que el método de choques es un sistema de entrenamiento aparte y con sus propios objetivos es estudiar el concepto de entrenamiento de resistencia. En todos los deportes hallamos situaciones en las que se produce resistencia al movimiento, razón por la cual quienes niegan que la pliometría sea un método distinto de entrenamiento deben aceptar que es igualmente lógico afirmar que el entrenamiento de resistencia no es un sistema de entrenamiento distinto. Sobre esta base también se puede llegar a la conclusión de que las carreras o el ciclismo de fondo son métodos de entrenamiento de la

Urheberrechtlich geschütztes Material

acción excéntrica y el comienzo de la acción concéntrica dura un periodo llamado tiempo de acoplamiento (fig. 5.5), que se tratará con mayor detalle.

4. Una fase de rebote que comprende la liberación de la energía elástica del CES, junto con la contracción involuntaria y concéntrica de los músculos generada por el reflejo miotático. Esta fase incluye la contribución añadida por la contracción concéntrica voluntaria.

5. Una fase de impulso final que se produce después de haberse completado la contracción concéntrica y cuando el cuerpo o parte del cuerpo sigue moviéndose gracias a la energía cinética generada por la contracción concéntrica y la liberación de la energía elástica del CES.

El estudio del tiempo de acoplamiento es muy importante, porque tiene un peso fundamental a la hora de clasificar con precisión si una acción forma o no parte de la pliometría clásica. Con anterioridad se afirmó que la pliometría clásica se caracterizaba por una demora inferior a 0,15 segundos entre las contracciones excéntricas y concéntricas subsiguientes, afirmación que requiere ser confirmada. Por ejemplo, la investigación realizada por Wilson y otros (1990), en la que se estudiaron los distintos tiempos de demora en la ejecución del press de banca, demostró que las ventajas de hacer estiramientos previos pueden durar hasta 4 segundos, estadio en el que se sugiere que ya ha desaparecido toda la energía elástica almacenada (ver fig. 5.6).

Este estudio sugiere que las demoras de un segundo o dos pueden producir un aumento significativo de la fase concéntrica subsiguiente en algunas actividades, mientras que las demoras de 0,2 segundos son suficientes para disipar las ventajas del estiramiento previo en otras actividades. El estudio realizado por Bosco y otros (1982a) ofrece una solución parcial a esta contradicción aparente. Estos autores propusieron que las personas con un alto porcentaje de fibras de contracción rápida en los músculos de las piernas muestran un efecto pliométrico máximo cuando la fase excéntrica es corta, la amplitud de movimiento es pequeña y el tiempo de acoplamiento es breve. Por otra parte, las personas con un alto porcentaje de fibras de contracción lenta, aparentemente, obtienen su mejor rendimiento en saltos cuando la fase excéntrica es más larga y la amplitud de movimiento es mayor, porque el tiempo de adherencia de los puentes cruzados de la actinomiosina es de mayor duración.

También resulta tentador atribuir estas diferencias evidentes que hallamos en los tiempos de acoplamiento a la existencia de demoras máximas específicas para cada acción articular. Si bien esto es cierto en el caso de las acciones articulares simples y complejas, hay que señalar que en el cuerpo humano se manifiestan muchos reflejos distintos, cada uno de los cuales actúa en condiciones distintas y con ritmos diferentes (ver cap. 3).

En concreto, hay reflejos de estiramiento tónicos (estáticos) y fásicos (dinámicos), y receptores muy

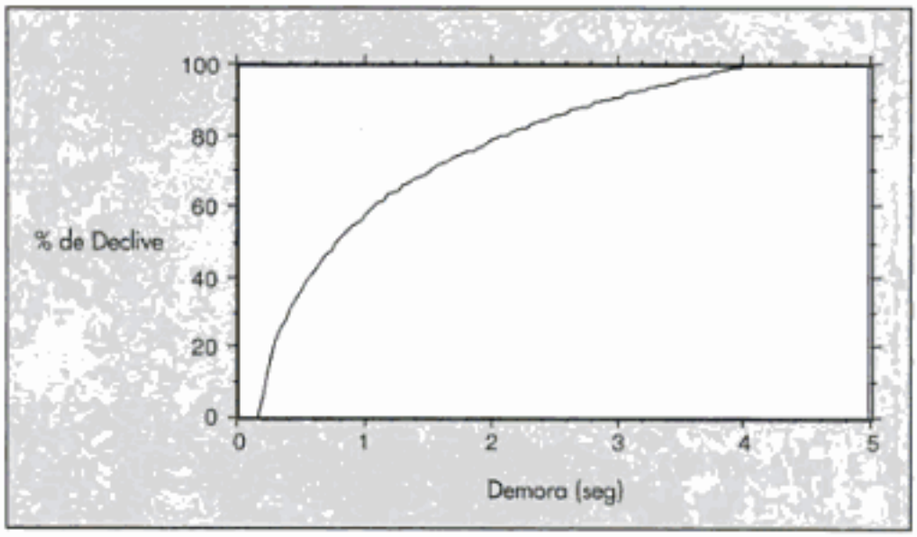


FIGURA 5.6 *Efecto de un retardo sobre la fuerza adicional producida por un estiramiento preliminar al ejecutar un press de banca (extraído de los datos de Wilson et al., 1990).*

Urheberrechtlich geschütztes Material

para los saltos de longitud en los que el deportista no se esfuerza por alcanzar la altura máxima de rebote. Otros ejercicios submáximos típicos son los botes rápidos con los pies juntos y el *skipping* bajo.

Se pueden establecer dos clases amplias de entrenamiento pliométrico: ejercicios pliométricos con impacto y ejercicios pliométricos sin impacto (fig. 5.8). En los primeros, el rebote se estimula mediante el contacto con una superficie o un objeto, mientras que en el retroceso de los segundos media la acción excéntrica explosiva de los músculos que producen movimientos que no terminan con un contacto con la superficie. Los saltos horizontales son un ejemplo típico de ejercicio pliométrico, mientras que las patadas bruscas o los golpes con retroceso rápido ejecutados en el boxeo o las artes marciales son un ejemplo de ejercicio pliométrico sin impacto. Dependiendo de la potencia de los movimientos los ejercicios pliométricos sin impacto también puede ser máximos o submáximos.

El entrenamiento pliométrico, por su parte, consta de varias y distintas categorías de actividades: ejercicios pliométricos clásicos, ejercicios pliométricos suplementarios y pruebas pliométricas (fig. 5.8). Los ejercicios pliométricos clásicos son funcionales o no funcionales; los primeros se refieren a actividades que coinciden en lo posible con acciones explosivas específicas de un deporte concreto y relacionadas con el patrón de movimientos, los músculos que intervienen, la duración y la dirección de los movimientos. Los ejercicios pliométricos no funcionales son ejercicios cuyo fin es ofrecer un entrenamiento general de las cualidades explosivas requeridas por un deporte. Por ejemplo, los ejercicios pliométricos funcionales para el salto de longitud consisten en saltos hacia adelante; para el lanzamiento de pesos, en rebotes hacia atrás y todo tipo de saltos que empleen saltos hacia delante sobre una pierna; y para el baloncesto, fases de amortiguamiento corto y relativamente largo con rebotes verticales que emulen las distintas formas de saltar en la práctica del baloncesto.

Los ejercicios preparatorios o suplementarios consisten en ejercicios de entrenamiento con pesos que se emplean para desarrollar suficiente fuerza muscular (sobre todo fuerza excéntrica) y elasticidad y fuerza del tejido conectivo, así como en variedad de ejercicios de saltos, balanceos, lanzamientos y recepciones desarrollados en fases de transición de mayor duración. La mayoría de los ejercicios descritos en los libros occidentales de divulgación de la pliometría son en realidad ejercicios suplementarios de la pliometría. En algunos casos, lo apropiado es referirnos a algunos de estos ejercicios con el nombre de pseudopliométricos. Estas actividades se consideran incorrectamente como pliométricas, porque incluyen en su ejecución paros repentinos o algún tipo de salto. Ejemplos de ejercicios pseudopliométricos son los llamados «movimientos de potencia» (aterrizajes rápidos y saltos diferidos en una posición semi en cuclillas) y muchos de los saltos realizados dentro del agua de las clases de aerobic. Debido a la frecuente falta de una fase de rebotes explosivos con poco tiempo de acoplamiento, estos ejercicios, por lo general, son una forma de ejercicios no pliométricos preparatorios.

Los ejercicios pliométricos se entienden mejor si aplicamos la Segunda Ley de Newton en su forma más sencilla: $F = m \cdot a$. En los entrenamientos de resistencia normales es la masa la que aumenta, mientras que en los ejercicios pliométricos es la aceleración la que lo hace. Los ejercicios pliométricos constituyen un sistema de entrenamiento explosivo que emplea cargas de inercia relativamente baja, mientras que el entrenamiento con pesos suele basarse en cargas de inercia alta. Se puede generar la misma fuerza moviendo una carga fuerte con poca aceleración que moviendo una carga ligera con gran aceleración, aunque el efecto del entrenamiento es distinto. El objetivo de los entrenamientos con inercia baja y explosiva se centra más en los procesos involuntarios del sistema nervioso central y del sistema neuromuscular que los entrenamien-

Urheberrechtlich geschütztes Material

tos con inercia alta, cuyo efecto es mayor sobre el desarrollo de la fuerza estática y la hipertrofia muscular.

Discernir si un deportista necesita un entrenamiento pliométrico o un entrenamiento de resistencia elevada depende de la medición del déficit de fuerza o diferencia entre la máxima de fuerza absoluta (involuntaria) y la máxima de fuerza voluntaria (ver cap. 1). Sin esta prueba, la prescripción de un entrenamiento pliométrico es azarosa. La oposición de algunos expertos a los entrenamientos pliométricos es en gran medida producto de este tipo de entrenamiento prescrito al azar que puede empeorar el rendimiento y aumentar el riesgo de lesionarse.

Respirar correctamente es importante durante los entrenamientos pliométricos; es vital que el deportista aguante la respiración durante la fase de amortiguamiento y al comienzo de la fase de impulsión con el fin de estabilizar el cuerpo, absorber el choque neumático y aumentar la fuerza de rebote. La exhalación forzada puede acompañar al resto de la fase de impulsión. El calzado y la superficie del suelo no deben ser muy blandos o tener gran capacidad de absorber el choque, ya que ello puede empeorar la estabilidad de los tobillos, disminuir el almacenamiento de energía elástica en el CES (p. ej., en los tendones) y retrasar el desencadenamiento de la reacción auxiliar positiva de los pies (ver cap. 6) al tocar el suelo.

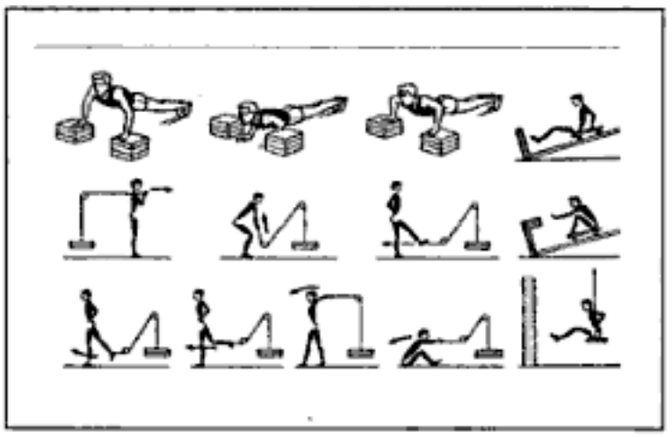


FIGURA 5.9 *Ejercicios pliométricos para desarrollar fuerza en los cuales se usan resistencias y otras máquinas de pesas.*

Prescripción de ejercicios pliométricos

La aplicación práctica del método pliométrico para desarrollar distintos grupos musculares queda ilustrada en los siguientes ejercicios (fig. 5.9). La amplitud de movimiento debe ser un tanto mayor que el grado de coordinación requerido para mejorar la capacidad de absorción de choques de los tejidos blandos y, por tanto, para evitar lesiones por impacto. Con estos ejemplos que presentamos a manera de pauta, un deportista de cualquier especialidad que requiera fuerza explosiva puede seleccionar personalmente el complejo de ejercicios que necesita.

Es necesario tener en cuenta las siguientes pautas para emplear los ejercicios pliométricos:

1. La magnitud de las cargas de impulso se determina con el peso y la altura de su caída libre. La combinación óptima se determina empíricamente en cada caso específico; sin embargo, hay que dar preferencia a una altura mayor que a un peso más pesado. Como la fuerza resultante está gobernada por la segunda Ley de Newton ($F = m \cdot a$), se puede emplear una plataforma de contactos y contrarresistencia para determinar la altura de caída necesaria para producir una fuerza concreta.

2. La fase de amortiguamiento debe tener una duración mínima, aunque suficiente para generar una contracción impulsiva de los músculos. Por lo tanto, la postura inicial en lo que se refiere a los ángulos articulares debe corresponder a la misma posición en la que el movimiento de trabajo comienza en el ejercicio deportivo.

3. El entrenamiento pliométrico debe estar precedido por un buen calentamiento de los músculos que se ejercitarán con mayor intensidad.

4. Como pauta inicial, la dosis de ejercicios pliométricos no debe exceder 5-8 repeticiones por serie. Una forma más precisa para determinar dicha dosis consiste en calcular la fuerza implicada (a partir de la masa corporal y la altura de caída) y el nivel de fuerza velocidad especial del deportista.

5. El objetivo debe ser aumentar la velocidad y la aceleración de los movimientos antes de incremen-

Urheberrechtlich geschütztes Material

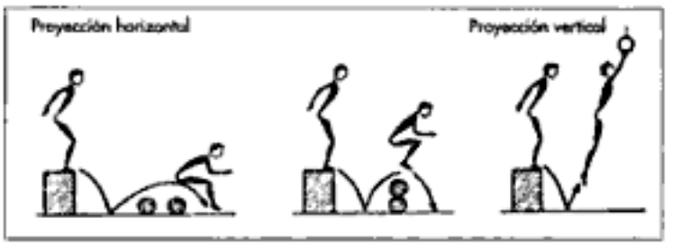


FIGURA 5.10 *Diferentes tipos de saltos horizontales.*

tar la altura de caída o la altura de despegue del suelo.

6. Los periodos de descanso son cruciales para un empleo eficaz y seguro de los ejercicios pliométricos. El intervalo de descanso entre series de ejercicios pliométricos máximos debe ser 10 minutos para el desarrollo de la potencia (fuerza-velocidad y fuerza velocidad); mucho más cortos tienen que ser los intervalos de descanso entre los ejercicios pliométricos submáximos para desarrollar la resistencia de la fuerza explosiva.

En aquellos casos en los que el método pliométrico se emplee para desarrollar la potencia de salto (p. ej., la fuerza explosiva y la capacidad reactiva de los músculos extensores del torso y las piernas), se puede trabajar sin cargas adicionales y utilizar sólo la masa corporal en caída para proporcionar la estimulación del impulso. Por ejemplo, se pueden dar saltos verticales enérgicos, o hacia arriba y hacia adelante, después de un salto horizontal desde cierta altura (fig. 5.10) La longitud óptima del salto se determina por medio de la forma física del deportista, si bien el deportista debe asegurarse de que desarrolla la suficiente fuerza dinámica sin enlentecer la transición del trabajo excéntrico al concéntrico de los músculos implicados.

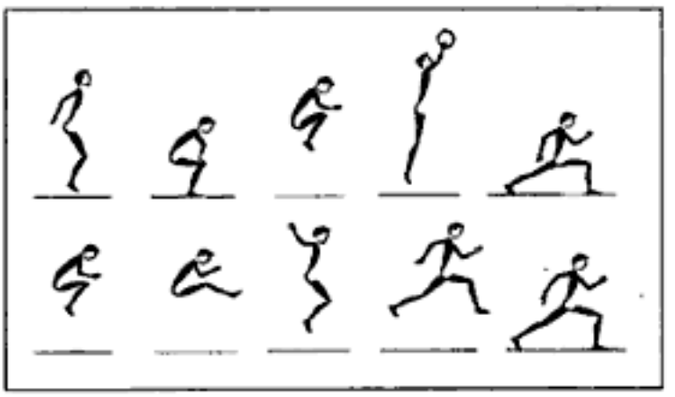


FIGURA 5.11 *Ejercicios de salto para desarrollar la capacidad reactiva.*

Hay que caer en el suelo con las piernas ligeramente flexionadas y los músculos de la zona anterior del pie con una ligera tensión para evitar un choque excesivo. La amortiguación no debe durar mucho y el despegue subsiguiente tiene que ser ejecutado con gran rapidez y con un impulso enérgico de los brazos hacia arriba. Para reproducir un despegue potente al saltar hacia arriba hay que esforzarse con las manos o la cabeza por alcanzar cierta altura señalada con una marca, o para caer en el suelo en un punto dado si el salto es hacia arriba y hacia adelante. Un incremento de la altura o la distancia del salto indica una mejora de la forma física especial, lo cual siempre tiene un efecto positivo sobre el estado emocional del deportista.

Nuestra propia experiencia con la práctica de saltos horizontales para desarrollar la potencia de salto nos permite hacer las siguientes recomendaciones:

1. Los saltos horizontales requieren una preparación preliminar especial a lo largo de varios meses; por ejemplo un volumen significativo de ejercicios de barra de pesas y saltos tradicionales, sprints cortos y skipping. Se puede empezar con una altura relativamente baja e incrementarla de forma gradual hasta alcanzar la altura óptima. Hay que empezar con saltos hacia arriba y hacia adelante y, sólo después de haberse entrenado lo suficiente, se pueden hacer saltos estrictamente hacia arriba. Se obtienen buenos resultados con los saltos horizontales cuando se emplea un complejo de saltos verticales (fig. 5.11). Cada ejercicio se ejecuta en series de 10 repeticiones, con 1-5 minutos de descanso entre las series. El cansancio, el dolor o la sensibilidad dolorosa muscular o tendinoso, así como las lesiones sin terminar de curar, constituyen contraindicaciones para practicar los saltos horizontales.

2. La dosis óptima de saltos horizontales con un despegue vertical enérgico dentro de una sesión de

Urheberrechtlich geschütztes Material

entrenamiento no debe exceder 4 series de 10 saltos cuando se trate de deportistas bien entrenados, y 2-3 series de 5-8 saltos cuando sean deportistas menos preparados. Hay que hacer ejercicios de relajación y carreras suaves durante 10-15 minutos entre las series.

3. Los saltos horizontales ejecutados con un volumen adecuado se practicarán una o dos veces por semana dentro de las sesiones dedicadas al entrenamiento de la fuerza especial. Además de incluir saltos horizontales, estas sesiones pueden incluir ejercicios localizados para otros grupos musculares, así como ejercicios para el desarrollo físico general ejecutados con un pequeño volumen. Los deportistas bien preparados pueden realizar saltos horizontales tres veces por semana con 2 series de 10 saltos al acabar el entrenamiento técnico del deporte que practiquen.

4. Los saltos horizontales producen una estimulación poderosa del sistema nervioso, por lo que deben realizarse 3-4 días antes de una sesión de entrenamiento técnico. Las sesiones dedicadas a la preparación física general con el mismo volumen de trabajo deben realizarse después de los entrenamientos con saltos horizontales.

5. Los saltos horizontales ocupan un puesto fundamental en la segunda mitad del periodo preparatorio del ciclo anual. Sin embargo, también pueden servir para mantener el nivel alcanzado de fuerza especial durante el periodo de competición. Durante este periodo se deben realizar sólo cada 10-14 días, pero nunca dentro de los 10 días previos a una competición.

6. Un ejercicio pliométrico submáximo inicial consiste en dar saltos en el mismo sitio con una frecuencia cómoda para el deportista y en unas cuantas series de 25 repeticiones. Esto le permite al deportista desarrollar sensibilidad al ritmo, una longitud óptima de flexión articular y coordinación de rebote. Luego se pueden sustituir estos saltos verticales por otros hacia delante, hacia atrás, hacia los lados, hacia delante y hacia atrás, y en zigzag. A continuación, el deportista debe intentar ejecutar saltos verticales tan rápido como le sea posible en unas cuantas series de unas 20 repeticiones.

7. Un actividad preparatoria útil para realizar los ejercicios pliométricos con saltos horizontales consiste en hacer *skipping* con varios patrones de movimiento, sobre una o las dos piernas, o con una comba. No hay que olvidar que el objetivo no es mejorar la resistencia, sino la velocidad y la fuerza velocidad, por lo que no es adecuado que los ejercicios de *skipping* duren mucho si son ejercicios preparatorios.

8. La altura óptima de un salto horizontal no es aquella en la que el impulso obliga a caer en el suelo sobre los talones.

9. La postura de la cabeza y la dirección de la vista desempeñan un papel importante a la hora de controlar el salto horizontal. Si se flexiona la cabeza hacia abajo para mirar al suelo antes de saltar, se altera el ritmo y se produce una contracción muscular inadecuada. Igualmente, si no se levanta la cabeza hacia arriba al saltar, no alcanzaremos la altura máxima.

10. Al ejecutar un salto horizontal desde una caja, tenemos que caer relajados y no en tensión.

11. Lo que importa a la hora de desarrollar la fuerza explosiva y la capacidad reactiva no es la cantidad sino la calidad de los ejercicios pliométricos.

12. Los patrones respiratorios inadecuados reducen la eficacia de los ejercicios. En concreto, hay que aguantar la respiración y nunca exhalar el aire durante la fase de contacto o durante cualquier otra fase en la que se produzca un esfuerzo máximo. Exhalar el aire durante la fase de aterrizaje de los saltos horizontales reduce la estabilidad general e incrementa la carga sobre la columna vertebral.

13. Antes de que un deportista practique los saltos horizontales, debe aprender las técnicas de los saltos normales. Es importante que adquiera competencia en el empleo de un ritmo lumbar-pélvico correcto, al igual que el que se emplea en las car-

Urheberrechtlich geschütztes Material

vos realizados con la parte superior del cuerpo se ejercitan cogiendo y lanzando un balón medicinal, con press hacia arriba pliométricos, press de banca pliométricos y acciones parecidas para las cuales se ejecutan balanceos con cargas y se utilizan máquinas especializadas.

El efecto de entrenamiento de los saltos horizontales o de la carga de choque para desarrollar la fuerza explosiva es muy grande, y apenas tienen quien se les iguale cuando lo comparamos con otros medios de entrenamiento de fuerza, sobre todo cuando se combinan dentro de un complejo con otras formas de entrenamiento intensivo de la fuerza. Esto ha sido corroborado por varios estudios (Semyenov, 1971; Tatyan, 1974; Dobrovolsky, 1972; Savin, 1974; Khodykin, 1974; Deniskin, 1976) cuyos resultados se estudian más adelante en varios artículos (Papysheva, 1967; Kharabuga, 1967; Cheryeshneva, 1967; Kuznetsov, 1970; Burla, 1973; Press, 1974). El método pliométrico para desarrollar la fuerza explosiva ya ocupa un lugar firme entre los deportes y son muchos los deportistas distinguidos que lo emplean.

Resulta interesante señalar que los aterrizajes horizontales (p. ej., saltos horizontales sin rebote después de tocar el suelo) por si solos también pueden tener un efecto significativo sobre la fuerza concéntrica y excéntrica. Esto fue demostrado por Dursenev y Raevsky (1978), quienes investigaron el efecto de los saltos horizontales desde alturas de 2 m o más sobre colchonetas blandas de gimnasia. En estas condiciones, los deportistas adquirieron capacidad para desarrollar tensiones musculares breves (en periodos comprendidos entre 0,028 y 0,061 segundos) de una magnitud de 1.500-3.500 kgf, p. ej., más de 20 veces el peso corporal y alturas de más de 3,2 metros. La razón de usar este método fue que el entrenamiento con pesos y otros métodos parecidos de entrenamiento de resistencia no pueden producir esta intensidad de esfuerzo voluntario.

Se halló que la altura máxima posible que podían alcanzar estos deportistas generaba un mayor incremento de fuerza, aunque a menudo dudasen a la hora de intentar realizar estos saltos extremadamente agotadores. Hay que destacar que las alturas de caída sólo fueron estudiadas con propósitos experimentales, por lo que no sería recomendable emplear caídas desde 3,2 metros en los entrenamientos. Parecer ser que la consideración principal para mejorar la fuerza no es el tipo de contracción muscular desarrollada, sino la intensidad y la velocidad de contracción que el ejercicio exterioriza. Siempre hay que tener presente el alto riesgo de sufrir lesiones por sobrecarga relacionadas con caídas desde alturas elevadas, por lo que es importante aumentar la altura de las caídas gradualmente y partiendo de niveles bajos; limitar el número de caídas por sesión; aterrizar sobre superficies convenientemente firmes y que absorban los choques, y prestar cuidadosa atención a la técnica de aterrizaje.

El método pliométrico para desarrollar la fuerza explosiva y la capacidad reactiva resuelve hasta cierto punto el problema de economizar los entrenamientos, puesto que asegura la consecución de un alto nivel de acondicionamiento especial en un tiempo mínimo. Un experimento comparativo mostró que un grupo de saltadores que sobre todo realizaron saltos horizontales (todos ellos realizaron 475 saltos) a lo largo de 12 semanas y durante la fase preparatoria mostraron una mayor mejora de la capacidad reactiva que un grupo que entrenó con métodos tradicionales y ejecutó 1.472 despegues (sentadillas saltando y saltos con una altera que pesaba entre el 90-95% y el 30-40% de 1RM) y levantó un volumen total de 93 toneladas. Los programas de entrenamiento explosivo periodizados cuidadosamente y que combinan ejercicios de resistencia con ejercicios pliométricos desarrollan la fuerza explosiva incluso con mayor eficacia que los ejercicios pliométricos solos, siempre y cuando los movimientos de resistencia precedan a las actividades pliométricas en las sesiones individuales.

Urheberrechtlich geschütztes Material

Así pues, las investigaciones y la experiencia práctica proporcionan pruebas sólidas de que los métodos pliométricos deben ocupar un lugar prominente en los entrenamientos para desarrollar la fuerza explosiva y la capacidad reactiva. Sin embargo, es necesario elaborar el método en conjunto y teniendo en cuenta el nivel de capacidad física del deportista, el estadio del ciclo de entrenamiento anual y multianual; luego hay que estipular la combinación específica correcta, así como la secuencia y continuidad de los métodos y medios empleados. Aunque deben formar parte integral del programa de entrenamiento, los ejercicios pliométricos no han de combinarse en los estadios iniciales con ejercicios de resistencia tales como el método de la tensión máxima breve.

En aquellos casos en los que la fuerza explosiva se relaciona con la superación de resistencias fuertes, hay que dar preferencia al método de la tensión máxima breve, tal y como se suele emplear en la halterofilia olímpica. En situaciones en las que la resistencia es poca y el efecto de trabajo depende de la capacidad reactiva de los músculos, hay que dar preferencia a los métodos pliométricos. En los estadios subsiguientes, los ejercicios pliométricos deben ser el método principal para el entrenamiento de deportistas altamente capacitados que desarrollan la fuerza explosiva y la capacidad reactiva.

Los medios para generar fuerza con rapidez partiendo de un estado en reposo, así como para pasar del trabajo excéntrico al concéntrico en condiciones de gran esfuerzo dinámico, garantizan su inclusión en los libros sobre el desarrollo de la fuerza explosiva. Por tanto, el empleo eficaz del régimen concéntrico para desarrollar la fuerza explosiva consiste en hacer ejercicios con esfuerzo máximo y regímenes mixtos con pesos que equivalgan al 40% de 1RM o al 30% de 1RM (Verhoshansky, 1963; Papysheva, 1966). Junto con estas prácticas debe usarse una tensión isométrica explosiva que alcance el 80% de la máxima.

Ejercicios pliométricos asimétricos

Son muchos los artículos sobre pliometría que consideran que tales ejercicios como los saltos horizontales y las prácticas con balones medicinales son ejercicios suplementarios de fuerza velocidad adecuados para todo tipo de deportes. Sin embargo, este enfoque no establece una distinción adecuada entre los diferentes deportes, ya que algunos de ellos requieren que exista simetría entre la acción articular y los ritmos, mientras que otros muestran asimetría y énfasis unilateral. Los saltos horizontales y las prácticas con balones medicinales usando ambos miembros simultánea y simétricamente pueden ser valiosos para los deportes que requieran este tipo de acciones, pero no son ni mucho menos beneficiosos para los deportes en los que los miembros alternan acciones con distintos patrones de movimiento.

Por lo tanto, antes de seleccionar los ejercicios pliométricos, es importante categorizar los movimientos deportivos en cíclicos, acíclicos, unilaterales, bilaterales, simétricos, asimétricos o bien en combinaciones variadas de las acciones precedentes. También hay que distinguir los miembros dominantes de los que no lo son, así como la pierna dominante de la que no lo es al correr, porque la eficacia de los movimientos depende sobre todo de los factores del sistema nervioso central y no únicamente del desarrollo muscular indiscriminado. Además, es importante no olvidar que toda actividad desarrollada por las piernas se relaciona con patrones espacio temporales específicos del movimiento de los brazos.

Tampoco se tiene muy en cuenta que el cuerpo manifiesta una dominancia rotacional en el sentido de las agujas del reloj o al contrario respecto a su eje longitudinal, la cual está determinada por la mano dominante. Por ejemplo, un golfista, un lanzador de pesos o un jugador de béisbol que sea diestro muestra una dominancia rotacional en sentido contrario al de las agujas del reloj, mientras que si es zurdo sucede lo contrario. No cabe duda

Urheberrechtlich geschütztes Material

de esto en las actividades de lanzar y coger balones medicinales realizadas con la parte superior del cuerpo en la pliometría. Sin embargo, es raro hallar un libro cualquiera que no afirme que los saltos, rebotes, recepciones y otras actividades deban usarse para tener en cuenta las asimetrías y dominancias funcionales al mejorar la eficacia neuromuscular de los movimientos deportivos.

Las investigaciones han demostrado que la transferencia de fuerza desarrollada en un entrenamiento bilateral (p. ej., con sentadillas o arrancada de fuerza) supone una mejora específica del rendimiento en pruebas bilaterales, como la cargada o arrancada con sentadillas en la halterofilia; mientras que en un entrenamiento unilateral (p. ej., con mancuernas o cargada con tijera) mejora eficazmente el rendimiento en actividades como carreras, saltos o karate. De forma parecida, hay que tener en cuenta que el desarrollo de la fuerza velocidad está influido por el tipo de actividad pliométrica elegida para el entrenamiento habitual. El hecho de que este punto no se valore en Occidente en su justa medida lo confirma el que los capítulos sobre pliometríaa «específica para deportes» de los libros más famosos no mencionen la especificidad de los ejercicios explosivos por lo que respecta a la dominancia de los miembros o a la dominancia rotacional. Sin embargo, hasta unos conocimientos rudimentarios sobre los principios del entrenamiento para el desarrollo neuronal y de la FNP demuestran que el rendimiento motor está determinado por el acierto a la hora de programar el ordenador nervioso central del cuerpo, teniendo muy en cuenta la asimetría funcional al hacerlo.

Existe un método para el entrenamiento de la fuerza que en Rusia se llama método asimétrico alterno, porque requiere que el deportista realice ejercicios de fuerza y saltos alternativamente con cada pierna en vez de con ambas a la vez. Además, llaman método de sincronización de los miembros a la sincronización de cada pierna con su brazo opuesto o con ambos brazos, según la actividad que se desarrolle (p. ej., esprints y voleibol, baloncesto o saltos en la cama elástica).

Esta información es producto de las investigaciones de Siff realizadas en el laboratorio de biomecánica de la School of Mechanical Engineering de la Universidad de Witwaterstrand sobre el papel de la simetría y los factores de dominancia en el entrenamiento pliométrico. En uno de estos estudios se halló que mediciones como el tiempo empleado en ejecutar un ejercicio pliométrico específico (saltos, botes o lanzamientos), la fuerza pico, el índice de fuerza desarrollada y la distancia cubierta en un intervalo dado, ejecutado desde el comienzo con el miembro dominante, muestran la importancia de individualizar los ejercicios pliométricos para que se ajusten a la asimetría funcional y a las características de la dominancia del deportista en situaciones deportivas específicas.

Cada vez resulta más evidente que el entrenamiento pliométrico no es sólo una actividad especial consistente en rebotes practicados a gran velocidad que se puede aplicar de manera general a cualquier deporte. A la luz de los hallazgos anteriores, el refrán «levantarse con el pie derecho/izquierdo» comienza a tener importancia en el entrenamiento deportivo.

Ejercicios pliométricos sin impacto

En Occidente, la pliometría se ha convertido en sinónimo de saltos horizontales y lanzamientos con balones medicinales; es decir, actividades en las que se produce un contacto impulsivo entre las extremidades del cuerpo y el suelo u otro objeto. Hasta en Rusia, donde nació la pliometría científica, se ha hecho hincapié casi por completo en aquellas acciones que ejercen algún tipo de carga de impacto sobre el cuerpo. También hay que decir que toda acción con carreras, saltos u otras acciones balísticas comprenden una fase de actividad pliométrica, por lo que los contactos de partes del cuerpo con alguna superficie parecen ser el denominador común que fundamenta todo ejercicio pliométrico.

Urheberrechtlich geschütztes Material

Sin embargo, ésta no es la única forma de generar acciones pliométricas. Como ya se dijo con anterioridad, todas las actividades pliométricas hasta el momento empleadas en el mundo deportivo son de la variedad con impacto. La existencia de una variedad sin impacto fue descubierta cuando uno de los investigadores (Siff) empleó una plataforma de contactos y contrarresistencia para analizar biomecánicamente el sistema de preparación física con ejercicios en el suelo desarrollado por Lisa Ericson en Denver, Colorado. Esta mujer atrajo la atención mundial por sus clases de «aeróbic sentado», que desarrolló después de haberse quedado paralítica. Antigua patinadora profesional, se decidió a explorar y desarrollar las posibilidades de las actividades físicas con pacientes de médula espinal, y creó un sistema de rehabilitación con ejercicios que genera mejoras muy significativas en el control motor, en la fuerza y la hipertrofia sin usar pesos u otras máquinas de contrarresistencia.

Después de años de experimentación con distintos métodos de entrenamiento, se ha ganado el reconocimiento por su trabajo y durante varios años ha impartido sus clases de condición física en el suelo a pacientes de columna en el renombrado Craig Rehabilitation Hospital de Denver, y a clientes habituales en clubes deportivos de la ciudad.

Lo que diferencia sus ejercicios del aeróbic normal es que ella suele realizar movimientos muy rápidos y de gran amplitud con frecuencias que exceden los 240 latidos por minuto, entremezclados con patrones de transición rítmica del tipo de la FNP, en una sesión que dura 60 minutos. Después de un calentamiento largo que asegure que los brazos están preparados para soportar la fase principal, de gran intensidad, se inician y terminan los movimientos explosivos subsiguientes en series de secuencias ininterrumpidas que habitualmente cambian su forma y dirección para evitar el cansancio excesivo, la habituación o las lesiones.

Este sistema recluta de forma dinámica y poderosa el reflejo miotático de los músculos agonistas y antagonistas con una amplitud de movimiento tan amplia como sea posible. El empleo de patrones que se desvían deliberadamente en el espacio y en el tiempo de los recomendados por la FNP provoca un desbordamiento hacia los músculos adyacentes y acelera la rehabilitación de los pacientes de columna, fenómeno que ha atraído la atención de los especialistas médicos.

El sistema de Ericson se puede categorizar como una pliometría sin impactos porque cumple todos los requisitos de la pliometría tal y como fue originalmente concebida por Verkhoshansky. La actividad verdaderamente pliométrica comprende una acción balística que concluye rápidamente con una contracción muscular isométrica explosiva y excéntrica, seguida de inmediato por una retirada concéntrica poderosa mediada por el reclutamiento del reflejo miotático y aumentada por la liberación de energía elástica almacenada en los tejidos conectivos del complejo musculotendinoso.

El sistema desarrollado por Ericson recuerda en muchos sentidos a alguno de los métodos de entrenamiento empleados en el karate consistentes en practicar puñetazos, patadas y golpes secos y explosivos, o a algunas de las actividades del entrenamiento de boxeo, como hacer sombra o golpear la «pera». En el karate, los miembros se proyectan hacia afuera con gran potencia y vuelven a su posición inicial con una acción similar a un latigazo, listos para la siguiente repetición. En las artes marciales, el número de repeticiones es relativamente escaso y éstas están separadas por intervalos muy cortos entre ellas, mientras que en el sistema de Ericson se efectúan muchas repeticiones sin pausa. El puñetazo de karate es como un latigazo que, aunque obliga al brazo a volver a su punto de partida inmediatamente, sin embargo hace contacto con la diana durante un instante, suficiente para disipar gran parte de la energía elástica almacenada en los tejidos conectivos. La fase de transición entre las fases excéntrica y concéntrica del sistema de Ericson suele ser más corta que en el karate y, por

Urheberrechtlich geschütztes Material

con lesiones en la columna. El mundo del aeróbic ha etiquetado erróneamente los movimientos rápidos de salto y aterrizaje con el nombre de ejercicios pliométricos aerobios, aunque éstos, a diferencia de los movimientos diseñados por Ericson, no cumplan en modo alguno la definición de ejercicio pliométrico. Resulta evidente que los practicantes de aeróbic, al igual que quienes dirigen el acondicionamiento de la fuerza, tienen mucho que aprender de este innovador sistema pliométrico sin impacto desarrollado por una deportista con imaginación sentada en una silla de ruedas.

Ejercicios pliométricos sin impacto en el entrenamiento deportivo

Aunque son numerosos los deportes que comprenden acciones pliométricas sin impacto y explosivas, dichas acciones no se han usado sistemáticamente como lo ha hecho los entrenamientos pliométricos anteriores a la investigación de Siff realizada en 1994 (la fig. 5.7 es producto de su trabajo sobre la pliometría sin impacto para la parte superior del cuerpo). Hasta la fecha, todos los libros de entrenamiento occidentales sobre la pliometría parecen haberse dedicado exclusivamente a los ejercicios pliométricos con impacto, empleando los sistemas de inercia del cuerpo, con balones medicinales y otros objetos pesados. Todo ello es consecuencia de que los occidentales, deseosos de hacerse con los «secretos de entrenamiento rusos», simplemente han aplicado el trabajo científico pionero de Verkhoshansky al diseño de un repetorio siempre en expansión de «actividades pliométricas» y a la venta de varios sistemas de inercia elevada para los entrenamientos explosivos.

Dentro de este esfuerzo, se ha usado escasamente la enorme enciclopedia de acciones sin impacto realizadas en el boxeo y las artes marciales. A ellas debemos añadir muchos de los movimientos desarrollados por Ericson en su sistema de preparación física sentado SMART. Los métodos pliométricos de bajo impacto que emplean objetos muy ligeros para actividades tales como lanzamientos o patadas también se pueden incluir en este enfoque de inercia baja de la pliometría. Resulta interesante que muchos de los movimientos derivados de todos estos sistemas comparten un común denominador en la FNP (facilitación neuromuscular propioceptiva), ya que siguen de forma natural trayectorias espirales y diagonales que evolucionan en ambas direcciones a lo largo de la línea media del cuerpo. También se recomienda hacer desviaciones deliberadas respecto a los patrones de la FNP clásica al aplicar la pliometría sin impacto, porque desarrolla un número mayor de capacidades motrices funcionales más exigentes que el deporte tipificado.

Así pues, sólo del ámbito de las artes marciales se puede tomar prestada toda una serie de movimientos de amplitud completa o limitada (puñetazos directos largos, bloqueos con los brazos ascendentes y descendentes, puñetazos con el filo de la mano o patadas con el filo del pie, patadas frontales y patadas laterales o «fulminados») que ofrecen actividades pliométricas sin impacto. Dichas acciones se pueden ejecutar a solas y en posición estática con algunas de las técnicas clásicas de pre-estiramiento, con puñetazos explosivos que terminan en una posición sostenida isométricamente y breve, o con rápidas acciones de retirada que como un latigazo hacen volver las extremidades a su posición inicial. Los mismos movimientos se pueden hacer en las prácticas fijas entre oponentes que permanecen de pie uno en frente del otro, sea en el kata (secuencias prescritas de movimientos) o en el entrenamiento con compañero de estilo libre (sin contacto corporal). Dichos movimientos ofrecen un repertorio no sólo de actividades pliométricas sin impacto, sino también de muchos otros métodos para mejorar la fuerza explosiva, la velocidad de movimientos, la rapidez, la habilidad para tomar decisiones rápidas, el tiempo de reacción, la conciencia cinestésica y otras cualidades importantes en los deportes que exigen rapidez de acción. El empleo de artes marciales, boxeo y métodos de

Urheberrechtlich geschütztes Material

Ericson para el entrenamiento en deportes explosivos ha sido descrito y demostrada su validez en la conferencia de Siff y Ericson (Myths and Facts of Speed-Strength, Explosive Power and Plyometric Training, junio de 1994) en la NSCA (National Strength y Conditioning Association) en 1994. En ella se recomendaba la integración de estos métodos en un programa de entrenamiento periodizado con pesos para mejorar la adquisición de capacidades explosivas y minimizar la posibilidad de lesionarse, tal era el papel de los procesos pliométricos cognitivos y el entrenamiento pliométrico asimétrico para asegurarse de que se desarrollan las capacidades motrices específicas.

Entrenamiento pliométrico resistido y acuático

Las actividades pliométricas pueden presentar cierta resistencia introducida durante la fase de amortiguación, la fase de rebotes concéntricos o durante ambas fases. Por lo tanto, se pueden saltar y caer la suelo con pesos ligeros o contra una resistencia ofrecida por cuerdas elásticas atadas a un arnés situado cerca de la cintura o las caderas. Aunque ambos métodos incrementan el impacto de aterrizaje y aumentan de manera ostensible la fuerza de la contracción muscular refleja, también aumentan el riesgo de sufrir lesiones por impacto o por sobrecarga, razón por la cual deben aplicarse ocasionalmente y con gran precaución. Incluso las carreras y los saltos de vallas con pesos muy ligeros constituyen una forma de entrenamiento pliométrico con cargas. Los métodos sin resistencia no deben emplear pesos fuertes o cuerdas elásticas rígidas en los saltos horizontales, porque aumentan el tiempo de acoplamiento e imponen cargas fuertes e innecesarias sobre la columna vertebral y los tendones de las extremidades inferiores.

Una alternativa resistida más segura son los ejercicios pliométricos acuáticos, método empleado durante muchas décadas para disminuir la fuerza de aterrizaje y aumentar la resistencia durante la fase de retirada. Aunque esta variante no ofrece un método pliométrico máximo o con choques, puede servir como forma habitual de pliometría preparatoria o submáxima, sobre todo para los ejercicios hechos con una pierna. La altura del agua determina el nivel de resistencia; cuando llega a la altura del pecho exige una actividad muscular excéntrica menos intensa, fuerzas de impacto menores y una mejora de la seguridad. Los saltos repetidos en el agua para desarrollar la resistencia muscular explosiva de rebote con una o ambas piernas es bastante más segura que sus equivalentes ejecutados en tierra firme, si bien no deben sustituir por completo a los otros, ya que no desarrollan adecuadamente los patrones neuromusculares específicos ni cubren las necesidades específicas de los deportes explosivos.

Los ejercicios pliométricos acuáticos para la parte superior del cuerpo se pueden hacer en distintas profundidades con acciones pliométricas sin impacto derivadas de las artes marciales o de los sistemas de acondicionamiento físico SMART, ya expuestos antes.

Análisis de los libros divulgativos sobre pliometría

La mayoría de los libros divulgativos occidentales sobre pliometría (p. ej., Chu, 1992; Radcliffe y Farantinos, 1985) presentan una serie interesante de saltos y actividades de rebotes muchos de las cuales no constituyen un entrenamiento pliométrico real tal y como lo concibieron los científicos rusos. Estos ejercicios son movimientos suplementarios o preparatorios que sirven para realizar o acompañar al entrenamiento pliométrico a pesar de no ser actividades pliométricas. La mayoría de los libros clasifica como «pliométricos» los balanceos, pases o recepciones con el balón medicinal u otros objetos, si bien la fase de amortiguación es demasiado larga para producir movimientos pliométricos clásicos. Esto no quiere decir que estos ejercicios no tengan utilidad: sirven para mejorar facultades como la coordinación entre el ojo y la mano, la fuerza

Urheberrechtlich geschütztes Material

excéntrica y la fuerza inicial, aunque no son estrictamente pliométricos.

Aunque alguno de estos libros, que a menudo se venden como los más completos jamás escritos sobre pliometría, se jactan de disipar los mitos y la información errónea sobre la pliometría, su contenido no comfirma esas afirmaciones, ya que invariablemente muestran un conocimiento inadecuado del modelo científico sobre el cual se basa el método de choques original ruso.

Este método se aquilató al identificar muchas de las distintas facultades de la fuerza, como son la fuerza-velocidad, la fuerza velocidad, la fuerza explosiva, la fuerza de aceleración, la fuerza máxima, la fuerza absoluta y la fuerza inicial. En concreto, este método se basa en la producción de una fase isométrica-explosiva muy breve y excéntrica-isométrica que precede a la liberación de la energía elástica almacenada en los tendones y otros componentes elásticos del complejo muscular durante la fase de desaceleración excéntrica. Aunque la mayoría de los libros se muestran minuciosos con los detalles sobre el reflejo miotático, compuesto por un reflejo tónico de mayor duración y un reflejo fásico rápido, no examinan su relación con los distintos tipos de actividades pliométricas. Tampoco hablan de la importancia de la reacción de soporte positiva, del reflejo extensor cruzado y otros reflejos importantes. En ninguno de estos libros se menciona la importancia que tiene adaptar la respiración a cada una de las fases, aspecto de vital importancia en los ejercicios pliométricos máximos y para mantener una estabilización eficaz del cuerpo.

No se establece distinción alguna entre los ejercicios pliométricos máximos y los submáximos (ni sobre cómo se producen), ni tampoco se estudia a fondo la prescripción concurrente y secuencial de los entrenamientos pliométricos y de otro tipo. Por ejemplo, son varios los libros que abogan por hacer más de 100 repeticiones de movimientos pliométricos, a veces combinados con el entrenamiento de resistencia. Este volumen de ejercicios pliométricos máximos (a diferencia de los ejercicios pliométricos submáximos) no es productivo ni seguro para los deportistas. Los ejercicios pliométricos máximos, al igual que el levantamiento de pesos máximos, consiste en repeticiones únicas máximas separadas por unos cuantos minutos de descanso. Son muy exigentes para el sistema nervioso central e imponen una tensión mecánica grande especialmente sobre los tendones.

Para averiguar si un deportista necesita un entrenamiento pliométrico o de resistencia fuerte hay que medir el déficit de fuerza (ver cap. 1), para lo cual la prescripción de entrenamientos pliométricos sigue siendo caótica, a pesar de que la mayoría de los libros sobre pliometría ni mencionan siquiera este concepto. La oposición al entrenamiento pliométrico de algunos expertos es en gran medida producto de este tipo de entrenamiento a ciegas que puede incidir negativamente sobre el rendimiento y aumentar el riesgo de lesionarse.

Algunos autores critican con dureza la recomendación que a veces se hace a los deportistas de que deberían hacer sentadillas con cargas entre 1,5 y 2 veces su masa corporal con el fin de ejecutar ciertos ejercicios pliométricos, ya que consideran que este criterio no se basa en pruebas científicas y no se aplica en todos los ejercicios pliométricos. Esta recomendación es una medida de seguridad que se basa en el análisis de los ejercicios pliométricos máximos realizados con plataformas de equilibrio y contrarresistencia a base de saltos horizontales, en cuya realización la fuerza de reacción sobre el suelo de las extremidades inferiores puede fácilmente exceder 6 veces el peso corporal. Esta pauta nunca se ha intentado aplicar al pie de la letra a los ejercicios pliométricos submáximos mediante caídas pequeñas, ejercicios de *skipping* u otras acciones poco exigentes. Este malentendido de las pautas rusas es en gran medida el resultado de conocer a medias los principios científicos sobre los que se basa el método de choques original.

Urheberrechtlich geschütztes Material

miento pliométrico no es sólo cuestión de dejarse caer desde una altura o de lanzar un objeto cierto número de veces con el fin de mejorar las capacidades físicas como la fuerza-velocidad y la fuerza explosiva. Los deportes suelen comprender la reproducción de numerosas técnicas en condiciones esperadas e inesperadas, por lo que también hay que recurrir al entrenamiento de retroalimentación y a otras técnicas de «visualización» (imágenes mentales y cinestéticas) no sólo para aumentar la fuerza explosiva y la fuerza-velocidad, sino también para ejecutar con eficacia cualquier acción pliométrica en condiciones deportivas reales.

Para que los fisiólogos deportivos simplifiquen la conexión entre visualización y movimiento, el neurofisiólogo Kensall Wise de la Universidad de Michigan destaca que la parte del cerebro que visualiza una acción dada está completamente separada de aquellas partes en las que se inician las contracciones musculares que realizan la acción (Scientific American, octubre 1988: 23). Aunque investigaciones algo más recientes han identificado algunas de las conexiones entre ciertas regiones del cerebro y funciones como la visión, la audición y los efectores motores, los investigadores siguen teniendo una idea imprecisa de cómo el sistema nervioso inicia y realiza las acciones.

La importancia de la actividad balística para la humanidad ha sido demostrada recientemente mucho más allá del ámbito deportivo. El neurofisiólogo William Calvin ha propuesto una hipótesis fascinante según la cual la planificación cerebral de los movimientos balísticos desempeña un papel preponderante en el desarrollo de la capacidad del lenguaje, la música y la inteligencia a lo largo de los años (Scientific American, octubre 1994). Dicho autor esboza esta hipótesis porque los movimientos balísticos y los procesos del lenguaje implican varias regiones comunes del cerebro, sobre todo las que se asocian con la secuencialización y la preparación. Al llegar a esta conclusión, destaca que los movimientos balísticos, a diferencia de los movimientos de cocontracción –más lentos–, requieren mucha preparación y resolución de problemas. Los movimientos lentos se pueden rectificar fácilmente sobre la marcha con información de retroalimentación, mientras que los movimientos balísticos requieren que el cerebro determine por anticipado cada detalle de la acción preparando mentalmente la secuencia exacta de la activación neuronal de los distintos y múltiples músculos.

Aparentemente, partes de la corteza cerebral relacionadas con el lenguaje cumplen una función mucho más generalizada de lo que antes se creía. Participa en la producción de secuencias nuevas de sensaciones o movimientos con ambas manos y con la boca, por lo que las acciones balísticas con los brazos pueden desempeñar cierto papel en el desarrollo mental. Calvin añade que estas mejoras en las capacidades lingüísticas tal vez mejoren la destreza y viceversa. El hincapié hecho por los entrenadores rusos en que los deportistas sean capaces de describir, dibujar y visualizar con precisión los movimientos deportivos parece relacionarse con esta hipótesis. En vez de ejecutar como robots biológicos actividades pliométricas de entretenimiento, los deportistas deberían ser conscientes de la necesidad de integrar más activamente los procesos cognitivos en el programa de entrenamiento.

Métodos de choques

No debemos creer que la pliometría es el único tipo de «entrenamiento de choques», a pesar de que el término «método de choques» sea el nombre preferido con que se ha llamado al método pliométrico de Verkhoshansky, quien por vez primera formalizó esta categoría de entrenamiento con impulsos. La pliometría es uno de los distintos métodos de choques que se emplean en el entrenamiento especial de la fuerza para generar una estimulación intensa que obligue al cuerpo a alcanzar un nivel más alto de adaptación funcional. El principio de la sobrecarga progresiva y gradual tras periodos prolongados de empleo invariado en ocasiones no tiene

Urheberrechtlich geschütztes Material

éxito a la hora de mejorar la fuerza o el rendimiento, como suele suceder entre los deportistas de elite. En este caso, tal vez sea necesario alterar el estado persistente de estancamiento por medio de uno de los siguientes métodos de choques (ver cap. 7):

- ejercicios pliométricos;
- métodos supramáximos;
- entrenamiento con 1RM única y repetida;
- métodos de contraste;
- repeticiones forzadas;
- estimulación eléctrica (macroestimulación);
- máximas de amplitud restringida;
- movimientos excéntricos máximos.

El método apropiado, su ritmo y la duración de su empleo deben escogerse con mucho cuidado, ya que la falta de progreso puede deberse más al sobreentrenamiento que al estancamiento a largo plazo. El uso de cualquier método de choques en tales circunstancias es potencialmente dañino y perjudicial para el rendimiento. Estos métodos por lo general son inapropiados para principiantes, y sólo deben emplearse con deportistas experimentados con una formación sólida en el entrenamiento de la fuerza especial.

Desarrollo de la fuerza resistencia

La fuerza-resistencia comprende la producción de tensión muscular sin que disminuya la eficacia durante un largo periodo. La fuerzaresistencia, al igual que la fuerza explosiva, presenta varias formas que dependen del patrón motor de la actividad deportiva y sobre todo de las categorías de resistencia dinámica y estática.

La fuerzaresistencia dinámica es propia de los ejercicios que comprenden tensiones musculares significativas y repetidas con una velocidad de movimiento relativamente lenta, así como de los ejercicios cíclicos y acíclicos repetidos que requieren fuerza velocidad. En este último caso, nos referimos a la resistencia específica para ejecutar trabajos explosivos y de fuerza velocidad especiales sin que disminuya la eficacia durante un periodo relativamente largo. La fuerzaresistencia estática es propia de actividades relacionadas con el mantenimiento de tensiones máximas o cuasi-máximas, así como de tensiones moderadas y necesarias para mantener una postura específica (por ejemplo, al disparar o practicar el patinaje de velocidad).

El desarrollo de la fuerzaresistencia es una característica inherente y un principio fundamental del entrenamiento para desarrollar la resistencia general. El entrenamiento de la fuerza resistencia se determina sobre todo con:

1. La magnitud de la carga.

2. El *tempo* del movimiento.

3. La duración de cada movimiento y de cada fase de movimientos.

4. El intervalo de descanso entre sesiones de entrenamiento.

5. La duración del periodo de entrenamiento.

6. Los niveles iniciales de fuerza resistencia del deportista.

7. La estructura cinesiológica del deportista.

8. La implicación relativa de la fuerza resistencia estática y dinámica.

El trabajo de repetición con pesos entre un 25% y un 50% de 1RM con un *tempo* moderado (de 60 a 120 repeticiones/minuto) se emplea para desarrollar la fuerzaresistencia. La eficacia del desarrollo de la fuerzaresistencia empleando pesos y *tempos* de movimiento equivalentes será mayor si el trabajo se ejecuta hasta agotarse el deportista por completo, si bien el trabajo de menor duración (60% del tiempo de capacidad de trabajo máximo) también dará resultados satisfactorios (Agolinsky, 1953; Korobkov, 1953; Monogarov, 1958; Diachkov, 1961).

La fuerzaresistencia, al igual que otras características de la actividad muscular, es específica; sin embargo, la especificidad de la fuerzaresistencia se expresa hasta un menor grado que la especificidad de la velocidad; por ejemplo, ya que la transferen-

Urheberrechtlich geschütztes Material

cia de una actividad a otra es mayor. Cuando la actividad implica superar de forma repetida una resistencia significativa (que supere el 75-80% de 1RM), no se consigue mejorar la resistencia, ya que el deportista se ve obligado a desarrollar, sobre todo la fuerza (Zatsiorsky, 1966).

El estudio de Zatsiorsky demostró que la resistencia isométrica aumentaba un 84% al ejercitarse 10 veces al día durante 5 semanas con los flexores del codo sosteniendo una contración máxima del 60% tanto tiempo como fuera posible. La resistencia dinámica aumentaba un 93% al ejecutar estas flexiones con un peso de un 60% de 1RM con un ritmo de 28 repeticiones por minuto hasta que fuera imposible aumentar más el tempo. Al mismo tiempo, la capacidad para ejecutar contracciones isométricas repetidas (60% de la fuerza máxima durante 5 segundos de tensión y 2 segundos de descanso), hasta fallar un intento, aumentó un 219%. Un experimento parecido con 10 movimientos dinámicos ejecutados a diario y durante 5 semanas con resistencia máxima demostró que se producía un aumento de la fuerza dinámica y estática, si bien la resistencia dinámica y estática quedaba casi inalterada (Hansen, 1963). Ello indica que es preciso optimizar el volumen de trabajo requerido para desarrollar la fuerzavelocidad.

Ha quedado demostrado que el incremento de la fuerza resistencia mejora la resistencia de los corredores, esquiadores y patinadores de fondo (Popov, 1968; Nabatnikova, 1972; Mikhailov y Panov, 1975). Sin embargo, hay que destacar que la magnitud de la carga de fuerza empleada es distinta cuando, por una parte, la cualidad clave requerida es la resistencia general y, por otra, la fuerzaresistencia.

Hay que señalar que ciertos ejercicios de fuerza como correr con sacos de arena que pesan un 25% del peso corporal, el press con barra de pesas, las sentadillas, los «buenos días», y los giros con haltera no sólo no mejoran, sino que hasta cierto grado incluso retrasan el desarrollo de la resistencia con ejercicios cíclicos (Maisuradze, 1960). En algunos casos el incremento de fuerza se relaciona con una hipertrofia muscular excesiva, producto derivado del entrenamiento de fuerza. La resistencia y la hipertrofia no aumentan simultáneamente y no existe correlación entre ellas (Maison y Broeker, 1941; McMorris y Elkins, 1954).

Son varios los investigadores que han observado la falta de una correlación precisa entre la fuerza especial y la masa muscular en aquellos deportes en los que la cualidad clave es la resistencia (Chistyakov, 1965; Chernyaev, 1965; Nabatnikova, 1972). Esto atañe sobre todo a los deportes cíclicos (atletismo, patinaje y esquí de medio fondo). En otros casos, por ejemplo, en la gimnasia deportiva, se halló una correlación lineal positiva (R = 0,77) entre la fuerza-resistencia y la fuerza relativa (Zhalei, 1964). Por tanto, en aquellos casos en los que la resistencia se asocia con la manifestación de fuerza significativa, cierta hipertrofia muscular no influye negativamente en los resultados del entrenamiento.

Los principios generales relativos al desarrollo de la fuerzaresistencia, que ya se trataron con anterioridad, se aplican de manera distinta en cada caso específico, según cuáles sean las características del deporte; por ejemplo:

- Durante el periodo preparatorio, los esquiadores deben ejercitarse con pesas que alcancen hasta un 65% de 1RM, combinando ejercicios de estimulación sobre una superficie plana, así como movimientos con esquíes sobre rodillos (Chistyakov, 1965).
- Los corredores de medio fondo y de fondo obtienen buenos resultados levantando hasta la altura de la cabeza una barra de pesas entre un 55% y un 60% de la masa corporal de 8 a 10 veces rítmicamente; ejecutando arrancandas en dos tiempos con distintos pesos (60-85% de la masa corporal); haciendo saltos con barra de bolas desde una posición en

Urheberrechtlich geschütztes Material

cuclillas (con un peso que se acerque a un tercio de la masa corporal y con 18-20 repeticiones) y sentadillas con un 55-60% de la masa corporal hasta agotarse por completo (Likachyevskaya y Kovalchuk, 1963). Se recomiendan ejercicios con pesos entre un 60% y un 80% de 1RM con repeticiones múltiples, así como saltos y carreras a ritmo fuerte (Popov, 1966).

- Se recomiendan ejercicios con pesos fuertes (80-85% de 1RM) así como con pesos pequeños o medianos para desarrollar la fuerza resistencia de los patinadores. Los ejercicios con cargas fuertes se ejecutan durante varias series con un *tempo* moderado y con 4-12 repeticiones por serie hasta agotarse por completo, con 2-4 minutos de descanso entre las series. Los ejercicios con pesos pequeños o medianos se ejecutan todo lo rápido posible con 15-25 repeticiones por serie, 3-5 series con intervalos de descanso de 5-8 minutos (Mikhailov y Panov, 1975).
- Los palistas obtienen buenos resultados con pesos entre el 50% y el 80% de 1RM; las remeras, con cargas entre el 30% y el 40% de 1RM (Ulrich et al., 1966). Se ha apreciado una mejora significativa (hasta el 40% de los niveles iniciales) de la fuerzaresistencia en remeras que trabajaron con pesos ligeros (18-20 kg) ejecutando muchas repeticiones (Chumakova, 1964). Las mejoras son mayores con estos pesos que con cargas más fuertes (30-50 kg) ejecutadas en series de 2-3 repeticiones, y son incluyo mayores (un 28%) que las que producen una combinación de ambos métodos.

Es necesario incrementar el peso y el número de repeticiones a medida que aumenta la fuerza-resistencia. Se recomienda a los patinadores el siguiente método para desarrollar fuerzaresistencia en las piernas: primero se va aumentando el número de sentadillas con barra de pesas de 20 a 30 por semana (comenzando con 50 sentadillas por serie a lo largo de 2-3 meses, hasta aumentar a 200-300 repeticiones), luego se incrementa el peso y se inicia un ciclo nuevo de entrenamiento de fuerza, pero comenzando con un número menor de sentandillas (Mikhailov y Panov, 1975).

Para desarrollar la fuerzaresistencia siempre es apropiado esforzarse por ejecutar el trabajo en condiciones exigentes, aunque con movimientos cuya coordinación y estructura en el espacio y en el tiempo se acerquen a los de los ejercicios especiales. Por ejemplo, un corredor, durante las fases preparatorias, puede correr con un paracaídas de pequeño tamaño que ofrezca resistencia a su impulso, o bien puede empujar un trineo cargado con pesos (Popov, 1966). De forma parecida, los gimnastas emplean cinturones o camisetas pesadas (Zhilei, 1964) y los palistas, un aparato especial que ofrece resistencia al agua y que va pegado al casco de la piragua (Chuprun, 1966). En el caso de los remeros, la fuerzaresistencia se mide con el número de mentones, el número de flexiones de brazos en posición boca abajo y el número de press con barra de pesas realizados en 30 segundos, que aumentó en torno a un 57,1%, un 27,8% y un 9,1%, respectivamente.

Por lo tanto, los ejercicios con repeticiones y varios pesos se consideran el método fundamental para desarrollar la fuerzaresistencia, siendo determinada la carga por la dinámica de los ejercicios especiales. En aquellos casos en los que se requiere un esfuerzo intenso, se puede usar un peso fuerte en combinación con pesos ligeros o con otros ejercicios que reproduzcan el régimen de actividad de un deporte dado. Cuando los ejercicios especiales se relacionan con la producción prolongada de fuerza moderada, entonces es útil trabajar con pesos ligeros en series repetidas hasta el extremo del cansancio o hasta fallar un intento.

El entrenamiento de la fuerza no provoca un aumento de la masa muscular en aquellos deportes en los que la capacidad clave es la resistencia con

Urheberrechtlich geschütztes Material

to de la fuerza especial. Por ejemplo, el desarrollo secuencial de la resistencia comienza con procesos de entrenamiento aerobico (cardiorrespiratorio), con la glucólisis no oxidativa y, finalmente, con los procesos altamente energéticos del fosfágeno. Esta introducción secuencial del trabajo «anaerobio» crea condiciones favorables para el efecto de entrenamiento del trabajo «aerobio» (Ozolin, 1959, 1970; Volkov, 1963; Yakolev, 1957; Borisov, 1979).

2. La segunda variante (medios concurrentes) comprende el uso paralelo de medios (a lo largo de un periodo prolongado) próximos al régimen de trabajo del cuerpo, pero que producen un efecto de entrenamiento bastante distinto. Este método se basa en pruebas experimentales que demuestran que la adaptación lograda por los componentes separados del complejo de trabajo de entrenamiento no consiste simplemente en la suma de los efectos separados, sino el resultado sinergístico de la interacción de los efectos en cada estadio del entrenamiento. Esta interacción produce un estado físico nuevo con un potencial de trabajo significativamente mayor que el que hubiera resultado con el empleo separado y asistemático de estos mismos medios, incluso aumentando el volumen. Es necesaria la valoración experimental de los efectos acumulativos de las distintas variaciones de la combinación de medios para aplicar el sistema complejo de medios de entrenamiento especial de la fuerza .

Varios investigadores, incluidos Purvin, Khodykin, Deniskin, Tatian y Chernousov, han estudiado el empleo sistemático de los medios para desarrollar la fuerza especial dentro de los deportes de fuerza velocidad. Han llegado a la conclusión de que la secuencia de medios durante el periodo preparatorio (comenzando con los medios para la fuerza, y luego para la fuerza velocidad o viceversa) no tiene importancia en el caso de los principiantes. Por lo tanto, el mismo efecto puede obtenerse empleando estos medios en cualquier orden.

Un efecto relativamente mayor que el producido por las variantes mencionadas arriba (con el mismo volumen de carga de entrenamiento) se observó en grupos que emplearon medios para desarrollar la fuerza y la fuerza velocidad de forma concurrente alternándolos en sesiones de entrenamiento mixtas. Esta secuencia en alternancia crea las condiciones óptimas para que se produzca la adaptación funcional. Esto no ignora el que este régimen de entrenamiento, con un intervalo de descanso entre sesiones en el mismo día, también produzca una respuesta positiva del fenómeno del efecto retardado gracias al empleo de ejercicios para desarrollar la fuerza y la fuerza velocidad. En conjunto, esto produjo una adaptación más intensa y estable. Hay que señalar que el contraste de estímulos en sesiones mixtas mediante la alternancia de los medios de entrenamiento que son sobre todo de fuerza y de fuerza velocidad tienen, indudablemente, un efecto positivo. En otro experimento, un grupo de deportistas principiantes realizó ejercicios con barra de pesas durante el primer estadio del entrenamiento y saltos horizontales pliométricos durante el siguiente estadio. Un segundo grupo hizo los mismos ejercicios en orden contrario y un tercer grupo hizo estos mismos ejercicios conjuntamente en ambos estadios, aunque no en la misma sesión. El empleo concurrente de ejercicios (la tercera variante) provocó una mejora significativa de la fuerza velocidad durante el primer estadio, aunque la tasa de mejora de la fuerza velocidad descendiera notablemente durante el segundo estadio debido al empleo monótono de los medios. La segunda variante (empleo inverso de estos mismos medios) produjo una mejora significativa después del primer estadio debido a un efecto de entrenamiento mayor del método pliométrico.

En otro experimento se estudió si influía en la eficacia de la preparación de fuerza velocidad de unos principiantes la ejecución de ejercicios de fuerza velocidad en una sola sesión de entrenamiento habiendo obtenido previamente un efecto retardado positivo gracias a un trabajo tónico de

Urheberrechtlich geschütztes Material

distintos sistemas de entrenamiento de fuerza (fig. 5.13). Todos los grupos realizaron ejercicios de saltos especiales durante el primer estadio del periodo de preparación. Los grupos 2 y 3 pasaron a los ejercicios con barra de pesas en el segundo estadio, mientras que el grupo 1 siguió haciendo ejercicios de salto. El grupo 3 empezó a realizar saltos horizontales durante el tercer estadio mientras el grupo 1 continuaba con los ejercicios de salto y el grupo 2 hacía ejercicios con barra de pesas.

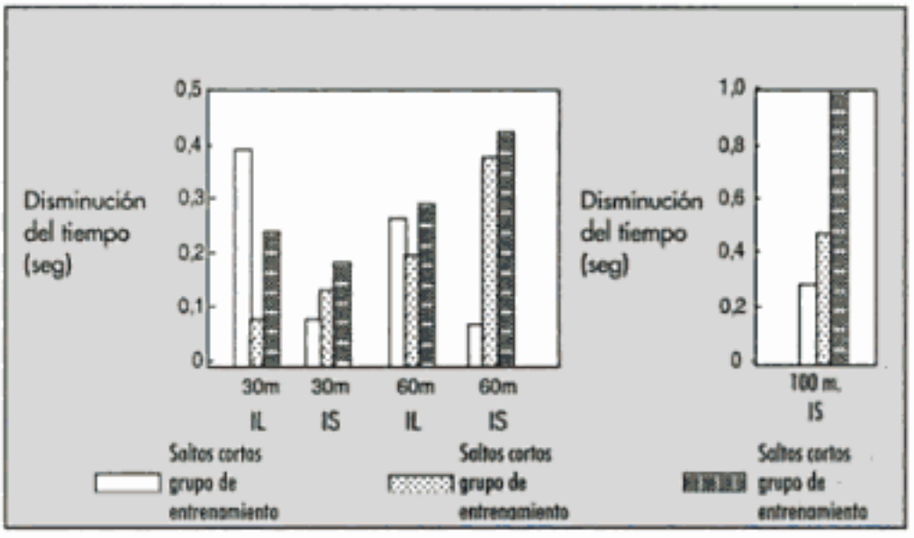


FIGURA 5.12 *Disminución de los tiempos de esprint de tres grupos de deportistas sobre distancias diferentes después de 8 meses de entrenamiento. IL = inicio lento; IS = inicio sin impulso.*

Los indicadores del entrenamiento de la fuerza especial mostraron una tendencia clara a estabilizarse en los grupos 1 y 2 después del primer y segundo estadios respectivamente; en el grupo 1, la tendencia fue a disminuir durante el tercer estadio. Por lo tanto, el empleo secuencial de medios con efectos de entrenamiento específicos mayores produce obviamente un resultado positivo. Al mismo tiempo, el empleo de los mismos medios, incluso con un aumento del volumen, no sólo no produce un cambio positivo, sino que disminuye el nivel existente de fuerza especial (Verkhoshansky y Aganin, 1970).

Las investigaciones con principiantes y deportistas de capacidad media nos llevan a obtener las siguientes conclusiones sobre la eficacia de las variantes estudiadas para estos deportistas:

- Los mejores resultados se obtienen empleando constantemente estas combinaciones de medios que producen un efecto de entrenamiento óptimo (p. ej., como muestra la fig. 5.13)
- Un efecto ligeramente inferior se obtiene con el empleo concurrente de los medios de fuerza y fuerza velocidad en una sesión de entrenamiento o su empleo secuencial en sesiones sucesivas
- La variante menos eficaz es la secuencia constituida por medios de fuerza seguidos por

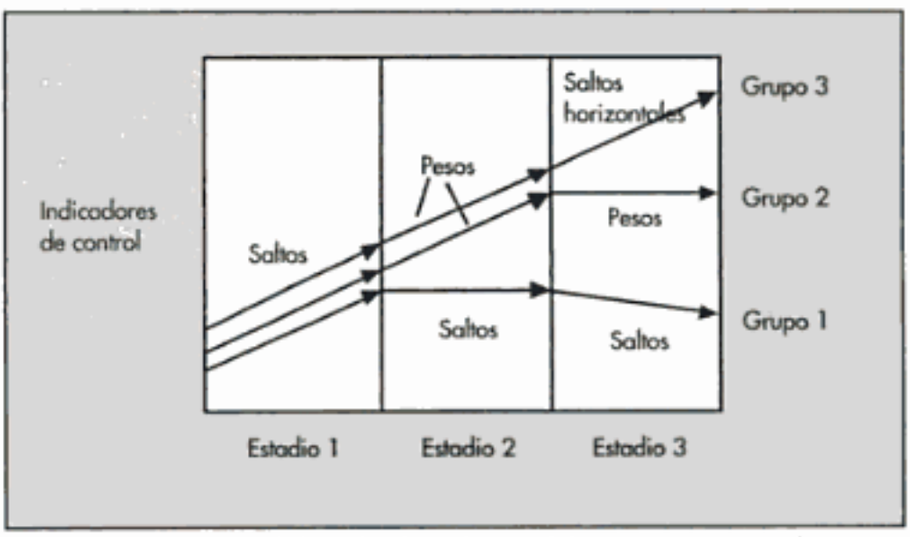


FIGURA 5.13 *Dinámica de los indicadores de control de tres grupos que emplearon combinaciones distintas de métodos de entrenamiento (descritos en el texto).*

Urheberrechtlich geschütztes Material

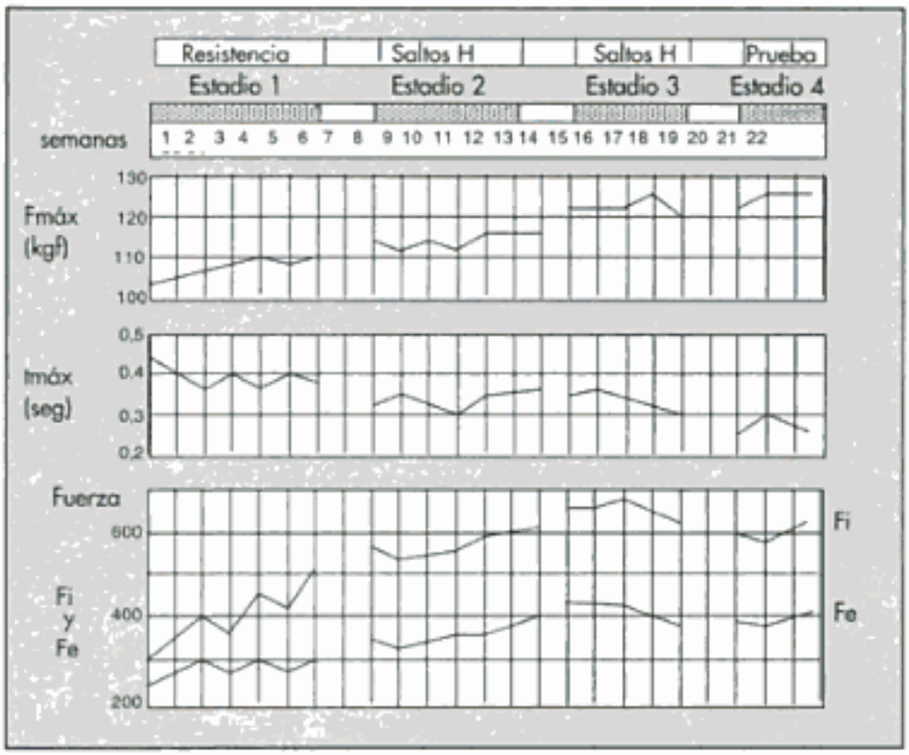


FIGURA 5.14 *Resultados de un experimento que muestra los cambios observados en los indicadores del rendimiento con distintas combinaciones de entrenamiento, como explica el texto que acompaña al gráfico. Fi = fuerza inicial; Fe = fuerza explosiva; Fmáx = fuerza máxima; y tmáx = tiempo empleado en alcanzar la fuerza máxima, saltos H = saltos horizontales.*

Kotz ha demostrado que las sobrecargas fuertes y prolongadas enlentecen la velocidad de contracción de los músculos entrenados. De forma más específica, Filinov ha demostrado que las cargas de fuerza excesivamente fuertes disminuyen la fuerza y velocidad de los puñetazos de los boxeadores, mientras que Deniskin (1976) ha hallado que el empleo prolongado de cargas de fuerza de volumen alto disminuye la potencia y la velocidad de los halterófilos, los saltadores de altura y los saltadores de triple salto.

Por lo tanto, la fuerza velocidad y la fuerza-velocidad dejan de incrementarse tras haber ejecutado cierto volumen de entrenamiento de fuerza pesado. Deniskin observó este fenómeno tras 18 semanas (54 sesiones) de entrenamiento de fuerza. Otros estudios han señalado también en el mismo fenómeno después de 50-60 sesiones de entrenamiento o unas 12 semanas de entrenamiento. Estas investigaciones muestran que existen ciertos volúmenes y duraciones del entrenamiento de fuerza que son esenciales para alcanzar un efecto de entrenamiento óptimo. Superar estos valores no proporciona ninguna mejora y no sólo es improductivo, sino también perjudicial para la preparación del deportista.

Las exigencias cada vez mayores del rendimiento deportivo han llevado a un aumento general del volumen de entrenamiento de fuerza y de preparación técnica, sobre todo en los deportes de fuerza velocidad. Los lanzadores han aumentado bruscamente su cuota de lanzamientos de distancia máxima, así como los lanzamientos con pesos mayores de lo normal; los saltadores han aumentado el número de saltos junto con carreras y saltos para alcanzar la máxima altura. Por ejemplo, los lanzadores de disco llegan a realizar hasta 100 lanzamientos en una sesión de entrenamiento y los saltadores de altura realizan hasta 80 saltos.

Las exigencias impuestas por este aumento del volumen de entrenamiento suelen obligar a prescribir un acondicionamiento físico y un entrenamiento técnico concurrentes. Desde el punto de vista de los principios teóricos válidos de los efectos parejos, de la unidad de capacidades físicas y técnicas y de la unidad del entrenamiento físico y técnico, este enfoque parece totalmente garantizado. Tales principios, en su forma general, expresan la naturaleza interactiva del proceso de entrenamiento. En este sentido esto es correcto.

Sin embargo, en el contexto del ciclo de entrenamiento anual o del entrenamiento de deportistas altamente capacitados, una interpretación literal de

Urheberrechtlich geschütztes Material

este concepto sobre el entrenamiento unificado a la hora de hacer una prescripción concurrente de entrenamiento físico y técnico conduce a cometer un error grave. Tal solución contradice la necesidad de que el deportista practique la técnica cuando está fresco.

Por ejemplo, las investigaciones de Verkhoshansky y sus colaboradores han demostrado que un entrenamiento excesivo de fuerza máxima puede empeorar la fuerza velocidad y la técnica de los boxeadores (Verkhoshansky, 1977). También puede suponer un deterioro durante varios meses de la técnica de los halterófilos y lanzadores de jabalina. Otros estudios han demostrado que las cargas de entrenamiento fuertes reducen la capacidad de controlar los movimientos, sobre todo en las fases técnicas más complejas. La influencia negativa del entrenamiento de fuerza sobre la técnica deportiva puede deberse en gran medida al deterioro de las capacidades de fuerza velocidad del sistema neuromuscular.

Con el empleo extendido y casi obligatorio del entrenamiento de fuerza suplementario en la mayoría de los deportes, sorprende que investigaciones como las antes citadas no hayan promovido la aparición de nuevos trabajos que investiguen la aplicación práctica del entrenamiento de fuerza en los deportes. En este sentido, es inquietante señalar cuán poco ha variado la composición de los medios de entrenamiento más extendidos, así como la forma mecánica en que se aplican en el entrenamiento a largo y corto plazo. Los únicos factores que cambian son la carga y el volumen global. Esto pone en evidencia la necesidad de desarrollar una metodología más clara que estructure los programas de entrenamiento de la fuerza deportivo-específica y que aplique los hallazgos de las investigaciones de forma más competente. En general, se puede diseñar un sistema eficaz que emplee los medios de entrenamiento de la fuerza especial tal y como se verá en las siguientes secciones de este capítulo y en el capítulo 6.

Sistema secuencial de los medios de entrenamiento

El desarrollo de las capacidades motrices específicas partiendo del nivel medio de rendimiento de una persona sana hasta llegar a un alto grado de competencia se produce siguiendo un patrón específico. Debido a este patrón, es necesario mejorar secuencialmente el funcionamiento de aquellos sistemas y mecanismos fisiológicos que sean cruciales para el desarrollo de una capacidad motriz específica.

Los cambios funcionales progresivos en algunos sistemas actúan como prerrequisitos para mejorar el rendimiento de otros sistemas que limitan el desarrollo de las capacidades motrices requeridas. Es fácil comprender que la respuesta dada se produce sólo cuando el proceso de acondicionamiento está organizado de tal forma que genera las condiciones favorables que permiten integrar eficazmente el empleo de todos estos medios con distintos efectos de entrenamiento.

Es sabido que, con el fin de incrementar uniformemente la capacidad de trabajo especial del cuerpo, los medios empleados deben producir un efecto concreto de entrenamiento, si bien su magnitud debe corresponder al nivel de forma física especial habitual del cuerpo y aumentar al unísono con el anterior. A pesar de la lógica de este principio, no siempre es fácil lograrlo. Muy a menudo los medios se seleccionan acuciados por las circunstancias y sin considerar su preciso efecto de entrenamiento, muchas veces sobre la base de lo que suele estar de moda o se prefiere subjetivamente. Por ejemplo, los medios que son muy eficaces durante las fases más avanzadas del entrenamiento tal vez se empleen de forma inadecuada durante las fases iniciales del ciclo anual o al comienzo de los estadios del entrenamiento multianual.

El repertorio de medios suele estar muy limitado y se repite año tras año. No se trata de una tendencia general, sino de un hecho habitual que demuestra que hasta los principios teóricos más divulga-

Urheberrechtlich geschütztes Material

dos y de mayor importancia se ignoran consciente o inconscientemente. De ahí la necesidad de diseñar un programa que introduzca en forma de secuencias los medios con los que introducir gradualmente un efecto de entrenamiento mayor en el entrenamiento. La especificidad se vuelve más relevante por lo que respecta al estado de forma física a medida que aumenta la competencia deportiva. Al mismo tiempo, crece el papel de los medios empleados para desarrollar la capacidad de entrenamiento. La introducción de estos medios debe estar cuidadosamente programada y los contenidos del futuro entrenamiento deben basarse enteramente en los estadios precedentes. Estos medios deben ser nuevos y mejorar el efecto de entrenamiento, obligando así a que los procesos de adaptación superen cualquier meseta que se observe en el rendimiento.

Las investigaciones han estudiado el efecto que provoca cambiar los medios del entrenamiento especial sólo una o dos veces durante el periodo de estudio. Sin embargo, las posibles variaciones en el uso sistemático de los medios para mejorar los efectos del entrenamiento suponen introducir cambios múltiples. Por lo tanto, hay que examinar la organización lógica de las cargas de entrenamiento, como lo ejemplifica el sistema de secuencias conjugadas del entrenamiento de la fuerza especial, a lo cual procederemos en la sección siguiente.

El sistema de secuencias conjugadas de los medios de entrenamiento

En el entrenamiento de deportistas altamente capacitados siempre termina siendo necesario aumentar el nivel de desarrollo de cualquiera de las capacidades básicas del sistema motor que puedan limitar las mejoras de las capacidades motrices específicas. Una lógica solución sería introducir ciertos medios capaces de eliminar esta insuficiencia; sin embargo, esta medida, que muestra muy pocas probabilidades de transferir capacidades motrices específicas a la actividad de un deporte dado, no es muy eficaz. Si un sistema especial como el sistema de secuencias conjugadas se emplea habitualmente en el entrenamiento, entonces la posibilidad de que estas situaciones surjan se minimiza y la situación mejora rápidamente.

Existen dos sistemas principales para organizar el entrenamiento a largo plazo: el sistema concurrente y el sistema de secuencias conjugadas. El sistema concurrente comprende un entrenamiento paralelo de varias capacidades motrices, como la fuerza, la velocidad y la resistencia a lo largo de un mismo periodo y con la intención de producir un desarrollo multifacetico de la forma física. Aunque las investigaciones han corroborado la eficacia de este sistema, las personas que participaron en estos estudios solían ser deportistas poco capacitados. Si bien la influencia negativa de este sistema complejo no es aparente con deportistas de bajo nivel, se muestra evidente con deportistas de elite, en los que se observan tan sólo resultados medianos. Para producir un efecto de entrenamiento mayor en los deportistas que ya se han acomodado a altos niveles de estimulación, es necesario introducir fases intensas de cargas unidireccionales sobre el cuerpo. Éste es precisamente el propósito del sistema de secuencias conjugadas.

El sistema de secuencias conjugadas (a veces traducido del ruso con el nombre de sistema sucesivo emparejado) comprende la introducción sucesiva en el programa de entrenamiento de medios específicos y separados, cada uno de los cuales tiene un efecto de entrenamiento progresivamente mayor, así como su emparejamiento de manera secuencial para crear las condiciones favorables que generen el efecto acumulativo de todas las cargas de entrenamiento. El empleo de secuencias conjugadas de medios unidireccionales, integrados mediante el desarrollo por separado de capacidades motrices individuales y específicas (p. ej., la fuerza, la velocidad y la fuerza resistencia), es el método más progresivo de organizar el entrenamiento de la fuerza

Urheberrechtlich geschütztes Material

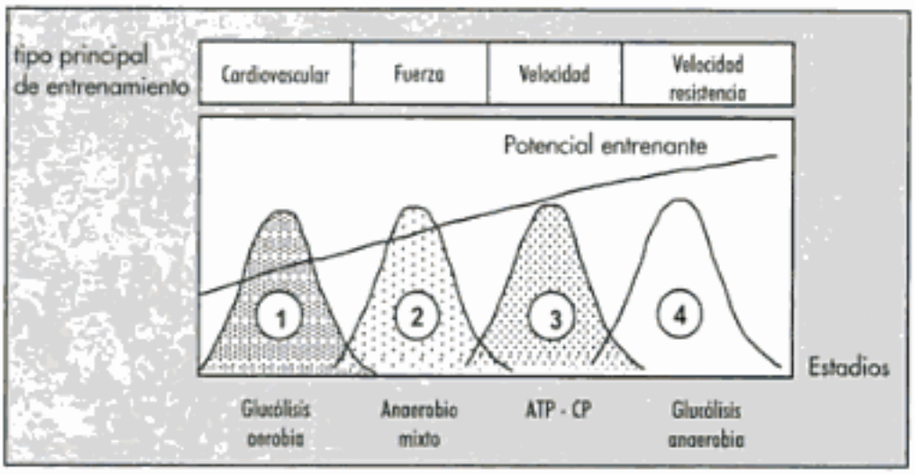


FIGURA 5.15 *Organización de las cargas con distinto énfasis de entrenamiento por medio de secuencias conjugadas con el objeto de desarrollar la velocidad-resistencia. Apréciese que se trata simplemente de un esquema descriptivo, por lo que no proporciona detalles cuantitativos de la intensidad, el volumen o la cronología de las cargas.*

entrenamientos unidireccionales durante periodos de hasta 4-12 semanas pueden ser muy eficaces, sobre todo si la intensidad aumenta gradualmente con cada forma de carga en un ciclo dado. Además, la eficacia del sistema de secuencias conjugadas con deportistas avanzados es tal que el volumen de entrenamiento a lo largo del macrociclo se puede reducir hasta un 20%, fenómeno denominado aceleración de la adaptación específica (ver pág.396).

Sin embargo, hay que señalar que la carga unidireccional sólo es eficaz si se emplea un complejo diverso de medios con un único énfasis primario junto con varios métodos de entrenamiento (Fedorova et al., 1975; Platonov y Monograov, 1977; Verkhoshansky, 1977). Además, una condición importante para utilizar las cargas concentradas es la intensidad relativamente baja de los medios, ya que el frecuente uso de estos medios ya intensifica el entrenamiento. En este contexto, podemos considerar que la carga es concentrada si su volumen a lo largo del mes durante el cual se aplica constituye un 23-25% del volumen anual.

El sistema no carece de riesgos, ya que las cargas concentradas son muy estresantes y, además de aumentar el peligro de sobreentrenamiento, pueden empeorar capacidades motrices como la fuerza velocidad. Después de una fase de énfasis en el entrenamiento de la fuerza, puede haber un incremento de la rigidez muscular y una pérdida de fuerza explosiva, de habilidad técnica o de velocidad. Hay que recordar que el sistema de secuencias conjugadas se basa en la explotación del efecto retardado del entrenamiento, por lo que se ha observado que introducir una disminución en la carga y un periodo de recuperación después de una fase de cargas concentradas permite al cuerpo supercompensar el nivel deseado de preparación. Las mejoras que se manifestaron, por ejemplo, entre las 4 y 8 semanas de bloques concentrados de entrenamientos de fuerza, fuerza velocidad o velocidad, suelen aparecer por lo general después de un periodo de latencia de 1 a 3 semanas, por lo que es esencial que el deportista no se muestre impaciente ni se apresure a iniciar la siguiente fase concentrada sin haber logrado una recuperación adecuada. La imposición prematura de cargas concentradas no sólo suprime el efecto retardado del entrenamiento del estadio previo, sino que también disminuye la eficacia del entrenamiento posterior.

OBJETIVOS PRINCIPALES DE LA ORGANIZACIÓN ESPECIAL DEL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA

Durante los estadios iniciales del entrenamiento el cuerpo reacciona a cualquier estímulo con todos sus mecanismos de supervivencia y capacidades motrices. De resultas de esta respuesta de adaptación general, no se manifiestan los efectos del entrenamiento específicos que mejoran el potencial de trabajo. Es propio de ello el que haya una correlación relativamente alta entre las distintas capacidades motrices y el desarrollo de incluso aquellas

Urheberrechtlich geschütztes Material

capacidades que no están directamente implicadas. La transferencia de forma física es muy concreta en este caso.

A medida que mejora la competencia deportiva, la respuesta de adaptación se vuelve más selectiva. La adaptación funcional se confina sobre todo a aquellos sistemas que son más activos y se desarrolla en aquellas direcciones que están determinadas por los componentes específicos del estímulo del entrenamiento. La estrecha conexión entre las capacidades motrices tiende a disminuir durante el estadio de alta competencia deportiva; el ritmo de desarrollo de las capacidades motrices que no son objetivo directo del entrenamiento se enlentecen y el fenómeno de transferencia no se manifiesta tan bruscamente como antes. Por tanto, la dirección de las mejoras está determinada completamente por los componentes específicos del estímulo de entrenamiento. Puesto que los logros deportivos en los altos niveles de la competencia deportiva son producto de un complejo de capacidades motrices específicas, el régimen de medios debe contener una combinación óptima de medios de entrenamiento específicos.

Ahora procede formular una serie de principios generales para organizar el entrenamiento de la fuerza especial que se base en las características especiales del entrenamiento físico y en la dinámica a largo plazo del PAMD (proceso de alcanzar la maestría deportiva). Por lo general, estos principios manifiestan las principales vías para aprovechar estas características y fundar las bases de un nuevo sistema de entrenamiento deportivo, si bien no excluyen todos los principios y reglas tradicionales. Estos principios son:

- convergencia de los efectos parciales de los medios de entrenamiento de fuerza;
- aceleración de la adaptación específica;
- correspondencia específica del efecto de entrenamiento;
- mantenimiento del efecto de entrenamiento de la fuerza.

Convergencia de los efectos parciales de los medios de entrenamiento de la fuerza

El principio de convergencia de los efectos parciales de los medios de entrenamiento de la fuerza es fundamental para la organización a largo plazo de su entrenamiento. Se consigue mediante la convergencia de todos los distintos efectos parciales del entrenamiento; p. ej., la convergencia gradual de su efecto acumulativo de entrenamiento con aquellas características específicas importantes que son esenciales para el funcionamiento del cuerpo en un deporte particular.

Durante los estadios iniciales del PAMD las tareas que determinan la diversidad de los medios de entrenamiento están muy distanciadas. Están conectadas de manera laxa y únicamente por la planificación a largo plazo del PAMD e implicadas por el programa de entrenamiento que tiene en cuenta las características de la producción de un tipo específico de forma física en un deporte dado.

En concreto, esto se produce gracias a la adaptación del régimen motor requerido por el deporte; p. ej., su especialización es primeramente acorde a la capacidad (pero no al sistema fisiológico) y no está relacionada con el patrón motor (ver cap. 2). Al mismo tiempo, el entrenamiento del cuerpo destinado a mejorar el rendimiento comprende la mejora de sus capacidades funcionales y de su potencial de trabajo.

A medida que avanza el PAMD, los efectos del entrenamiento comienzan a converger según su especificidad. En este sentido, las características funcionales exigidas por el deporte determinan los requisitos del entrenamiento de fuerza especial, mientras que el nivel de forma física especial determina el progreso del PAMD en conjunto.

Por lo tanto, con un alto nivel de maestría deportiva el entrenamiento de fuerza especial converge en el carácter específico del régimen motor de los ejercicios dados y en su patrón motor específico. Sin embargo, el criterio para afirmar que ha habido éxito en la convergencia radica en la proximidad de

Urheberrechtlich geschütztes Material

la correspondencia del efecto de entrenamiento con las características del rendimiento en un deporte dado. A medida que progresa el entrenamiento, el efecto de los medios del entrenamiento específico excede el grado exigido de proximidad, al tiempo que los medios del entrenamiento general reflejan con más fuerza los elementos específicos de los ejercicios especiales. En este estadio, existe una estrecha interrelación entre todos los componentes que conforman el PAMD. La correspondencia entre cada uno de los componentes se refleja en el crecimiento de la competencia deportiva, la cual está determinada por el nivel de forma física especial del cuerpo y por la capacidad del deportista para alcanzar el potencial motor completo.

Este proceso se ilustra en la figura 5.16. Durante el PAMD las características de la capacidad motriz clave M se aproximan gradualmente al patrón de trabajo del sistema motriz del deporte A. Al mismo tiempo, el complejo de capacidades motrices individuales que determina esa capacidad motriz clave (p. ej., M1, M2, M3) se corresponde aún más con los elementos específicos de dicha capacidad motriz.

Este concepto ya ha sido estudiado en lo que respecta a su conexión con la temprana especialización de los deportistas jóvenes (Verkhoshansky, 1963, 1972). Puesto que el interrogante está directamente relacionado con los estadios iniciales del PAMD, hay que prestar especial atención a la conveniencia de una especialización temprana, no en un tipo de deporte específico, sino en un régimen motor específico. Dicho de otro modo, la orientación de los niños hacia un deporte y un entrenamiento físico con los medios deportivos no comienza con ejercicios especializados para alcanzar los niveles prescritos de rendimiento competitivo (que fácilmente derivan en un entrenamiento forzado). En vez de eso, comienza con la dirección sistemática del perfeccionamiento funcional del cuerpo.

Esto significa que, en la educación física y en la competición, los niños pueden mostrar una predisposición hacia cierta forma de actividad deportiva (p. ej., reacciones rápidas, velocidad de movimientos, capacidad de realizar actividades de fuerza velocidad o de destreza motriz). Así pues, los niños comenzarán el entrenamiento en un grupo especializado con un régimen motor apropiado (el primer estadio de la escuela deportiva rusa para niños). El objetivo de este entrenamiento es mejorar las capacidades funcionales del cuerpo mediante diversidad de formas motrices elementales que no impliquen la especialización en un deporte específico.

Las competiciones, sobre todo en los deportes de equipo, son elementos indispensables de este entrenamiento, porque comprenden las mismas formas capacidades elementales. Durante el curso del entrenamiento, que impone un incremento gradual de las exigencias sobre el cuerpo, el profesor determinará la predisposición de los niños para un deporte específico y los transferirá a la escuela deportiva apropiada para que reciban un entrenamiento especializado (el segundo estadio de la escuela deportiva rusa para niños). Incluso en países cuyas escuelas no ofrecen este tipo de educación deportiva, el mismo enfoque se

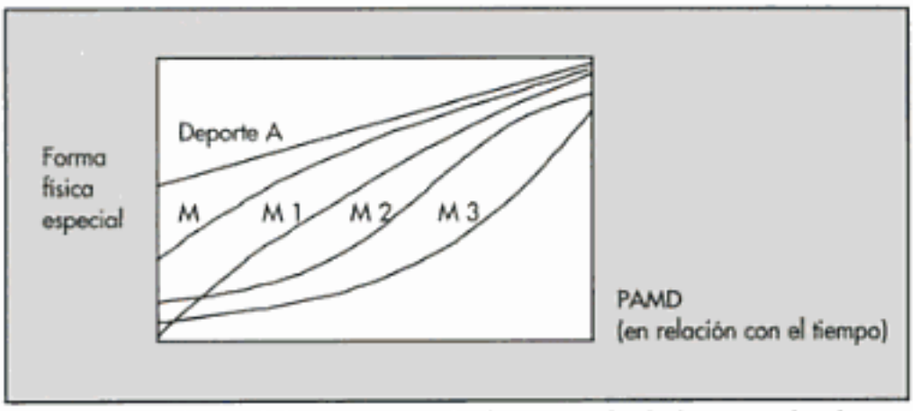


FIGURA 5.16 *Objetivo de la convergencia de efectos parciales de distintos medios de entrenamiento de fuerza. Los detalles de este proceso aparecen explicados en el texto. PAMD es el proceso de alcanzar la maestría deportiva. M1, M2 y M3 son las distintas capacidades motrices, mientras que M es la capacidad motriz clave.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

puede adoptar con éxito si estos dos estadios de preparación deportiva inicial se aplican sistemáticamente en una escuela o club deportivo.

Aceleración de la adaptación específica

El principio de la aceleración de la adaptación específica subraya el papel clave del entrenamiento especial de la fuerza como base para el desarrollo de la competencia deportiva, con referencia especial a su organización a lo largo de un periodo prolongado. La idea no es otra que la adaptación específica debe acelerarse avanzando el estadio en el que se espera alcanzar la competencia deportiva máxima generada por el régimen de entrenamiento habitual. En la práctica esto significa que la tarea de la especialización funcional debe basarse en una modelación precisa de todos los aspectos de la actividad motriz. Los requisitos de esta especialización se manifiestan en el cuerpo en una secuencia específica durante el PAMD para acelerar la adaptación.

Por lo tanto, el éxito de la aceleración de la adaptación específica depende de la anticipación de condiciones que puedan retrasar el curso subsiguiente del PAMD. Esto asegura un progreso regular del PAMD, excepto cuando las mejoras de la forma física se retrasan debido a circunstancias imprevistas como la idiosincrasia de la adaptación, las enfermedades o las lesiones. Incluso entonces, hay que tener siempre un plan de contingencia para mantener el nivel de forma física de aquellos sistemas que sigan pudiéndose ejercitar.

Para lograr una adaptación acelerada es necesario el empleo de datos estadísticos que reflejen las tendencias básicas de la dinámica de las capacidades motrices específicas del deportista en un deporte dado (ver cap. 2), para lo cual se tiene muy en cuenta el nivel de forma física especial del deportista. Esta adaptación acelerada se puede alcanzar controlando las fases supercompensatorias posteriores al entrenamiento mediante el empleo del método de entrenamiento de secuencias conjugadas; mediante el principio de la heterocronicidad de los ciclos superimpuestos para desarrollar los distintos componentes de la forma física; mediante la convergencia de los efectos parciales de los medios de entrenamiento; o mediante una correcta periodización de la recuperación total o parcial después del entrenamiento (ver cap. 8).

Los medios especializados del entrenamiento de fuerza seleccionados por tener en cuenta los movimientos específicos de un deporte dado y el nivel existente de forma física del participante dan por fruto un incremento oportuno y sustancial de la fuerza relativa e inicial, que supera manifiestamente el promedio de índices típicos del entrenamiento de este tipo de deportistas. También hay que señalar que el uso de medios nuevos y complejos para el entrenamiento de la fuerza permite a los deportistas altamente capacitados evitar el ritmo, por lo general lento, de incremento de la fuerza inicial.

Correspondencia específica del efecto de entrenamiento

El principio de la correspondencia específica apunta a la necesidad de que exista una correspondencia entre el efecto general del trabajo de fuerza y el carácter específico del régimen motor del deporte dado. Esto se logra sobre la base de una organización sistemática de los medios, de forma que el efecto acumulativo resultante genere en su totalidad la fuerza especial requerida en el estadio actual del PAMD.

La realización práctica de este objetivo debe basarse en el siguiente programa de especialización funcional del cuerpo dentro del PAMD (fig. 5.17). Junto con la respuesta de adaptación general del cuerpo, reacciona de forma selectiva al régimen motor dominante y al patrón de movimientos.

Esto provoca una mejora local y funcional de las capacidades físicas de la cadena cinemática del sistema motor (especialización de sistemas) y desarrolla las capacidades que son apropiadas para la habilidad motriz del deporte (especialización de la capacidad), tal y como se dijo con anterioridad

Urheberrechtlich geschütztes Material

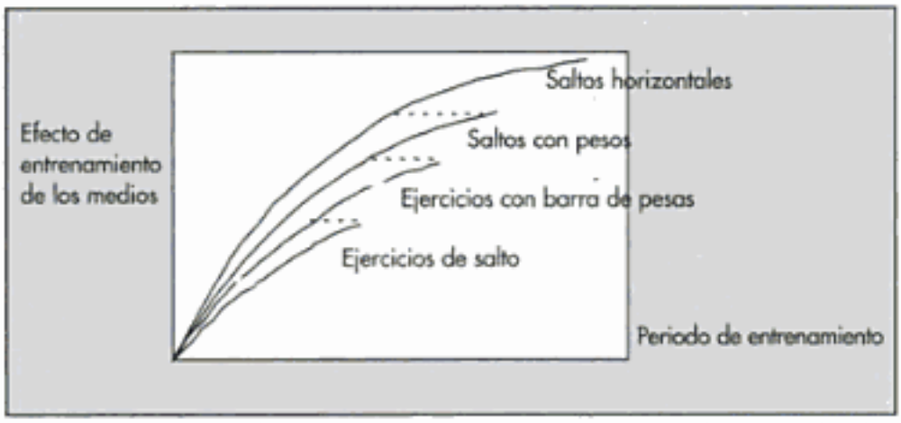


FIGURA 5.18 *Método de las secuencias conjugadas para organizar las cargas de velocidad fuerza y desarrollar la fuerza explosiva de los saltadores.*

el complejo de medios (fig. 5.19), sustituyendo sucesivamente aquellos que representaron un papel inicial progresivo en la mejora de la forma física del deportista (medios A y B) por medios más eficaces (C y D), para finalizar, con otros medios (E).

CROSS TRAINING COMO VARIACIÓN DEL ACONDICIONAMIENTO

En Occidente, el término «cross training» alude al empleo de deportes secundarios relevantes con el objetivo de aumentar el efecto de entrenamiento producido por el deporte primario practicado por un deportista. Durante años se ha aplicado al entrenamiento consistente en practicar varios deportes a diario o semanalmente dentro del mismo programa de entrenamiento. Este programa de forma física suplementaria que incorpora ejercicios practicados en gimnasio, aeróbics, ciclismo y natación se conoce como «cross training». Por lo general, se practican varios deportes o se ejecutan distintos ejercicios en un mismo día, otros en un día distinto.

Al planificar este tipo de entrenamiento, es importante no olvidar las dos formas básicas de combinar entrenamientos: el sistema concurrente y el sistema secuencial. El «cross training» puede comprender actividades suplementarias prescritas en concurrencia con el deporte principal del deportista en un mismo día o durante la misma fase del entrenamiento o en una secuencia definitiva en la que, a lo largo de un periodo dado, una actividad suplementaria da paso a otra y finalmente al deporte principal. Por tanto, el diseño de cualquier programa de «cross training» necesita aplicar un conocimiento completo de factores como la interacción entre actividades de distinto énfasis primario, la influencia de los efectos retardados a largo y corto plazo del entrenamiento la supercompensación, la especifidad del entrenamiento, o la periodización y recuperación, temas todos ellos que se tratarán más adelante.

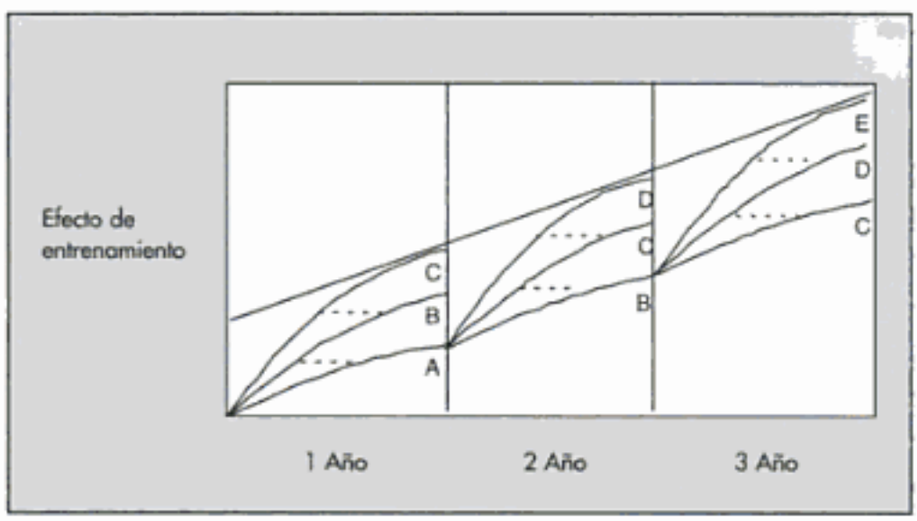


FIGURA 5.19 *Aplicación del método de secuencias conjugadas para organizar las cargas de velocidad fuerza en el entrenamiento multianual. A, B, C, D y E son los medios de entrenamiento que constituyen la secuencia compleja.*

En Rusia y Europa del Este, la prescripción de medios accesorios de preparación física no se centra sólo en el tipo de deporte practicado, sino más bien en la relación existente entre las capacidades motrices

Urheberrechtlich geschütztes Material

y la forma física, y las actividades suplementarias y el deporte primario. Esto implica la modelación cualitativa y cuantitativa de cada deporte con el fin de asegurarse de que los deportes suplementarios no empeoran el rendimiento del deporte primario (ver cap. 6). Es incorrecto, por ejemplo, afirmar que el atletismo, el rugby o el fútbol americano requieren el desarrollo de la fuerza, motivo por el cual el entrenamiento con pesos fuertes debe constituir un «cross training» apropiado. Con anterioridad ya subrayamos la importancia de definir los distintos tipos de fuerza y su desarrollo, por lo cual debería estar claro que este enfoque simplista puede ofrecer poca cosa más que cierto progreso a corto plazo.

Durante muchos años los rusos y europeos del Este han suplementado el entrenamiento de sus deportistas de competición con un entrenamiento suplementario sistemático con otros deportes. Por ejemplo, los halterófilos olímpicos y atletas han incluido el voleibol o el baloncesto en sus regímenes de entrenamiento global. Sin embargo, en Occidente el «cross training» no ha avanzado científicamente más allá de su empleo durante varias décadas; además, la elección de combinaciones, intensidades, duración y sistemas de periodización suele hacerse a ciegas. El entrenamiento combinado con deportes o ejercicios complementarios puede ser valioso si se prescribe científicamente, y perjudicial si se hace al azar.

Ciertos deportes se emplean en Rusia y países limítrofes fuera de temporada, algunos durante las fases iniciales de preparación, otros durante la temporada competitiva y otros como medios de recuperación o para mejorar ciertas cualidades como el control motor refinado o la capacidad explosiva. Estos deportes no se han escogido simplemente para añadir variedad aleatoria al entrenamiento de los deportistas estancados; se han periodizado cuidadosamente dentro de programas de entrenamiento a largo plazo monitorizados estrechamente. Parte de este sistema suplementario incluso ha conllevado fases de electroestimulación especializada de los músculos o del sistema nervioso central.

Los rusos han establecido con lógica cuáles son los factores de la forma física más importantes requeridos por los deportes específicos; luego han divido el programa de entrenamiento de estos deportes formando un modelo periodizado cuyo objetivo es emplear actividades suplementarias (preparación física general) para facilitar la transferencia de habilidades en la fase de preparación física específica que precede a la fase de competición (cap. 6).

El concepto de «cross training» es firme en ciertas circunstancias siempre y cuando se evite la tendencia al sobreentrenamiento. La variedad suele añadir interés, asegura la novedad de la estimulación neuromuscular y puede reducir la posibilidad de estancamiento, si bien el entusiasmo que despierta puede provocar que aumente la intensidad o el volumen de entrenamiento hasta niveles inadecuados y, por tanto, produzca sobreentrenamiento. Como ya se ha tratado con anterioridad, las combinaciones de actividades predominantemente cardiovasculares como las carreras, el ciclismo o la natación de fondo –practicados con regularidad– con la halterofilia, el rugby u otros deportes puede ser contraproducente, ya que la resistencia muscular y la forma física cardiovascular pueden mejorar a costa de la fuerza, la masa muscular y la potencia. Algunos deportes interfieren con los componentes de la forma física y los patrones neuromusculares adquiridos en otros deportes. La máxima que alude a la necesidad de introducir una variación constante en el entrenamiento debe aplicarse con circunspección e inteligencia.

De forma parecida, un entrenamiento con pesos que no sea el adecuado y que emplee en su mayoría técnicas del culturismo puede ser perjudicial para los maratonianos o los deportistas de resistencia, sobre todo si no consigue aumentar la fuerza funcional relativa. La escasez en los gimnasios de especialistas en fuerza convenientemente preparados hace que el empleo incorrecto del entrenamien-

Urheberrechtlich geschütztes Material

to de resistencia suplementario sea una posibilidad real hasta entre los deportistas profesionales.

Los fisiólogos han empleado el término «cross training» durante muchos años para describir el entrenamiento mediante el cual, ejercitando un miembro se puede producir un efecto de entrenamiento en el otro miembro. El efecto de entrenamiento manifestado en un miembro (ipsolateral) mediante el ejercicio activo o incluso mediante manipulación pasiva se transmite al miembro opuesto (contralateral) por medio de las vías del sistema nervioso central. Aunque el efecto de fortalecimiento no es tan grande como en el miembro entrenado activamente, este efecto del «cross training» puede producirse y ser aplicado con utilidad en casos en los que el deportista no puede emplear un miembro debido a una lesión (Enoka, 1988).

Por lo que respecta a la etimología (estudio del origen de las palabras) y a la exactitud científica, sería preferible aplicar el término «cross training» como se hizo en sus orígenes, y que términos como entrenamiento combinado o entrenamiento complementario se emplearan para describir el acondicionamiento físico por medio de varios deportes y dentro de un único programa. En la actualidad, existe confusión al emplear el mismo término para definir dos conceptos distintos en la prescripción de ejercicio. Algunos autores se han apresurado a categorizar ciertos deportes como beneficiosos y otros como perjudiciales para ciertos deportes específicos. Sin embargo, esta estrechez de miras no consigue tener en cuenta el hecho de que todo programa de entrenamiento deportivo consta de fases diferentes que se superponen y de que cada una de ellas se concentra en desarrollar e integrar las distintas cualidades físicas. Por ejemplo, es erróneo calificar las carreras de cross como totalmente contraindicadas para los jugadores de rugby o fútbol americano. Aunque por regla general no es recomendable realizar actividades aerobias prolongadas durante la temporada de competición, pueden integrarse dentro del periodo fuera de temporada, ya que mejoran la vascularización periférica y la recuperación después de practicar un ejercicio intenso. De forma parecida, el entrenamiento con pesos no debe eliminarse del programa de entrenamiento de los corredores de fondo, porque tal vez sea útil para fortalecer ciertos músculos o para mejorar la resistencia muscular local.

Para emplear el crosstraining con eficacia y de forma adecuada, es esencial conocer la modelación de los deportes así como algunos de los distintos modelos de periodización diseñados por Matveyev, Vorobyev, Verkhoshansky, Bogdanov, Kuzwecov et al., cada uno de los cuales ha trabajado en Rusia y en Europa del Este con distintos tipos de deportistas. La mayoría de estos modelos comprenden una fase de preparación general, una fase de preparación específica, fases de transición, fases de estabilización, una fase de competición, fases de conversión, fases de mantenimiento y fases de reconstrucción (cap. 6). Una vez que se conocen estos principios, es posible seleccionar los distintos deportes y actividades secundarios que permitan aumentar cada fase de entrenamiento del deporte primario. Para conseguirlo hay que conocer con exactitud qué capacidades físicas (fuerza estática, fuerza dinámica, potencia, flexibilidad dinámica, resistencia muscular, etc.) son desarrolladas por los deportes suplementarios primarios y secundarios.

En este sentido, es importante recordar que la habilidad deportiva implica especialización del sistema fisiológico y especialización técnica (ver cap. 2). Por tanto, cualquier programa de «cross training» debe asegurar que mejora y no pone en peligro ninguno de estos procesos.

Algunas de las actividades secundarias pueden emplearse tanto para mejorar los efectos de entrenamiento de los deportes primarios como para ayudar a la recuperación y relajación después de un entrenamiento específico para el deporte primario. Al hacer esto, es muy importante prestar atención no sólo a los efectos físicos sino también a los psicológicos de las actividades secundarias.

Urheberrechtlich geschütztes Material

Por ejemplo, aprender a hacer resistencia contra cargas máximas durante el final de la fase fuera de temporada y al inicio de temporada puede mejorar la motivación global de un jugador de rugby o fútbol para alcanzar el alto nivel de tensión física y mental que necesita. La natación puede enseñar a un deportista a dominar los patrones respiratorios; la danza y la gimnasia deportiva, a dominar la coordinación y el equilibrio, y el karate o el boxeo a entrenar la velocidad de reacción, de la misma forma que el baloncesto o el salto de vallas ayuda a mejorar la potencia explosiva de las piernas. Incluso algunos juegos de ordenador pueden ayudar a mejorar la habilidad motriz y la velocidad de reacción.

Puesto que algunos entrenamientos con circuitos o con pesos son muy populares como actividad de «cross training», es muy importante destacar que la mayoría de las máquinas de pesas que se emplean en los centros deportivos constriñen la movilidad del cuerpo en una dirección fija y bidimensional, por lo que, si se usan regularmente, pueden interferir con los patrones neuromusculares tridimensionales característicos de todos los deportes e infrautilizar los músculos posturales o crear desequilibrios musculares entre los músculos agonistas y los antagonistas. De forma parecida, las máquinas isocinéticas de rehabilitación no desarrollan los patrones de activación muscular tridimensionales, excéntricos, concéntricos y explosivos necesarios en los deportes de competición. Deben emplearse sólo para aplicaciones limitadas y específicas durante los estadios iniciales de la preparación física general o durante la rehabilitación.

Al planificar cualquier tipo de actividad de «cross training», siempre es relevante plantear varias preguntas: ¿Esta actividad supondrá beneficios directos o indirectos para el deporte que practico? ¿En qué momento serán beneficiosas o perjudiciales otras actividades para el deporte que practico? y ¿No sería mejor pasar el tiempo entrenando con ejercicios específicos para ese deporte?

El «cross training» suele ser muy atractivo y popular entre periodistas y entrenadores, pero su éxito no es bajo ningún concepto tan sencillo como parecen dar a entender muchos entrenadores. Siendo como es uno de los conceptos más sofisticados de la preparación deportiva, requiere un conocimiento teórico extenso de todos los aspectos del acondicionamiento físico, años de experiencia práctica trabajando con distintos deportistas y una estrecha colaboración con expertos en distintos deportes.

ENTRENAMIENTO EN CIRCUITO

El entrenamiento en circuito ha vuelto a adquirir importancia como modalidad de entrenamiento en la gimnasia comercial en gran medida debido a las modas efímeras que surgen en los Estados Unidos como respuesta a los continuos cambios y apetencias de los clientes de los centros deportivos. Tanto instructores como clientes comienzan a estar aburridos de las clases de aeróbic tradicionales; el aerobic con baile es a menudo demasiado complicado para clientes impacientes o con mala coordinación; y el entrenamiento con pesos sigue confundiéndose con el culturismo y el desarrollo muscular. Por tanto, el entrenamiento en circuito se está abriendo paso en el mercado como un «nuevo» método de acondicionamiento físico.

El entrenamiento en circuito no es de ninguna manera un concepto nuevo. Tal y como se define hoy en día, parece haber sido formalizado por R. Morgan y G. Adamson en 1953 en la Universidad de Leeds en Inglaterra como un sistema que ejercita simultáneamente varios componentes físicos en vez de desarrollar la fuerza o la resistencia cardiovascular por separado.

En realidad, el entrenamiento en circuito es un tipo de «superseries» que ha sido empleado por los culturistas durante décadas (ver cap. 7). Se define como una actividad que requiere la alternancia de series entre dos (o un número menor) ejercicios diferentes. Por ejemplo, una superserie puede requerir hacer la serie 1 con press de banca, luego

Urheberrechtlich geschütztes Material

la serie 1 con sentadillas, luego una serie 2 de nuevo con press de banca, luego una serie 2 con sentadillas, y así sucesivamente hasta que se haya completado el número específico de series con ambos ejercicios. El circuito simplemente amplía la superserie de dos o más ejercicios a una secuencia de múltiples ejercicios.

El término «circuito» se refiere ahora a una colección de «estaciones», cada una de las cuales corresponde a un área, máquina específica o peso con los cuales se ha de ejecutar un ejercicio dado durante un tiempo concreto o con un cierto número de repeticiones. Las estaciones sucesivas requieren emplear unas máquinas de resistencia, bicicletas, minitramps, combas, barra de pesas o ejercicios libres como fondos, sentadillas o saltos.

El circuito moderno requiere que los deportistas se muevan con rapidez siguiendo un orden estipulado de una estación a otra a través de un circuito y repitan cierto número establecido de repeticiones, siendo su intención desarrollar la fuerza, la resistencia cardiovascular y la resistencia y flexibilidad musculares. Con frecuencia se emplea un sistema cronometrado con una alarma audible para indicar a los participantes cuándo deben apresurarse a la siguiente estación. En otros sistemas se prescribe cierto número de repeticiones para cada estación. Una característica a la que se ha hecho mucha publicidad es su capacidad para desarrollar todos estos factores de la forma física a la vez que disminuye el porcentaje de grasa corporal y mejora la forma física.

Lo que no se aprecia en general es el hecho de que la mayoría de los instructores se basan en sistemas de entrenamiento en circuito diseñados y pregonados por fabricantes de máquinas especiales y caras. Los vendedores de estos equipamientos, por razones obvias, no dicen que se pueden desarrollar circuitos con mucho éxito sin máquinas o con máquinas más baratas. Estos circuitos se pueden desarrollar incluso en pistas de atletismo, en parques, pasillos, en clases de aeróbic o en piscinas.

El objetivo del entrenamiento en circuito

Como ya hemos dicho antes, el entrenamiento en circuito es un sistema que tiene mucho éxito en el desarrollo de la salud en general. Sin embargo, esta afirmación no es tan precisa por lo que respecta a la mayoría de los circuitos comerciales, ya que las investigaciones han demostrado que sólo la mitad de las ventajas que dicen obtenerse con el acondicionamiento cardiovascular y de la fuerza se alcanza con el entrenamiento en circuito tradicional con pesos (ECP).

Se ha demostrado que los ECP que emplean combinaciones de máquinas de gimnasio con bicicletas estáticas o minitramps no pueden producir un acondicionamiento cardiovascular que rivalice con correr, hacer ciclismo y otras formas tradicionales de acondicionamiento cardiovascular. Además, debido a que los ECP suelen depender del uso de pesos ligeros y hacer muchas repeticiones, el incremento de fuerza y potencia es también muy limitado. Una revisión de los estudios muestra que los ECP no han sido estudiados en lo que respecta al desarrollo simultáneo de la fuerza, la resistencia muscular, la flexibilidad y la forma física cardiovascular. Virtualmente, las únicas ventajas importantes de la mayoría de los circuitos comerciales son un desarrollo modesto de la resistencia muscular local, una moderada disminución del porcentaje de grasa corporal y una mejora moderada de la forma física cardiovascular.

La alternancia del entrenamiento convencional con pesos un día y el entrenamiento de resistencia otro día produce mejores resultados que el circuito de entrenamiento tradicional en cuanto a la fuerza y la resistencia cardiovascular. El entrenamiento es muy específico y, si uno quiere mejorar la fuerza, tiene que hacer un entrenamiento de fuerza de gran intensidad con un entrenamiento aerobio prolongado mínimo, ya que este último tiende a disminuir la fuerza. De forma parecida, el rendimiento aerobio mejora con un entrenamiento aerobio específico de larga duración. El entrenamiento aeróbico con

Urheberrechtlich geschütztes Material

respecta a la posición de las articulaciones, siendo pocas las posibilidades de hacer estiramientos previos antes de empezar a hacer fuerza. En este sentido, la mayoría de las máquinas de press de banca, press sentado, press de piernas sentado, extensión de piernas y pec decks son malas. Por esta razón se recomienda tener un compañero en el entrenamiento que sostenga los agarres de la máquina en la posición que exija mayor esfuerzo o que ayude al deportista a estabilizarse antes de empezar a ejecutar los movimientos, sobre todo si hay que ir contra el reloj en un circuito. Al contrario de lo que afirman los fabricantes de máquinas, es necesario que haya alguien vigilando o un compañero para completar segura y eficientemente el circuito.

Factores como los arriba mencionados deben tenerse muy en cuenta al diseñar cualquier circuito, si bien es incluso más importante conocer los puntos fuertes y débiles y los peligros de cada uno de los aparatos de un circuito específico. En el entrenamiento en circuito continuo (ECC), posiblemente más que en los entrenamientos tradicionales con pesos, es importante monitorizar constantemente el estado cardiovascular, ya que aquél obliga a los participantes a trabajar contra reloj, con lo cual aparecen el cansancio, los descuidos y empeoran las capacidades técnicas. Por otra parte, los periodos de descanso y las cargas pesadas característicos de los entrenamiento en circuito con intervalos (ECI) obligan a emplear una técnica y un estilo más correctos de ejecución.

Diferencias entre los circuitos «aerobios» y «anaerobios»

Otra circunstancia fundamental que hay que tener en cuenta al organizar un circuito es si impone exigencias aerobias o anaerobias a los participantes. Como ya se dijo con anterioridad, todos los circuitos cardiovasculares se agrupan en la categoría de ECC (entrenamiento en circuitos continuos), aunque ya se ha demostrado que el entrenamiento en circuito tradicional con pesos (ECP) es sólo relativamente eficaz para mejorar el acondicionamiento cardiovascular. Un circuito aerobio de verdad comprende el empleo predominante de aparatos de resistencia muy lentos o la ejecución de movimientos rítmicos prolongados como el trote, el *skipping*, el ciclismo y la natación.

Al contrario que los circuitos aerobios, los circuitos anaerobios pueden ser ECC (continuos) o ECI (con intervalos), generando los primeros mucha resistencia muscular, mientras que las variaciones de los segundos desarrollan fuerza, potencia, resistencia muscular, velocidad o flexibilidad.

A continuación damos unas pautas generales para emplear los distintos tipos de circuito, si bien hay que recordar que interviene cierto grado de individualidad y que no se pueden dar cifras concretas que sean universalmente apropiadas para todo el mundo (ver tabla 1.1 para más información).

Los circuitos cardiovasculares (aerobios) suelen caracterizarse por:

- Una actividad continua o con intervalos muy breves entre el paso de una estación a otra.
- Alternancia de actividades aeróbias (ciclismo, trote sobre el mismo sitio o *skipping*) entre las estaciones de resistencia.
- Un número bastante alto de repeticiones en cada estación de resistencia (20-40).
- Una resistencia relativamente baja en las estaciones con resistencias (por lo general no más de un 30% de 1RM).
- Muchas vueltas en torno al circuito (5-10).

Los circuitos anaerobios, por su parte, se caracterizan por:

- Intervalos de descanso entre las estaciones para permitir cierto grado de recuperación (1-4 minutos).
- Menos estaciones aerobias y más estaciones anaerobias.

Urheberrechtlich geschütztes Material

- la inclusión de ejercicios híbridos (ver cap. 7) en algunas estaciones;
- la sustitución de las estaciones más exigentes por otras más ligeras;
- el cambio del tipo de contracción muscular (concéntrica, isométrica o excéntrica) en cada estación;
- el incremento del ritmo de trabajo, monitorizando la frecuencia cardíaca y el índice de esfuerzo percibido (cap. 1).

Por lo general, hay que incrementar la duración de los circuitos hasta alcanzar un máximo de 1 hora en el caso de los circuitos ECC; y aumentar la resistencia de los circuitos de fuerza ECI (como se dijo arriba). En el último caso, el incremento de la resistencia precisa una disminución del número de repeticiones y un incremento de la duración de los intervalos de descanso entre las estaciones sucesivas. En esencia, hay dos formas de prescribir las cargas de entrenamiento que se emplean en un programa de entrenamiento con resistencia o con circuitos:

- cierto porcentaje de 1RM, 6RM o 10RM (sistema ruso);
- cierto número de kilogramos por debajo de 1RM, 6RM o 10RM (sistema búlgaro).

Ambos sistemas tienen sus propios méritos y deficiencias, si bien los deportistas tienden a actuar pensando sobre todo en pesos y porcentajes reales, por lo que el segundo método es más intuitivo y, por lo general, más fácil de calcular mentalmente.

Ambos sistemas tienen la desventaja de basarse en pruebas hechas a los deportistas con un esfuerzo máximo de 1, 6 o más repeticiones. Las pruebas de esfuerzo máximo con tapiz rodante, ergómetros, máquinas o pesos libres no suelen ser recomendables para los principiantes. Debe introducirse una fase previa a la prueba para enseñar a los principiantes la técnica necesaria para emplear el aparato de la prueba o para adaptarse a la naturaleza específica de estos esfuerzos físicos nuevos. Es preferible comenzar con cargas muy ligeras con las que los principiantes puedan acabar los ejercicios sin someterse a un esfuerzo indebido, para lo cual hay que prescribir programas en los que se vayan añadiendo a la carga inicial cargas de 5 kg, 10 kg y así sucesivamente. Después de unas tres semanas de fase previa a la prueba, los principiantes pueden intentar realizar 6RM o 10RM. Tras varios meses, ya no entrañará ningún peligro intentar 1RM si es necesario.

Como ya se dijo con anterioridad, un método popular para incrementar el nivel de los circuitos aerobios consiste en la prescripción como objetivo de una frecuencia cardíaca final:

- 40-50% de la frecuencia cardíaca máxima recomendada (p. ej., 220 - edad) en los circuitos para principiantes;
- 50-65% (220 - edad) en los circuitos de nivel intermedio;
- 65-80% (220 - edad) en los circuitos de nivel avanzado.

A veces se emplea otro sistema para seleccionar la carga que hay que aplicar en los circuitos ananaerobios. El cliente comienza familiarizándose con los ejercicios ejecutándolos durante unas semanas fuera del contexto del circuito antes de someterse a la prueba con 10RM, 5RM o 1RM. A continuación pasa a realizar el circuito, empleando cargas seleccionadas de acuerdo con el siguiente esquema, que es aplicable a muchos de los programas diseñados para mejorar moderadamente la resistencia muscular y el rendimiento cardiovascular:

- 40-50% de 10RM para los principiantes;
- 40-50% de 5RM para los de nivel intermedio;
- % de 1RM para los de nivel avanzado.

En el caso de los deportistas de elite o en los circuitos de fuerza puede usarse hasta un 80% de 1RM.

Urheberrechtlich geschütztes Material

El empleo de estas cargas como guía para la prescripción de ejercicio es útil, si bien hay que tener en cuenta siempre las variaciones individuales, y debe monitorizarse regularmente el estado del deportista después del ejercicio (por lo que se refiere al cansancio, a la sensibilidad dolorosa de los músculos y otros factores tratados en cap. 8).

Circuitos fundamentales

Hay un sinfín de posibilidades a la hora de diseñar cada uno de los distintos tipos de circuitos, sean circuitos cardiovasculares, de fuerza, de resistencia, de flexibilidad, etc. Esta sección sirve para ilustrar unas cuantas formas de establecer circuitos con muy distintos propósitos.

Por ejemplo, un único circuito puede satisfacer al mismo tiempo las necesidades de deportistas principiantes, otros con nivel medio y otros con nivel avanzado (fig. 5.20). El principiante puede trabajar el doble pasando de A a B; tras una semana o dos, puede hacer 3 veces esta porción del circuito; y finalmente puede incrementar el número de vueltas hasta 6, dependiendo del número de estaciones implicadas. En el nivel intermedio se pueden añadir unas cuantas estaciones más para que los participantes tengan que trabajar de 3 a 6 veces en el circuito de A a C. De forma parecida, se pueden añadir aún más estaciones para el circuito avanzado y los participantes habrán de realizar de 3 a 5 vueltas en el circuito de A a D, según el número total de estaciones. La progresión se hace en cada circuito incrementando la carga, las repeticiones, la duración, etc.

No es necesario confinar los circuitos a los gimnasios o a pistas de altletismo; algunas estaciones pueden realizarse en torno a una piscina, mientras que otras pueden hacerse en el agua, nadando en distintos estilos, empleando las piernas o los brazos solos o realizando ejercicios de pie en el agua contra la resistencia ofrecida por ésta (fig. 5.21). Los circuitos combinados de agua y tierra son apropiados si la temperatura del agua y su limpieza son aceptables para los deportistas. Lamentablemente, los análisis aleatorios muestran que el contenido en orina de las piscinas de los centros médicos aumenta rápidamente cuando se emplean a diario para sesiones de aeróbic acuático. En estos casos. es esencial el cambio regular del agua de las piscinas.

Una de las ventajas de hacer ejercicio en el agua es que la resistencia ofrecida por ésta se incrementa con la velocidad de movimiento (en realidad, el cuadrado de la velocidad). Puesto que la resistencia al movimiento es también directamente proporcional al área del miembro desplazado contra el agua, la resistencia puede aumentar de forma sencilla cerrando la mano o poniéndose paletas en las manos o en los pies. Además, la flotabilidad del agua permite minimizar los efectos de la gravedad y, por tanto, la producción de movimientos que generen impactos fuertes y discordes, o bien las caídas accidentales. Las figuras 5.21 y 5.22 muestran la distribución general de los circuitos de agua y tierra típicos, mientras que la figura 5.23 ofrece la distribución específica de un circuito de agua y tierra.

Las estaciones en tierra suelen comprender el empleo de pesos libres o máquinas y la ejecución de ejercicios aerobios, mientras que las estaciones acuáticas suelen constar de movimientos en distintos estilos, andar por el agua, dar saltos, caminar, correr y practicar distintos movimientos aerobios o acciones de natación sincronizadas. Se pueden emplear sonidos musicales, bocinas u órdenes verbales (por ejemplo, grabaciones con música de fondo) para completar el profesionalismo del circuito. No hay que olvidar que, al igual que se emplea una secuencia lógica y segura para el entrenamiento de resistencia en los gimnasios, los circuitos combinados de agua y tierra también deben seguir unas pautas similares. Además, a veces los deportistas se ven incapaces de pasar de las estaciones de agua a las de tierra porque es poco aconsejable que los deportistas vayan chorreando agua al hacer ejercicios en el suelo o en un aparato de gimnasio.

Urheberrechtlich geschütztes Material

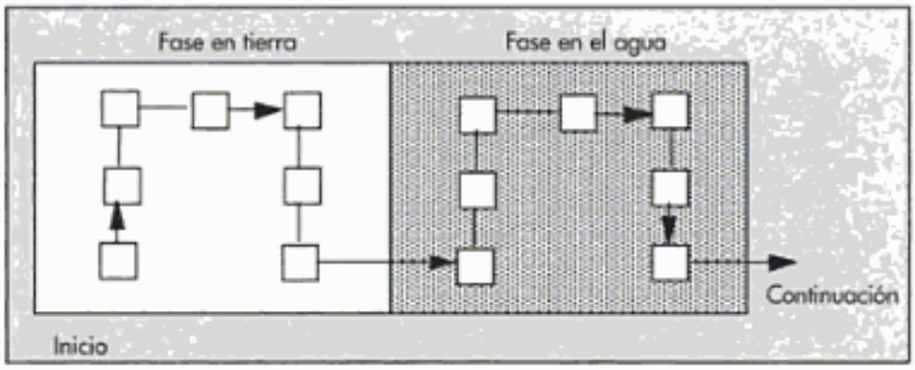


FIGURA 5. 22 *Un ejemplo de un circuito combinado de agua y tierra con fases separadas en la tierra y en el agua.*

una estación aerobia, seguida de una sucesión de estaciones de resistencia, también preferiblemente secuenciadas de acuerdo con el principio de Setchinov.

Otra secuencia equilibrada es la que aparece en la figura 5.27, en la que a una estación aerobia le siguen dos estaciones de resistencia, alternando esta última con ejercicios para las partes superior e inferior (o anterior/posterior, derecha/izquierda, etc.) del cuerpo. Otra distribución puede constar de una estación aerobia seguida de tres estaciones de resistencia (fig. 5.28); otras incluyen estaciones libres de pie con ejercicios como flexiones de bíceps, sentadillas o tríceps en barras paralelas; la lista es virtualmente inacabable.

Sistemas de clasificación de circuitos

La mayoría de los circuitos comerciales comprenden un método lineal o circular, tradicional y muy poco original de movimientos en torno a un circuito durante un número fijo de series.

Cuando el enfoque de los sistemas, adaptado de las matemáticas aplicadas, se aplica a un circuito de entrenamiento, entonces son posibles muchas variaciones de cualquier distribución específica de las estaciones. El enfoque tradicional requiere que se proceda de la estación inicial a la estación terminal durante cierto número de series, sin volverse atrás, sin omitir estaciones o alterar la secuencia de éstas, sin cambiar de equipamiento, sin emplear distintas velocidades de movimiento o periodos de tiempo en cada estación, sin cambiar el patrón de los ejercicios en cada estación ni cambiar los tipos de contracción muscular en cada estación.

La clasificación y el diseño

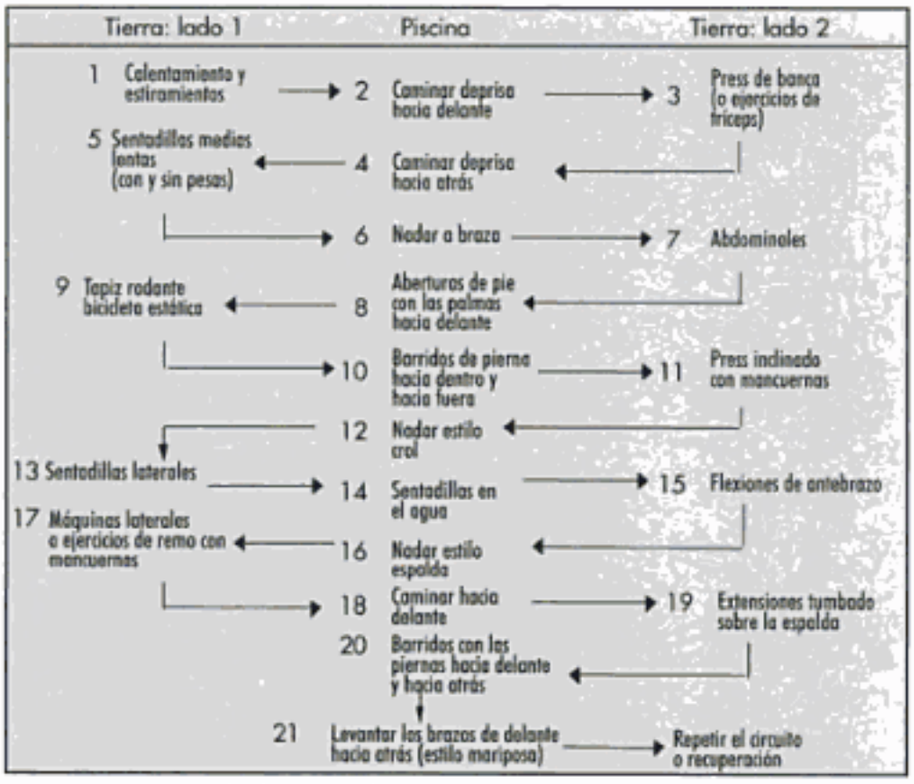


FIGURA 5.23 *Ejemplo de circuito de agua y tierra típico con alternancia de estaciones en tierra y en agua. Las estaciones de resistencia en tierra, si se desea, se reemplazan por ejercicios libres realizados de pie.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

cuitos económicos se pueden ejecutar tanto en un local como al aire libre, en tierra o en agua, para ofrecer unas instalaciones para el entrenamiento en circuito adecuadas para personas que de otro modo no podrían permitírselo. Esto tiene especial importancia en los países del Tercer Mundo, cuyas poblaciones, si pocas veces se pueden permitir comprar una máquina, mucho menos toda una serie de ellas para escuelas o clubes.

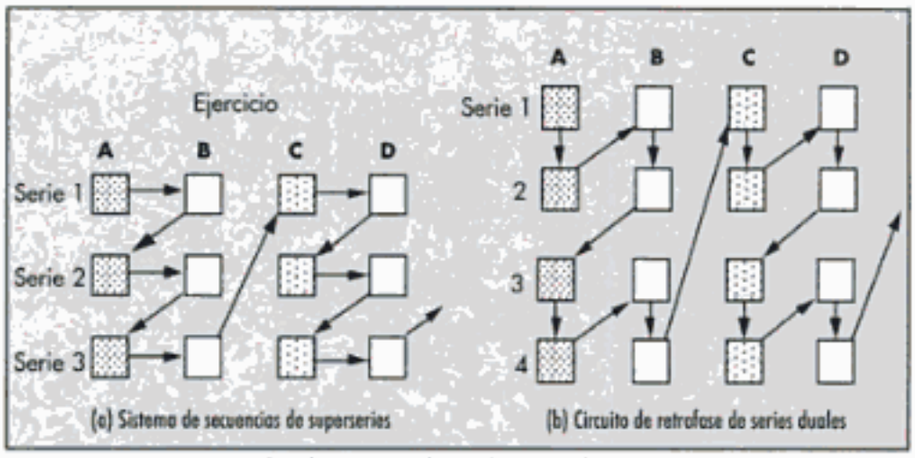


FIGURA 5.31 *Más ejemplos de circuitos de nivel avanzado.*

Todos los circuitos deben realizarse de forma que mejoren la resistencia y la definición musculares mediante el empleo de la técnica de descarga continua y progresiva a la cual los culturistas denominan *stripping* (pirámide doble). Este método exige que el entrenador trabaje a partir de una pirámide y luego de una pirámide invertida desde unas pocas repeticiones máximas (ver cap. 7).

Por ejemplo, se ejecuta una pirámide doble con press de banca mediante una pirámide que se inicia con 10 repeticiones con 60 kg. hasta llegar a 6 repeticiones con 100 kg (ver cap. 7) A continuación se vuelve a poner la barra de pesas en el soporte un momento para que el compañero pueda quitar dos pesas de 5 kg y disminuir la carga a 90 kg. Sin pausa alguna, se continúa hasta volver a fallar un intento con esta carga; se vuelve a poner la barra en los soportes y la carga se deja en 80 kg. Una vez más se continúa el ejercicio hasta fallar un intento. El compañero reduce la carga a 70 kg, y así sucesivamente hasta haber completado el número de series prescritas. Por supuesto, la pirámide doble se puede hacer con mayor rapidez usando máquinas con selector de peso o con resistencia de aire comprimido. También se pueden hacer series de pirámides dobles en solitario, pero el hecho de que se trabaje hasta fallar un intento hace aconsejable el que haya un compañero vigilando por los alrededores.

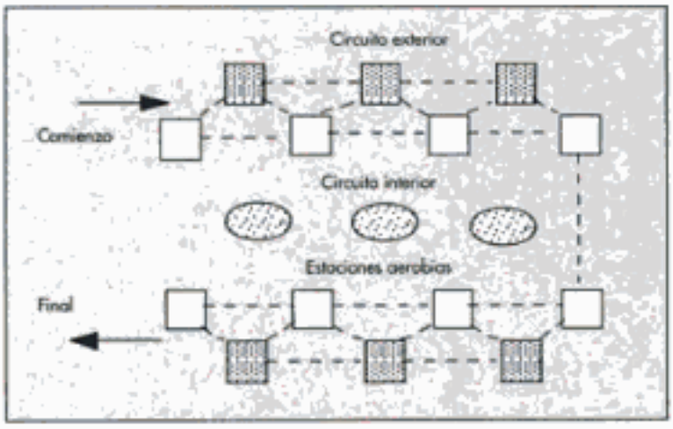


FIGURA 5.32 *Ejemplo de un circuito escalonado.*

Un circuito de pirámide doble sugiere que hay que hacer el circuito mediante una pirámide ascedente hasta llegar, por ejemplo, a 6RM o 10RM en cada estación, para luego ir disminuyendo la carga y hacer repeticiones hasta fallar una en cada estación y llegar a completar el número de circuitos prescrito. Según el ejercicio, se suelen quitar 10 kg cada vez.

Además, también es posible introducir series de repetición variable o intervalos variables en un circuito. En cada serie se ejecutan distintos números de repeticiones no sólo con cargas diferentes, sino también con la misma carga, o los aparatos cronometradores se adaptan para cambiar el periodo destinado a cada estación. Si el tiempo se controla con un ordenador, es fácil programar distintos tiempos para cada estación, distintos periodos de descanso y

TABLA 5.4 *Ejemplos de dos circuitos básicos que prácticamente emplean los mismos ejercicios.*

CIRCUITO A	CIRCUITO B
1. Bicicleta estática (12 minutos)	1. Bicicleta estática (4 minutos)
2. Press con mancuernas y de pie	2. Press con mancuernas de pie
3. Trotar sobre una colchoneta	3. Medias sentadillas
4. Extensiones de pierna	4. Press de banca
5. Bicicleta estática	5. Flexiones de piernas
6. Press de banca	6. Flexiones de brazos o fondos
7. Trotar sobre una colchoneta	7. Extensiones de piernas
8. Flexiones de piernas	8. Remo al pecho
9. Flexiones de brazos o fondos	9. Extensiones de tronco
10. Bicicleta estática	10. Descensos laterales contra una resistencia
11. Remo al pecho	11. Sentadillas
12. Sentadillas	
13. Bicicleta estática	
14. Descensos laterales contra una resistencia	

tiempos decrecientes o crecientes para cada vuelta dada al circuito.

Se puede establecer un circuito de clases de aeróbic sin necesidad de que haya estaciones fijas extendidas por todo el gimnasio. El instructor puede organizar la clase de forma que cada persona haga una secuencia de ejercicios libres de pie o movimientos con pesos ceñidos a los tobillos o a las muñecas según la estructura del enfoque, como los que aparecen ilustrados en las figuras 5.21-5.24. En vez de seguir el enfoque tradicional consistente en hacer cada ejercicio hasta completarlo con varias docenas de repeticiones, se ejecuta una secuencia de series, por ejemplo, diez ejercicios para un número fijo de vueltas en torno al circuito. Las clases de aerobic suelen consistir en dos o tres circuitos discretos que se realizan en una misma sesión, dependiendo del nivel de condición física general de los participantes. En tal caso, el circuito 1 puede ser de flexibilidad; el circuito 2, de resistencia muscular, y el circuito final, aerobio.

Comentarios a modo de conclusión

El objetivo de la información que hemos presentado ha sido evaluar los méritos y limitaciones de los circuitos tradicionales con el fin de que pueda desarrollarse un concepto más útil y completo del entrenamientos en circuito continuos y con intervalos. Lo aquí expuesto de ninguna manera agota el repertorio completo de aplicaciones teóricas y prácticas, pero aporta material suficiente para permitir que los instructores creen programas de entrenamiento en circuito apropiados, eficaces, seguros y divertidos.

Quizás sea necesario dar un último consejo a los instructores. El diseño de todo programa de entrenamiento en circuito queda completo cuando se presta atención a una sola sesión. Se ha de diseñar un programa a largo plazo en el que se modifiquen el tipo, la duración, la intensidad y la complejidad de cada circuito para facilitar el desarrollo de los factores de la condición física necesarios. En concreto, los principios de la supercompensación y la periodización deben aplicarse para asegurarse de que el progreso se optimiza y disminuye el número de lesiones. Por ejemplo, sería recomendable asegurarse de que haya alternancia entre los circuitos fuertes y ligeros, haciendo provisión de medios adecuados de recupe-

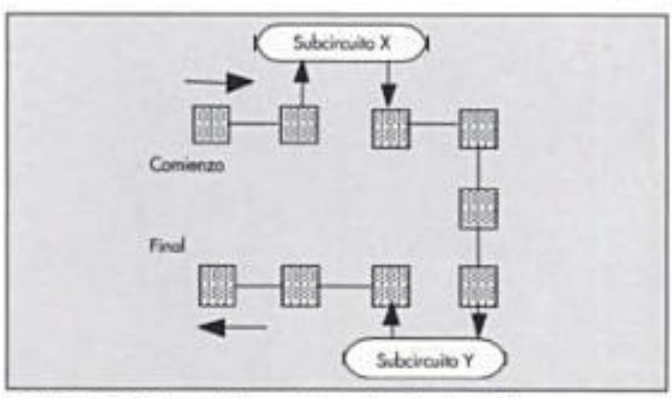


FIGURA 5.33 *Ejemplo de un típico circuito desviado.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

CAPÍTULO 6

Programación y organización del entrenamiento

DESARROLLO DE LA ORGANIZACIÓN DEL ENTRENAMIENTO

La organización del entrenamiento es hoy en día fundamental en todos los deportes de alto nivel y es responsable del rendimiento excepcional de los deportistas modernos. La necesidad de contar con una buena organización en el desarrollo de la condición física no es nueva, ya formaba parte esencial de la preparación bélica de muchas civilizaciones antiguas, tal es el caso de China, Grecia y Roma, ya que la capacidad de supervivencia dependía en gran medida de la preparación militar de sus ejércitos (ver cap. 1). En el contexto de los deportes formalizados, los griegos, hace más de dos mil años, se preparaban para los Juegos Olímpicos asignando un periodo de entrenamiento preparatorio de al menos 10 meses por año.

La organización del entrenamiento en fases de distintos tipos de ejercicios ejecutados con intensidad y volumen variables es, sin embargo, un proceso mucho más reciente que adquirió un gran impulso a comienzos del siglo XX cuando los investigadores comenzaron a estudiar la fisiología y psicología humanas con un entusiasmo que sigue sin decaer. Científicos como Pavlov estudiaron la forma en que el cuerpo se adapta a los estímulos medioambientales, y la idea del acondicionamiento pronto pasó a formar parte integral sobre el conocimiento de la adaptación.

Las bases de la organización y periodización actuales del entrenamiento en la Unión Soviética se establecieron en los tiempos de la Revolución rusa. Uno de los primeros libros sobre el tema fue escrito por Kotov [Olympic Sport (Deporte olímpico), 1917], quien consideraba apropiado dividir el entrenamiento en tres estadios: uno general, otro preparatorio y otro específico. El estadio general se encaminaba al desarrollo de los sistemas vegetativo (cardiovascular-respiratorio) y muscular, mientras que el entrenamiento preparatorio, de unos dos meses de duración, se consagraba a mejorar la fuerza y resistencia musculares. El estadio específico se empleaba para preparar a los deportistas para una prueba deportiva específica, dividiéndolo en dos partes: entrenamiento inicial y entrenamiento principal, ambos de unos cuatro meses de duración, a pesar de lo cual la metodología global de la perio-

Urheberrechtlich geschütztes Material

dización en forma de ciclos definidos para los distintos tipos de entrenamiento aún brillaba por su ausencia.

Los pasos preliminares encaminados a establecer esta metodología se dieron pocos años después con la aparición de dos libros: *Scientific Foundations of Training* (Fundamentos científicos del entrenamiento) de Gorinewsky (1922) y *The Basis of Training* (Las bases del entrenamiento) de Birsin (1925). Algunas de las primeras aplicaciones prácticas de la periodización fueron hechas por Vsorov en el atletismo [*Basic Principles of Training Athletes* (Principios básicos del entrenamiento de deportistas), Moscú, 1938], por Bergman en el esquí [*Training Programmes and Periods of Training in Skiing* (Programas y periodos de entrenamiento para el esquí), Moscú, 1938], por Korijakovsky en la gimnasia deportiva (*Gymnas-tics*, Moscú, 1938), por Gradopolov en el boxeo [*Manual of Boxing* (Manual de boxeo), Moscú, 1938] y por Shuvalov en los deportes acuáticos [*Swimming, Waterpolo, Diving* (Natación, waterpolo, salto de trampolín), Moscú, 1940].

En Finlandia, Pikhala ya había publicado su tratado *Athletism* (Atletismo) (1930), donde establecía una serie de principios básicos, en especial la prevención del sobreentrenamiento mediante la aplicación de una curva ondulada de entrenamiento que alternaba periodos de trabajo y de descanso. Como muchos otros autores de su tiempo, su planificación se basaba más en la importancia tradicional de las estaciones climáticas que en las fases cuantitativamente determinadas por las cargas.

En torno a la misma época, los hallazgos de las investigaciones y la experiencia práctica de los deportistas se fundieron en un artículo escrito por Grantyn: «Contenidos y fundamentos generales de la preparación del entrenamiento» (*Teoriya i Praktika Fizischeskoi Kulturi*, Moscú, 1939: 7). En dicho artículo el autor dividió el ciclo del entrenamiento anual en tres periodos: preparatorio, principal y de transición, constando este último de dos estadios: un estadio de desentrenamiento gradual para llegar al descanso, y un estadio de descanso activo con métodos de preparación física de intensidad reducida. Se recomendaba la práctica de otros deportes, como la gimnasia deportiva y el jogging, por ser apropiados para el periodo de transición, con lo cual y por consiguiente, ya se sugería el papel del «entrenamiento combinado» como una forma de recuperación y precedía en muchas décadas a la idea comercial del «cross training».

Ozolin, en su libro *Training the Athlete* (Entrenamiento del deportista) (Moscú, 1949) subrayó la importancia de tener en cuenta el calendario de las competiciones y los factores climáticos a la hora de diseñar la periodización. En su libro también subraya que el reposo activo debe formar parte integral de la fase de transición con el objeto de mantener y mejorar la preparación. Otra contribución al tema fue la de Letunov, quien escribió un artículo: «Meditaciones sobre la formulación sistemática del entrenamiento» (*Sovietsky Sport*, 1950: 125) en donde se criticaba acerbamente la formulación de programas de entrenamiento únicamente sobre la base del calendario de competición. Señaló que los estadios del entrenamiento eran una consecuencia de los procesos biológicos, si bien no supo apreciar que dichos procesos, a su vez, podían modificarse con las cargas de entrenamiento.

En Inglaterra, Dyson fue unos de los primeros occidentales que divulgaron la periodización aprovechando su conocimiento de los métodos de entrenamiento occidentales y orientales para escribir su manual *A New System of Training* (Un nuevo sistema de entrenamiento) (1946), en el cual delineó un sistema de periodización de cinco fases para los deportes:

1. Un periodo preparatorio fuera de competición que comprende actividades tales como carreras y trabajo en gimnasio (5 meses).

2. Un periodo pre-competitivo, donde comienza la preparación específica (1 mes).

3. Un periodo competitivo inicial (6 semanas).

Urheberrechtlich geschütztes Material

4. Un periodo competitivo principal (6 semanas).
5. Un periodo post-competitivo (6 semanas).

Formas de organizar el entrenamiento

Tal vez este resumen sobre el nacimiento de la periodización como medio de organizar el entrenamiento dé la impresión de que la periodización es el único tipo de organización que existe, lo cual no es en absoluto cierto, pues hay numerosas formas de preparar a los deportistas para la competición. El entrenamiento en todos los deportes debe realizarse según los términos de dos amplias categorías generales:

- Empleo de un solo deporte para desarrollar la forma física para ese deporte.
- Empleo del deporte y de actividades suplementarias para desarrollar la forma física para ese deporte.

En el primer caso, el entrenamiento se vale del deporte como entidad completa y de los distintos aspectos del deporte para mejorar la forma física, como ocurre con los movimientos y modelos seleccionados del deporte. En el segundo caso, actividades suplementarias como el entrenamiento de resistencia, las carreras y los saltos se emplean para desarrollar las cualidades físicas más importantes (p. ej., la velocidad, la fuerza-velocidad o la resistencia muscular) exigidas por el deporte. Hoy en día, la idea del «cross training» en combinación con otros deportes es habitual para lograr este objetivo. La mayor parte del entrenamiento suplementario suele realizarse antes de que comience la temporada competitiva y empleando intermitentemente ese entrenamiento en dosis pequeñas con el fin de mantener las cualidades físicas específicas. Ambas categorías de entrenamiento requieren cierto tipo de organización, uno de los cuales es la estricta dependencia de la periodización.

Sea cual sea el sistema de organización elegido, la recuperación y el esfuerzo óptimo son el principio subyacente que hay que aplicar (ver cap. 1). Ello supone diseñar un programa de entrenamiento físico que someta el cuerpo a un esfuerzo de tal forma que genere la forma adecuada de adaptación supercompensadora, que se ve facilitada por el empleo habitual de medios de recuperación que optimizan el proceso y por la mejora constante de la capacidad motriz mediante la estimulación nerviosa. Cada estímulo del entrenamiento actúa imponiendo un esfuerzo que genera una respuesta aguda (a corto plazo) y otra retardada. Si el estímulo tiene una intensidad y duración adecuadas; si las medidas para la recuperación son adecuadas y los estímulos subsiguientes (en el entrenamiento, microciclo o mesociclo) se aplican durante el periodo más ventajoso de la curva de recuperación del esfuerzo, entonces se producirán una supercompensación y una adaptación en un nivel superior de rendimiento.

La división del año deportivo en una fase preparatoria y otra competitiva surgió de la experiencia de entrenadores y deportistas, pero crea la falsa impresión de que no hay preparación alguna durante la fase competitiva, y de que no hay competición durante la fase preparatoria. En los deportes de equipo o en el atletismo, la temporada se suele prolongar tanto que no siempre se puede aplicar esta distinción con claridad. Las competiciones pueden servir como una forma de prueba, de entrenamiento controlado o de preparación específica; y lo que es más, hay fases de transición habituales entre los estadios preparatorios y las competiciones a lo largo de la temporada cuando ésta se alarga.

También es engañoso afirmar categóricamente que existe un modelo de entrenamiento generalizado para cada deporte. En todas las disciplinas científicas es posible aplicar varios modelos que dependen de muchos factores, como la situación, el deportista, las variables y el periodo. La programación moderna y eficaz es una ciencia y un arte que requiere creatividad, flexibilidad, individualidad y muchos conocimientos. También debe haber planes de contingencia para enfrentarse a situaciones ines-

Urheberrechtlich geschütztes Material

peradas e imprevistas como son las lesiones, la pérdida de motivación, un estancamiento prematuro, cambios en las reglas, cambios en la competición y los traumas personales.

El cumplimiento del principio de la especificidad (ver cap. 1) es imprescindible para que el entrenamiento tenga éxito, porque el entrenamiento deportivo-específico de gran intensidad en circunstancias competitivas (conocido como entrenamiento específico para pruebas) forma parte integral del programa tanto en la fase preparatoria como en la fase de competición. Los entrenamientos conservadores son inadecuados en la fase preparatoria y en el comienzo de la fase competitiva, porque deliberadamente evitan las situaciones competitivas que exigen grandes esfuerzos en su intento por generar una supercompensación máxima con un número mínimo de lesiones antes de llegar a una fecha específica. Parte de la preparación deportivo-específica consiste en entrenar en condiciones que reproduzcan las de la competición real para que el deportista sepa hacer frente eficazmente a las exigencias de la competición.

El equilibrio preciso entre el entrenamiento general y los entrenamientos deportivo-específico y competitivo-específico se determina con el tipo de deportista y de deporte. Por ejemplo, el entrenamiento suplementario (deportivo-específico y general) para deportes de fuerza y fuerza-velocidad debe constituir en torno a un 50-60% del trabajo total, mientras que en las pruebas de resistencia y fondo, este tipo de entrenamiento no debe pasar del 20-30% de la carga de trabajo.

Un número considerable de investigaciones, así como la experiencia atesorada respecto al tema, demuestran que recurrir a un solo deporte para desarrollar las cualidades deportivas es mucho menos eficaz que el sistema integrado compuesto por un deporte y un entrenamiento suplementario. Las formas principales de aplicar este último sistema son:

- Un entrenamiento suplementario no cuantitativo compuesto de ejercicios preparatorios generales precede al periodo de competición, durante el cual predominantemente se realiza un entrenamiento específico para pruebas. No se realizan cálculos de la intensidad o el volumen del entrenamiento para la prescripción de los estadios de entrenamiento, si bien los resultados deportivos o las 1RM se pueden emplear para modificar el programa.
- Un entrenamiento suplementario no cuantitativo compuesto de una fase preparatoria general y una fase preparatoria especial precede a la fase competitiva, y se realiza predominantemente un entrenamiento específico para pruebas. No se hacen cálculos sobre la intensidad o el volumen de entrenamiento con el fin de prescribir y monitorizar los distintos estadios, si bien los resultados deportivos y las 1RM pueden emplearse para modificar el programa.
- Se aplica cierto tipo de periodización a largo plazo. Se hacen cálculos de la intensidad y el volumen de entrenamiento para asegurarse de que se logran ciertos objetivos en el rendimiento durante estadios concretos del programa a largo plazo.

LA PERIODIZACIÓN COMO FORMA DE ORGANIZACIÓN

Tal y como se ha definido brevemente en los primeros capítulos, la estructuración general cíclica a largo plazo del entrenamiento y de las prácticas con el objetivo de mejorar el rendimiento y hacer que coincida con las competiciones importantes recibe el nombre de periodización (ver cap. 1, y 5).

Definiciones y conceptos fundamentales

Sin contar con conocimientos sobre los distintos tipos de organización y periodización que durante años se han utilizado en Rusia y en la Europa del Este, sigue siendo impreciso y provisional el diseño de un sistema seguro y eficaz de «cross trai-

Urheberrechtlich geschütztes Material

ning». Todo entrenamiento se organiza en términos de unidades estructurales básicas, a saber, sesión de entrenamiento (unidad fundamental), día de entrenamiento, microciclo, mesociclo, macrociclo, ciclo olímpico (o cuatrienal) y ciclo multianual. El microciclo comprende un número de sesiones de entrenamiento que forman una unidad recurrente en un periodo de varios días. Su contenido mínimo consta de dos tipos distintos de sesión de entrenamiento. El día de entrenamiento comprende una o más sesiones interrelacionadas, en las cuales los halterófilos búlgaros suelen hacer más de 5 sesiones al día, seis días a la semana. Mientras el mesociclo consta de un número de microciclos que sirven de unidad recurrente a lo largo de un periodo de varias semanas o meses, el macrociclo (que consta de una única temporada competitiva) comprende un número de mesociclos que cubren un periodo de muchos meses. El programa multianual consta de un periodo superior al ciclo olímpico.

Cuantitativamente, los microciclos suelen tener una duración de 5 a 10 días; el mesociclo, de 1 a 4 meses, y el macrociclo, de 10 a 12 meses. A veces se usa también el término «gran macrociclo» para referirse, por ejemplo, al periodo de entrenamiento de cuatro años entre los Juegos Olímpicos, o a los años necesarios para elevar el nivel de capacidad de un deportista desde un nivel a otro más alto. El programa multianual puede incluir este último tipo de macrociclo, pero, por lo general, se refiere a la organización a largo plazo de la carrera de un deportista júnior o sénior en el lapso de tiempo que abarca su vida competitiva. Normalmente se reconoce la existencia de tres fases principales en todo entrenamiento: la preparación, la competición y la post-competición.

Los contenidos y las características de cada ciclo se determinan con los resultados o fines específicos que se desean alcanzar al final del ciclo. Hay que ser extremadamente cuidadoso para no diseñar unidades o programas de entrenamiento que intenten desarrollar cualquier tipo de capacidad motriz o forma física que interfieran unas con otras, tal y como se trató con anterioridad. A veces, el entrenador también intenta desarrollar muchos o demasiados tipos de condición física necesarios para un deporte concreto, y, por lo tanto, contraviene el principio de heterocronicidad del desarrollo de las distintas capacidades motrices (ver cap. 2).

A menudo se reconocen varias fases de transición entre cada una de las fases principales, puesto que la fase de competición suele considerarse la fase de transición principal cuyo fin es sobre todo la recuperación. Algunas autoridades en el tema consideran que una de las fases de transición debe considerarse una fase de conversión durante la cual un entrenamiento especializado transforma la fuerza máxima tanto en fuerza-velocidad como en fuerza-resistencia. Aunque en un examen superficial esta terminología parece atractiva y descriptiva, sin embargo, es imprecisa desde el punto de vista científico, ya que un tipo de fuerza o de capacidad motriz no puede transformarse en otro tal y como han demostrado las investigaciones sobre la especificidad de la adaptación. Es más exacto decir que una fase previa de entrenamiento de fuerza máxima puede servir como base sobre la cual entrenar más tarde la fuerza-velocidad o la resistencia, secuencialización que es fundamental en algunos sistemas de entrenamientos, p. ej., el sistema de secuencias conjugadas (ver cap. 5).

De forma parecida, también se identifican a veces distintos tipos de microciclos: ciclo ordinario (programa habitual consistente en aumentar uniformemente la carga), ciclo de recuperación (después de una carga fuerte), ciclo de competición (justo antes de la competición pero incluyéndola), ciclo de choque o esfuerzo (que estimula y saca al deportista de un estado de estancamiento) (Matveyev, 1981). Los microciclos de choques se suelen emplear cuando el programa normal no está dando los resultados esperados en la adquisición de fuerza. Por lo general, el microciclo que sigue a otro de choque es de baja intensidad, si bien algunos depor-

Urheberrechtlich geschütztes Material

tistas de elite emplean dos microciclos de choque secuenciales (un microciclo de choque doble). No es aconsejable realizar más de 3-4 microciclos de choque por año, o más de un microciclo de choque doble por año, debido al aumento del riesgo de lesionarse o sobreentrenarse. Empleando estos conceptos, los mesociclos normales se pueden construir lógicamente a partir de estos microciclos, tal y como sigue:

- ordinario > ordinario > choque > de recuperación;
- ordinario > introductorio > de competición > de recuperación;
- choque > ordinario > choque > de recuperación;
- de recuperación > ordinario > ordinario > de recuperación.

Los mesociclos se pueden definir de forma parecida: mesociclo introductorio (al comienzo del periodo preparatorio), mesociclo base (los tipos principales sirven para aumentar las facultades funcionales específicas), mesociclo preparatorio-de control (de transición entre el mesociclo base y los tipos competitivos), mesociclo pre-competitivo (preparación inmediata para la competición), mesociclo competitivo y mesociclo intermediario (de recuperación) (Matveyev, 1981). Los mesociclos intermedios, que a veces se dividen en mesociclo preparatorio-de recuperación y mesociclo de mantenimiento-recuperación, suelen ofrecer descanso activo sistemático para ayudar a los deportistas a recuperarse después de trabajar con cargas fuertes. A veces, el mesociclo de mantenimiento-recuperación se considera simplemente una fase de mantenimiento empleada para estabilizar la preparación de alto nivel conseguida durante las fases precedentes. Varios expertos distinguen la existencia de mesociclos largos, que comprenden un sistema estrechamente integrado y compuesto de mesociclos menores cada uno de los cuales tiene unos objetivos específicos de entrenamiento. Más adelante se expondrá con detalle el concepto de mesociclos concentrados de carga debido a sus virtudes potenciales para el entrenamiento de deportistas avanzados.

Cada fase de la periodización se puede describir mediante secuencias dentro de estos mesociclos. Por ejemplo, la fase preparatoria para deportes de resistencia y fondo puede seguir el siguiente programa:

- introductorio > base (preparatorio general, de desarrollo) > base (estabilizador) > base (preparatorio especial, de desarrollo) > preparatorio-controlador > base > pre-competitivo.

Los deportes de fuerza-velocidad pueden contar con una fase preparatoria estructurada de otras formas, p. ej.:

- introductorio > base (de desarrollo > preparatorio-controlador) > base (con elementos precompetitivos);
- introductorio > base (preparatorio general) > base (preparatorio especial) > pre-competitivo.

Periodos preparatorios del entrenamiento

De lo arriba expuesto sobre los mesociclos, se deduce que el periodo preparatorio se puede dividir en PFG (preparación física general) y PFE (preparación física especializada). Sin embargo, siempre hay que recordar que la PFG y la PFE forman siempre una unidad interconectada. En algunos casos, la PFG y la PFE son incluso concurrentes, o bien la PFG no se puede separar de la PFE (Bondarchuk, 1979).

El objetivo de la PFG es proporcionar un acondicionamiento físico equilibrado de resistencia, fuerza, velocidad, flexibilidad y otros factores básicos de la forma física; mientras que el fin de la PFE se concentra en los ejercicios más específicos del

Urheberrechtlich geschütztes Material

deporte en concreto. Por lo general, la PFG incluye la participación en variedad de actividades físicas que ofrecen un acondicionamiento completo de baja intensidad, en el cual se hace poco hincapié en las capacidades técnicas deportivo-específicas. La participación en actividades como el trote, la natación, el ciclismo, el tenis o el voleibol puede ser apropiada durante esta fase en algunos deportes. Si el jugador necesita ganar masa muscular o perder exceso de grasa, éste es el periodo apropiado para hacerlo. A veces se incluye una fase de hipertrofia en la PFG cuando es necesario ganar masa muscular funcional. La decisión de emplear este tipo de fase se ha de basar en la valoración del déficit de fuerza del que ya se habló con anterioridad (cap. 1 y fig. 1.1).

A veces es importante incluir ejercicios de PFE durante la PFG tanto para rehabilitar cualquier lesión existente como para eliminar bien cualquier deficiencia estructural o funcional, bien los desequilibros psíquicos o en la capacidad neuromuscular o postural. También es importante restringir o eliminar los tipos estándar de PFG del programa de entrenamiento de cualquier deportista avanzado o que ha entrenado regularmente durante un periodo de tiempo prolongado con niveles crecientes de competencia. De forma parecida, el empleo de ejercicios de PFG puede ser apropiado durante periodos cortos dentro de la PFE con el fin de facilitar la recuperación o prever un estancamiento. Además, los métodos del entrenamiento de la PFG son inadecuados para generar oportuna y adecuadamente mejoras en el rendimiento de los deportistas avanzados cuya entrenabilidad ha ido menguando considerablemente a lo largo de años de competición y cuyo crecimiento continuado depende de métodos más específicos o exigentes.

Algunas fases de transición, sobre todo las que siguen el término de una temporada de entrenamiento, pueden mostrar muchas de las características de una PFG. Sin embargo, hay que tener cuidado de no permitir que los deportistas hagan un entrenamiento prolongado de PFG durante cualquiera de las fases de transición que haga disminuir la forma física deportivo-específica de los deportistas.

Según los planes más tradicionales de periodización, el volumen de carga debe ser alto y la intensidad baja durante la PFG; luego sigue una transición gradual hacia la PFE, durante la cual el volumen de ejercicio disminuirá al tiempo que aumenta la intensidad (fig. 6.1). Al mismo tiempo, se hará más hincapié en el desarrollo de factores propios de la forma física deportivo-específica tales como la fuerza-velocidad, la fuerza-flexibilidad, la resistencia estática y la flexibilidad dinámica, además de las capacidades técnicas específicas requeridas por cada jugador. Hay que introducir variaciones adecuadas durante esta fase con el objeto de asegurar la motivación y la progresión.

Fases y principios complementarios

Al aproximarnos a la temporada de competición debe iniciarse una fase de estabilización para asegurarse de que varias de las capacidades físicas desarrolladas fuera de temporada se mantienen

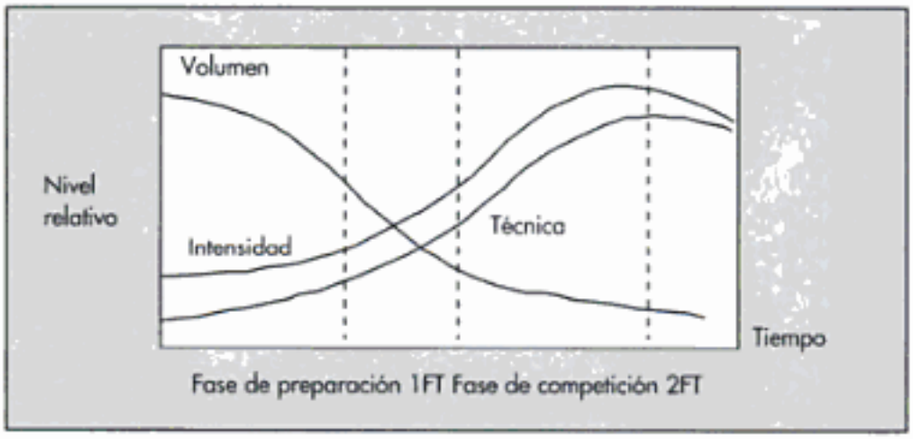


FIGURA 6.1 *Programa de periodización básico en forma de curva (Matveyev, 1964). 1FT = primera fase de transición, durante la cual la carga intensiva sustituye a la carga extensiva. 2FT = segunda fase de transición para recuperarse después de la competición.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

durante la temporada. Es importante recordar que el término medio de los deportistas suele tener pocas ganas de pasar horas y horas en un gimnasio o haciendo «cross training». Por consiguiente, lo que a menudo se recomienda es que el entrenamiento de estabilización ocupe poco tiempo antes o durante las prácticas, preferiblemente dos veces por semana y no más de 30 minutos de gimnasio, empleando un número limitado de ejercicios para múltiples articulaciones. Algunos de los ejercicios básicos para aumentar el fortalecimiento y la flexibilidad se pueden integrar en las sesiones prácticas normales, y, si es necesario, recurriendo a la ayuda de compañeros para actuar de resistencia.

El principio de sobrecarga gradual, en el cual se incluyen días o microciclos periódicos con subcargas, es un principio al que constantemente se atienen todos los ciclos de entrenamiento con el fin de asegurarse de que se impone sobre el cuerpo un estímulo adecuado pero no excesivo. Para ello se recomienda, antes que nada, que se introduzcan en las sesiones de entrenamiento individuales alternancias en lo que respecta a las cargas –ligeras, medias o fuertes– con el objeto de evitar el sobreentrenamiento y asegurarse de que la eficacia competitiva y el entrenamiento resultan óptimos. Esta variación introducida en la carga de entrenamiento diaria, microcíclica o mesocíclica es esencial para evitar un estancamiento. En este sentido, se suele seguir la famosa regla empírica del sesenta por ciento, que establece que el volumen de entrenamiento en cualquier estadio (día o microciclo) y con una carga ligera debe ser aproximadamente un 60% del volumen de cualquier estadio con carga fuerte (máxima o submáxima).

Adquisición y estabilización de las capacidades técnicas

Incluso la computación y la prescripción más meticulosa de aspectos como la intensidad de carga, el volumen y la secuenciación, destinados a desarrollar óptimamente la capacidad de trabajo, tienen poco efecto sobre el rendimiento si no se monitorizan constantemente los cambios operados en la destreza técnica. Aunque las pruebas de laboratorio determinan la fuerza máxima, el $\dot{V}O_2$ máx, la resistencia muscular, los tiempos de reacción, etc., sólo identifican el potencial ofrecido por la capacidad de trabajo del deportista, pero no su preparación funcional, que depende de la maestría adquirida sobre las capacidades técnicas motrices específicas, que son realmente las responsables del rendimiento.

Así pues, es esencial monitorizar cuantitativamente los cambios progresivos que se operen en las capacidades técnicas. Una forma de llevarlo a cabo es hacer un registro del grado de estabilidad técnica del deportista que tenga en cuenta el porcentaje de aciertos en la ejecución de las mismas técnicas específicas durante los entrenamientos y la competición. La estabilidad cambia a menudo bajo circunstancias distintas, por lo que es importante que el registro del grado de estabilidad en competición se compare con el grado de estabilidad en los entrenamientos. Un grado de estabilidad en competición bajo en comparación con el de estabilidad en los entrenamientos pone de manifiesto que es probable que el deportista tenga problemas para rendir en situaciones de excitación emocional y que debe reproducir esas situaciones durante los entrenamientos. Con el término «levantadores de gimnasio» se ha designado durante muchos años a los halterófilos que levantan mucho más peso durante los entrenamientos que en competición. En este caso es evidente que la tensión emocional de la competición ejerce un efecto negativo sobre las capacidades técnicas requeridas más que en el nivel –obviamente adecuado– de fuerza o potencia.

La progresión en la adquisición de capacidades técnicas de mayor dificultad no debe producirse hasta que el grado de estabilidad en el nivel precedente de complejidad o intensidad se haya estabilizado en un nivel del 70-80%, es decir, cuando la zona de intensidad o complejidad esté formalmente

Urheberrechtlich geschütztes Material

de repeticiones de ese peso. El volumen total de una sesión de entrenamiento lo constituye la suma de los volúmenes calculados en todos los ejercicios principales. Algunos autores (Chernyak, 1978) estipulan que al hacer estos cálculos sólo hay que tener en cuenta los pesos que superen el 40% de 1RM, porque el efecto fortalecedor de pesos menores que aquéllos es mínimo.

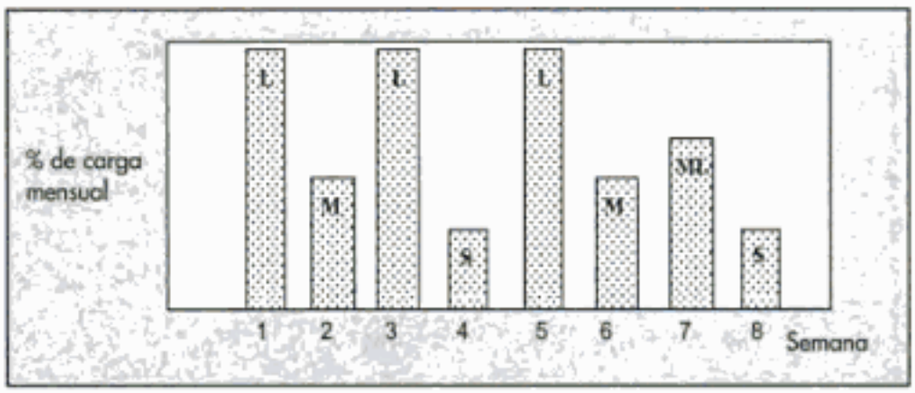


FIGURA 6.4 *Distribución mensual de los volúmenes de entrenamiento para halterófilos capacitados a lo largo de dos meses. Este programa se ha mostrado más eficaz que los programas tradicionales que aumentan el volumen de carga gradualmente y luego lo disminuyen (Ermakov, 1974).*

A menudo la cantidad de levantamientos se calcula añadiendo el número total de levantamientos realizados. La intensidad de un ejercicio dado se calcula dividiendo el volumen de ese ejercicio por el número de repeticiones ejecutadas. La intensidad de una sesión de entrenamiento se mide con el volumen total de todos los ejercicios principales dividido por el número total de levantamientos de dicha sesión; p. ej., el peso medio levantado durante una sesión o periodo dados. Por lo general, excepto en el caso de los principiantes, las series de calentamiento con cargas inferiores al 70% de 1RM no se incluyen en los cálculos. El siguiente ejemplo muestra la forma en que se calculan estos parámetros en el ejercicio A ejecutado en cuatro series (la primera figura es la carga; la segunda, el número de repeticiones):

Ejercicio A: 60 kg × 10, 80 kg × 8, 100 kg × 4, 110 kg × 2 Máxima (1rM) = 120 kg

La primera serie con 60 kg (p. ej., el 50% de 1RM) no se tiene en cuenta, porque constituye el calentamiento. Así pues:

Volumen VA = 640 + 400 + 220 = 1260 kg
Total de repeticiones RA = 14
Intensidad IA = VA / RA = 1260/14 = 90 kg

Esta intensidad se puede transformar en un porcentaje de 1RM para obtener la intensidad relativa, que suele ser significativa. En este caso concreto, obtendríamos:

Intensidad relativa Irel = (90/120) × 100 = 75%

Se puede seguir el mismo procedimiento durante una sesión completa que conste de varios ejercicios distintos. Sin embargo, el uso de promedios globales es muy engañoso a la hora de prescribir el entrenamiento, porque no aportan indicaciones sobre la escala de cargas empleadas. Por ejemplo, la intensidad relativa de las cuatro series del ejercicio A (75%) es menor que la que podría clasificarse como parte de una sesión fuerte, a pesar de que la carga más fuerte haya sido 110 kg (92% de 1RM). La misma intensidad relativa se puede conseguir ejecutando 3 series idénticas con 75 kg por 3 repeticiones. Es obvio que será menos exigente que el régimen anterior. Por lo tanto, las demandas globales del entrenamiento deben examinarse siempre simultáneamente en términos de intensidad y volumen.

Por la misma razón, es preferible determinar la distribución de la carga en las distintas zonas de intensidad. En los deportes de fuerza se suelen definir nueve zonas de intensidad, aunque también es correcto emplear las cinco zonas siguientes: 50% +

Urheberrechtlich geschütztes Material

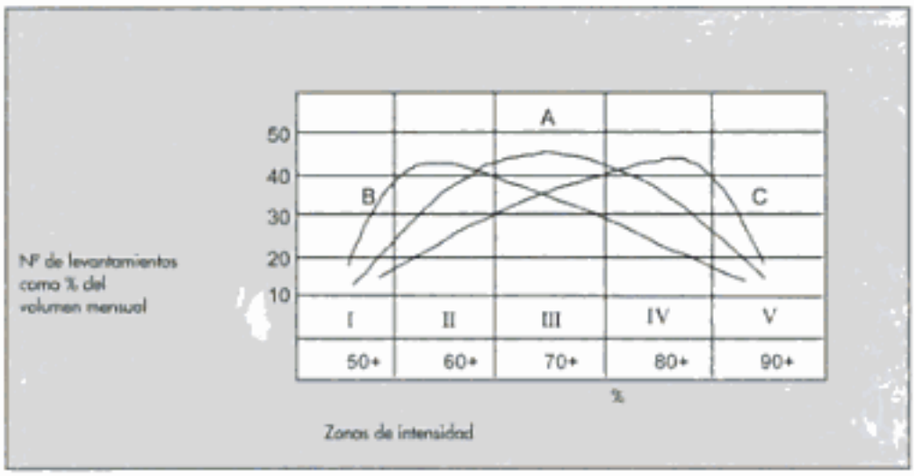


FIGURA 6.7 Distribución del volumen mensual en distintas zonas de intensidad (de Matveyeu, 1977).

Es importantísimo registrar el volumen, la intensidad y la distribución del volumen en cada zona de intensidad a nivel de sesión individual, de semana o microciclo, mes, mesociclo y macrociclo.

- Ejercicio A: 60 × 10, 70 × 8, 80 × 6, 80 × 6
- Ejercicio A: $10(60)^1$, $8(70)^1$, $6(80)^2$
- Ejercicio A: 60 / 10.1, 70 / 8.1, 80 / 6.2

Los ejercicios combinados (o híbridos), que consisten en la ejecución de distintos movimientos en un mismo ejercicio (ver cap. 7), se presentan mejor con el último formato mencionado. Por ejemplo, un ejercicio con 100 kg consta de cargada de fuerza (2 repeticiones), sentadillas por delante (3 repeticiones) y press con empujón (1 repetición), debería escribirse de la forma siguiente:

Ejercicio B: 100 / 2 +3 + 1

El volumen es en este caso:

$$(100) \times (2 + 3 + 1) = 100 \times 6 = 600 \text{ kg}$$

Si con 100 kg de peso la cargada se hace tres veces y el envión una, se registra así: C y E :

100 / 3+1

Si con el mismo peso la cargada se hace una vez y el envión tres veces, se registra así: C y E :

100 / 1+3.

Cuando hay que llevar un registro cuantitativo del entrenamiento técnico de halterófilos o powerlifters, los cálculos de los levantamientos de competición y de los levantamientos suplementarios se hacen por separado. Aun cuando ciertos ejercicios se ejecuten sin pesos, se seguirán registrando de la misma forma. Por ejemplo, si se incluyen saltos como parte de un entrenamiento explosivo, la altura (o longitud) de dichos saltos y su número de repeticio-

TABLA 6.1 Ejemplo de un registro con los parámetros de carga de un programa de entrenamiento. Vol = volumen de cada levantamiento; NL = número de levantamientos; PM = peso medio; Prel = Promedio relativo de peso = 100 Imed /1RM. El número de levantamientos (o el porcentaje del volumen total de la sesión de entrenamiento por cada fila) se inserta en cada columna de I a V

	ZONA DE INTENSIDAD					CÁLCULOS				
	I	II	III	IV	V					
EJERCICIO	60%	60%	70%+	80%+	90%+	Vol	NL	PM	1RM	Prel
Ejercicio A										
Ejercicio B										
Ejercicio C										
Levantamientos totales										
Levantamientos totales (%)										

Urheberrechtlich geschütztes Material

TABLA 6.2 *Media de la carga de entrenamiento (intensidad) en kilogramos para halterófilos olímpicos con distintos niveles de capacidad. CMD = candidato para la maestría deportiva; MD = maestría deportiva.*

MASA CORPORAL (KG)	CLASE III	CLASE II	CLASE I	CMD	MD
52	52	63,5	70	78	78
56	56	73,4	81	89	89
60	60	76,5	85,5	95	95
67,5	67,5	85	93	103	103
75	75	92	99	111	111
82,5	82,5	94	105	115	115
90	90	98	110	119	119
100	100	101	113	125	125
110	110	105	118	127	127
+110	+110	109	120	130	130

nes se apuntan en una sección especial del diario de entrenamiento.

Por lo que respecta a la intensidad del entrenamiento, resulta interesante examinar las recomendaciones hechas por los halterófilos olímpicos, basadas en la experiencia de los levantadores rusos (Vorobyev, 1985). Existe un peso medio y óptimo de entrenamiento para cada división de masa corporal y en cada nivel de capacidad (tabla 6.2). Es obvio que, a medida que aumenta la fuerza humana, también se incrementan las intensidades recomendadas; los ajustes necesarios se pueden hacer mediante la fórmula que aparece en el capítulo 3. Aunque esta tabla no refleja la distribución de la carga en las distintas zonas de intensidad, sí que cubre los límites superiores de intensidad media que los deportistas de fuerza-velocidad no deben exceder en ninguno de los ciclos del entrenamiento.

Limitaciones de la programación numérica de los ejercicios

La utilización de cómputos numéricos como único descriptor de la carga suele pasar por alto el hecho de que medidas aparentemente objetivas como ésta no tienen en cuenta la percepción subjetiva de la intensidad y de los efectos globales de la carga en cuanto a los deportistas se refiere. Por esta razón, es muy útil añadir otra columna (IEP o indice de esfuerzo percibido) para que el deportista asigne un valor a su percepción del esfuerzo realizado en una serie o sesión de ejercicios concretos. Además de los cálculos numéricos para una misma serie, este método nos permite hacernos una idea más exacta del programa de entrenamiento a corto y largo plazo. Después de todo, el deportista responde más a los ejercicios según su percepción de la carga en un momento o periodo dados que por lo que diga un cómputo numérico. Al aplicar el IEP de la carga, es aconsejable su uso habitual para detectar cualquier disminución o aumento de la carga real.

Para la valoración a largo plazo de la eficacia de un programa de entrenamiento, es muy útil describir gráficamente en el mismo eje de coordenadas los cálculos de las intensidades, volúmenes, rendimientos en entrenamiento y los IEP durante un largo periodo. Como ya se trató anteriormente en el apartado de la «Adquisición y estabilización de las capacidades técnicas», suele ser conveniente incluir un índice de la estabilidad técnica demostrada en los ejercicios más importantes. Una dependencia excesiva de los cómputos numéricos a la hora de preparar la tabla de periodización explica por qué algunos entrenadores tienden a quitarle importancia; de ahí el valor de usar nuestro sistema subjetivo-objetivo combinado.

Existe otro problema inherente al empleo de este tipo de cálculos, puesto que no siempre está claro si lo que hay que hacer es calcular las intensidades y volúmenes de cada ejercicio, sobre todo de los que implican la participación de los grupos músculares menores. Por lo general, se excluye el efecto de

Urheberrechtlich geschütztes Material

estos cálculos aparentemente menos importantes, a pesar de que pueda ser necesario hacerlos de forma periódica para ayudar a explicar por qué un programa en apariencia bien planificado no está dando los resultados esperados. Por ejemplo, la exclusión en los cálculos de ejercicios como los gemelos, las flexiones de codo o las dominadas puede ocultar el hecho de que estén fatigando algunos grupos musculares que son vitales para la ejecución explosiva de los ejercicios principales. Por esta razón, es aconsejable evitar la incorporación azarosa de estos ejercicios complementarios antes de los ejercicios principales o de los levantamientos técnicos.

Intensidad de entrenamiento y frecuencia cardíaca

A veces es útil monitorizar los cambios agudos o crónicos que experimenta la frecuencia cardíaca y que están asociados con el entrenamiento. Si aumenta la frecuencia cardíaca de forma notable antes de trabajar en cualquier sesión con cargas de entrenamiento fuertes o muy fuertes, ello demuestra la presencia de niveles significativos de actividad emocional y de un nivel más exigente de intensidad de entrenamiento, incluso a pesar de que los cómputos de la periodización indiquen lo contrario. El empleo de la frecuencia cardíaca con el único fin de que sirva de indicador que nos permita identificar o prescribir el entrenamiento cardiovascular en ciertas zonas de la frecuencia cardíaca esperada no hace sino subestimar su utilidad para valorar otros cambios que experimenta el deportista. Con la medición de la frecuencia cardíaca justo antes de un ejercicio, justo después y con intervalos de 1 minuto durante 4 minutos (frecuencia cardíaca de recuperación) después de terminar el ejercicio, se puede obtener información útil sobre el grado de esfuerzo de un ejercicio en este punto, sobre el grado de actividad emocional del deportista o sobre su nivel de preparación durante dicha sesión de entrenamiento.

La monitorización de la frecuencia cardíaca (FC) no sólo es valiosa en los deportes de resistencia (monitorización de la FC cardiovascular), sino también en los deportes explosivos y otras actividades no oxidativas, con el fin de calcular los niveles de esfuerzo físico y mental. Por ejemplo, a veces se recomienda mantener una frecuencia cardíaca de al menos un 80% de la máxima durante el entrenamiento de los palistas olímpicos para desarrollar la resistencia muscular (monitorización de la FC de la resistencia muscular). La preparación global también se valora con la medición de la diferencia entre la FC en reposo y la FC obtenida justo antes y después –durante varios minutos– de la ejecución de saltos ejecutados partiendo de una posición en decúbito (monitorización de la FC postural). Mediciones parecidas se hacen antes, durante y después de aguantar la respiración al máximo como guía de la capacidad anóxica para aquellos deportes que exijan contener la respiración, como la halterofilia y la lucha libre (monitorización de la FC apneica). La monitorización médica de la FC se emplea, por supuesto, para diagnosticar la existencia de enfermedades y patologías entre los deportistas.

Algunos autores también miden la tensión arterial (TA) a diario para tener un conocimiento más profundo del efecto global del entrenamiento. Emplean representaciones gráficas de la TA de los deportistas (obtenida poco después de levantarse por la mañana) con el fin de discernir la posibilidad de que haya un sobreentrenamiento, para lo cual los cámbios erráticos o los incrementos inesperados en la TA sistólica o diastólica se consideran como indicadores relevantes de la aplicación de cargas excesivas en un tiempo determinado.

Relación entre intensidad y volumen

Distintos estudios han demostrado que, durante el macrociclo anual, los niveles semanales de volumen e intensidad coinciden bastante en los deportes que requieren fuerza (Chernyak et al., 1979). Por lo general, un número mayor de semanas supone un volumen y una intensidad medios, de la misma forma que las semanas con un volumen e intensi-

Urheberrechtlich geschütztes Material

motor, debe ser clasificado como el segundo componente de la dirección dentro de este sistema de entrenamiento deportivo. En este contexto, el estado físico alude a las cualidades funcionales y estructurales del deportista que determinan su potencial para mejorar la destreza deportiva (Zatsiorsky, 1979).

El complejo de interacciones externas y el estado físico del deportista se establecen gracias a la especialización sistemática de las actividades motoras. Esta última proporciona un número de influencias sobre el entrenamiento específico, organizadas para producir los cambios requeridos en el complejo compuesto por las influencias externas y el estado físico del deportista.

3. Por consiguiente, las actividades motrices especializadas, p. ej., la carga de entrenamiento, son el tercer componente de la dirección de un sistema de entrenamiento deportivo.

Así pues, los componentes anteriores representan en conjunto un complejo organizado jerárquicamente que sufre cambios encaminados a un objetivo durante el entrenamiento deportivo. En el entrenamiento, estas influencias ordenadas se aplican simultáneamente sobre los tres componentes del proceso de dirección. Sin embargo, la base de los cambios que se producen en el estado físico durante el entrenamiento descansa sobre una secuencia cíclica y específica de acontencimientos. La dosis de carga de entrenamiento se prescribe con el fin de favorecer los cambios en la condición física del deportista, lo cual, a su vez, genera otros cambios en el complejo de interacciones externas del deportista, así como mejoras de los resultados deportivos.

Cuando se consiguen los resultados esperados, se procede a determinar el programa y la organización de la carga para el siguiente estadio del entrenamiento; la secuencia de condiciones precedentes se repite en niveles superiores. El carácter cíclico de este proceso acorde con la periodización específica del deporte determina los contenidos del programa de entrenamiento del deportista.

El cumplimiento de las tareas, ejecutadas como componentes separados del complejo sistema del proceso de dirección, permite la aparición de un intrincado complejo dinámico de relaciones de causa y efecto entre ellas, lo cual se puede considerar como la estructura de dicho sistema. Por lo tanto, el conjunto de componentes de este complejo sistema, con sus conexiones de causa y efecto características, constituyen el sistema global.

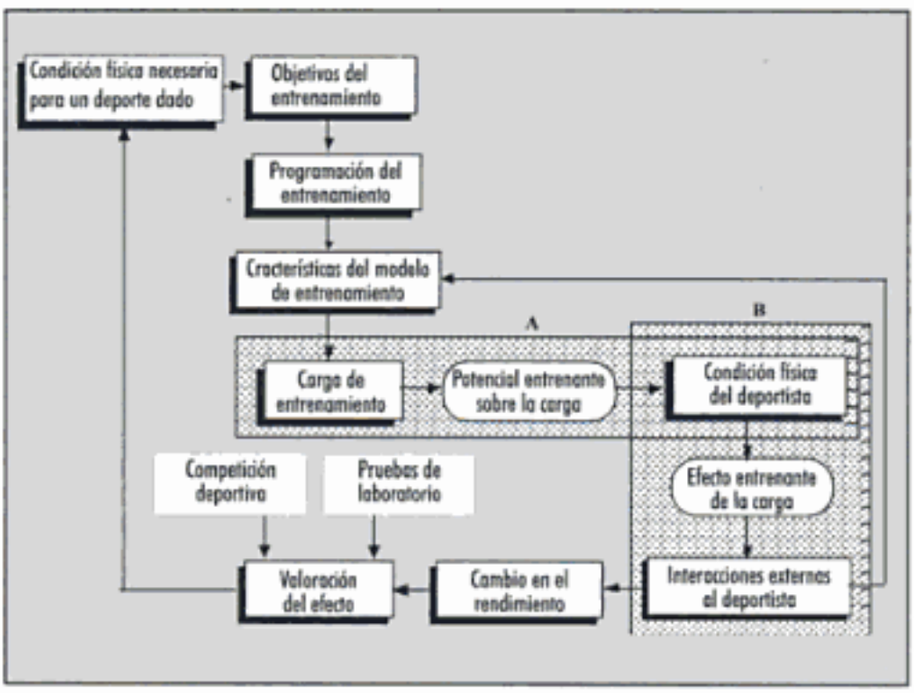


FIGURA 6.8 *Programa lógico para la organización del entrenamiento deportivo.*

Así pues, la dirección comprende todas las tareas de entrenamiento, motivación, personalidad del deportista y factores sociales que manifiestan e integran los intereses del deportista, del entrenador y del equipo, así como la experiencia práctica y la teoría de la elaboración del entrenamiento. Para orientar el curso del entre-

Urheberrechtlich geschütztes Material

namiento en una dirección específica, se asignan cuantitativamente las características del modelo que se relacionan con la carga de entreno, con la condición física del deportista y con sus interacciones externas (ver fig. 6.8).

La idea principal del proceso directivo consiste en aumentar la forma física del cuerpo hasta alcanzar un nivel funcional superior. El control de este proceso se consigue mediante la valoración del efecto en dos niveles primarios de la dirección: el nivel de forma física del deportista (control del efecto de la carga sobre la condición física) y su nivel de interacciones externas (control del cambio de características como resultado de los cambios en la forma física). Basándonos en la comparación de los distintos efectos conseguidos en los niveles indicados en el modelo de características, se pueden aportar soluciones para dirigir el curso posterior del entrenamiento. El análisis de los contenidos y la organización del entrenamiento se puede resumir de la siguiente manera:

1. En primer lugar, la interacción entre los componentes del sistema se determina mediante el potencial entrenante y el efecto entrenante de la carga (fig. 6.8). El potencial entrenante de la carga comprende su potencial para favorecer la adaptación del cuerpo así como los cambios correspondientes en la condición física y, por consiguiente, en sus interacciones externas. El potencial entrenante de la carga es un concepto relativo que hay que estudiar y valorar atendiendo a la forma física actual del deportista. La valoración del efecto entrenante de la carga supone medir el cambio en el rendimiento que produce la carga en cada caso y en condiciones de laboratorio y de competición.

El efecto entrenante se consigue con la adaptación relativamente estable del cuerpo mediante el empleo de cualquier programa de entrenamiento lógico. La base del efecto entrenante está compuesta por la acumulación de señales adaptativas en el cuerpo y producidas por todo el complejo de influencias que ejerce el entrenamiento. El significado sustantivo del entrenamiento, que comprende los conceptos de potencial entrenante y efecto entrenante de la carga, tiene una importancia central para la programación del entrenamiento, por lo cual se estudiará con detalle más adelante.

2. La conexión entre los puntos inicial y final de la dirección del entrenamiento es muy compleja. El alcance de esta conexión queda determinado primariamente por la eficacia de las operaciones de dos subsistemas reguladores interdependientes (ver fig. 6.8):{Carga de entrenamiento–Potencial entrenante sobre la carga – Estado físico del deportista} (subsistema A) y {Efecto entrenante de la carga – Estado físico del deportista – Interacciones externas del deportista} (subsistema B). La valoración de la fiabilidad predictiva y de la probabilidad de éxito de la regulación en cada subsistema demuestra que se puede estar seguro de que cuanto más bajas sean las medidas del primero (A), más débil será el vínculo de todo el sistema de dirección.

3. La necesidad de una dirección eficaz aparece cuando surge un problema para seleccionar un régimen de entrenamiento. En tales situaciones el éxito depende del grado de fiabilidad a la hora de escoger la solución óptima de entre todas las posibles.

REQUISITOS PREVIOS PARA ORGANIZAR EL ENTRENAMIENTO

No se puede hallar una solución al problema de la programación y organización del entrenamiento si nos limitamos a reunir los resultados fragmentarios de las investigaciones personales. Es necesario emprender una intensa investigación para llegar a formular conceptos prácticos relativos al PASM (process of achieving sport mastery) (Proceso para conseguir la maestría deportiva) e identificar aquellas condiciones que determinan su desarrollo eficaz. El examen preliminar de este problema nos permite, antes de nada, determinar el objetivo de la tarea, establecer la dirección fundamental de la investigación y definir el tipo de información específica requerido (fig. 6.9)

Urheberrechtlich geschütztes Material

No hay por qué describir el programa con muchos detalles, porque su significado y contenidos están lo suficientemente claros y porque su análisis será objeto de un estudio posterior. Para formular una teoría generalizada sobre el entrenamiento se necesita un enfoque complejo para organizar la investigación, y sin que ello suponga caer en los mismos errores experimentales que tanto se dieron en décadas anteriores.

Sobre todo en lo que se refiere a la fisiología deportiva, los caminos divergentes entre los intereses profesionales de los especialistas han supuesto el que el cuerpo humano se considere atendiendo a dos sistemas bien distintos. Algunos especialistas limitan su estudio sobre todo al sistema neuromuscular y a su regulación por el SNC, y aplican ese trabajo sobre todo a tipos de deporte de fuerza-velocidad y técnicamente complejos. Otros especialistas centran su interés en los sistemas respiratorio y cardiovascular, y los procesos metabólicos que determinan el éxito principalmente en los deportes cíclicos.

Tal especialización es bastante adecuada para la ciencia, pero sólo es eficaz y aplicable sobre la base de una integración estrecha entre la teoría y la práctica. Con demasiada frecuencia los estudios se basan en el efecto de un factor único sobre el rendimiento; muy pocas veces las investigaciones se centran en los efectos interactivos de complejos secuenciales o concurrentes de los métodos de entrenamiento.

En concreto, con todo esto sufre el conocimiento de los fundamentos prácticos y científicos sobre el desarrollo de la resistencia. La atención se centra en el mecanismo de la producción de energía, que ignora la especialización del aparato muscular como ejecutor directo del trabajo, y la resistencia general se considera exclusivamente una función de potencial respiratorio. En consecuencia, los fisiólogos se quedaron perplejos cuando tuvieron noticia de que se producía un descenso del $\dot{V}O_2$máx durante el periodo de competición y de que se registraban fuera de todo lo previsto bajos niveles de $\dot{V}O_2$máx entre muchos de los deportistas que practicaban deportes cíclicos. Sin embargo, estos resultados no habrían sido sorprendentes si al mismo tiempo hubieran examinado las características metabólicas y contráctiles de los músculos de los deportistas que se especializan en deportes de resistencia.

La teoría del entrenamiento deportivo abunda asimismo en



FIGURA 6.9 *Teoría general sobre la estructuración del entrenamiento deportivo.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

esfuerzos mal dirigidos. También aquí hallamos una división parecida en los intereses de los especialistas que dan preferencia a los deportes cíclicos o de fuerza-velocidad y que tienden a minimizar el papel del entrenamiento de la resistencia general. Esta especialización profesional no se puede condenar si sus generalizaciones teóricas y prácticas se limitan a «sus» deportes. Es cuando intentan aplicar los mismos principios y métodos a otros tipos de deportes cuando este enfoque tan audaz se vuelve engañoso.

Uno de los puntos débiles de la teoría deportiva moderna no es sino el resultado de infravalorar la importancia de la información suministrada por las investigaciones bioquímicas y fisiológicas orientadas al deporte, así como de la cantidad limitada de información realmente científica que constituye la base sobre la que se han establecido los principios del entrenamiento. Hasta hace poco, la experiencia práctica y generalizada se solía considerar como la única forma válida de establecer con eficacia los principios y métodos del entrenamiento, descuidando las importantes contribuciones de la investigación científica. Al mismo tiempo, los científicos desdeñaron esta actitud y los entrenadores consideraron a los científicos teóricos faltos de sentido práctico, lo cual se tradujo en que ambos cuerpos de información no fueran compartidos y la que sufrió fue la metodología del entrenamiento. El avance de los deportes depende mucho hoy en día de la estrecha cooperación entre científicos, entrenadores y deportistas.

CLASIFICACIÓN DE LOS DEPORTES

El establecimiento de los principios y reglas de la programación del entrenamiento necesita determinar con claridad los límites de generalidad y especificidad de los deportes individuales o de los grupos de deportes que guardan entre sí alguna relación. Para conseguirlo es necesario clasificar científicamente los deportes para establecer unos criterios de programación.

El deporte se asocia primeramente con la organización espacial y temporal de los movimientos de los deportistas, que están determinados por las reglas y condiciones de la competición y por el uso eficaz del potencial motor en la ejecución de las tareas motoras requeridas. En todos los casos, ello requiere perfeccionar los procesos del sistema nervioso central, el cual controla los movimientos, y elevar el potencial funcional de los músculos y sistemas metabólicos. La clasificación de los deportes, por poner un ejemplo, en individuales, deportes de equipo, de pelota o acuáticos, no es útil desde el punto de vista científico; es más adecuado clasificar los deportes sobre la base de la organización particular de los movimientos y de las características deportivas de los sistemas físicos empleados para trabajar.

Cuanto más prolongada y más baja sea la intensidad del trabajo muscular, mayor es el papel desempeñado por los procesos aerobios y mayor será la especialización funcional de los músculos en su mejor utilización del oxígeno. El papel de los mecanismos glucolíticos de producción de energía aumenta a medida que disminuye la duración del trabajo y se incrementa la potencia del trabajo muscular. Los músculos se adaptan a las condiciones de trabajo con un aporte inadecuado de oxígeno y un rápido aumento del lactato durante el ejercicio.

La carga del aparato motor y la potencia del esfuerzo explosivo aumentan de forma significativa durante el trabajo acíclico de corta duración. En condiciones de sobrecarga dinámica fuerte, los deportistas deben superar una importante resistencia externa y realizar la tarea en un espacio de tiempo muy corto (décimas o centésimas de segundo). Ello complica bastante la coordinación de los movimientos y exige el desarrollo de una estructura biodinámica eficaz y fiable (ver cap. 2). En estas condiciones, el aparato neuromuscular mejora la regulación intramuscular y aumenta la producción de energía anaerobia.

Este preámbulo demuestra que los deportes se

Urheberrechtlich geschütztes Material

pueden dividir en dos amplios grupos, a saber, deportes acíclicos y deportes cíclicos:

- Los deportes acíclicos se caracterizan por la compleja organización de las acciones motrices y por una intensa concentración del esfuerzo de trabajo, realizado en poco tiempo en condiciones de competición. Estos deportes poseen una estructura de movimientos inherentemente biodinámicos y estables, así como una especialización estructural y funcional definida del aparato neuromuscular que recluta su capacidad con el fin de desarrollar un potente esfuerzo explosivo y energía anaerobia; principalmente a través de los procesos energéticos del ATP-CP.
- Los deportes cíclicos se caracterizan por la repetición prolongada de ciclos de trabajo estereotipados de organización relativamente sencilla, los cuales no requieren una tensión muscular máxima. La energía adquirida para tal trabajo procede principalmente del glucógeno almacenado o de los ácidos grasos libres metabolizados en presencia de oxígeno durante el ejercicio. Una de las condiciones más importantes para mejorar el rendimiento en este grupo de deportes es la especialización estructural y funcional de los músculos a fin de mejorar su capacidad para oxidar los metabolitos y aumentar la capacidad de los procesos metabólicos y economizar el empleo de los sustratos de energía durante el ejercicio.

A continuación hay que subdividir los deportes de estos dos grupos atendiendo a las características específicas de la organización de los movimientos y de la producción de energía. Así pues, el grupo de deportes acíclicos comprende los deportes que requieren esfuerzos explosivos breves y potentes, así como esfuerzos que precisan un control motor refinado y movimientos espacialmente precisos. En el grupo cíclico se incluyen algunos deportes en los que el trabajo se ejecuta en condiciones en las que la utilización de oxígeno es extensa, y otros en los que los músculos tienen un aporte de oxígeno inadecuado.

Finalmente, hay que hablar de un tercer grupo de deportes, caracterizado por las distintas exigencias de la competición y por la necesidad de mantener una producción alta de trabajo en condiciones de cansancio. Estos deportes combinan características de los dos grupos precedentes. Suponen la realización de cambios constantes en la intensidad de las actividades de la competición y arranques con movimientos de mucha potencia seguidos de pausas periódicas, de tal forma que la producción de energía tiene un carácter mixto entre aerbio y anaerobio cuya mayor parte se deriva de las reacciones glucolíticas. Por lo tanto, podemos clasificar los deportes en tres grupos, como subrayó Farfel (1969):

- Deportes acíclicos en los que desempeña un papel dominante el perfeccionamiento del sistema neuromuscular para la regulación exacta de los movimientos y mejorar la capacidad para producir mayor potencia.
- Deportes cíclicos (normalmente de potencia submáxima o moderada), asociados sobre todo con la producción de trabajo muscular mediante procesos aerobios.
- Deportes complejos en los que como característica principal existe gran variabilidad de acciones motrices en condiciones de cansancio avanzado y distintas intensidades de trabajo, tipificadas por los deportes de equipo y pruebas eliminatorias (p. ej., el boxeo y la esgrima).

Al clasificar los deportes es necesario tener en cuenta las actividades de la competición y del entrenamiento. Esto es importante porque en algunos casos los ejercicios del entrenamiento son muy distintos de las acciones que se desarrollan en la

Urheberrechtlich geschütztes Material

competición. En la práctica, nos referimos a la resistencia especial (p. ej., la resistencia asociada a la fuerza, a la velocidad, a los saltos). Por ejemplo: la distancia más corta recorrida en las pruebas de atletismo (100 metros) se cubre aproximadamente en 10 segundos. Aunque el esfuerzo desarrollado para lograrlo no depende de la eficacia oxidativa, sin embargo, para que el velocista se pueda preparar para realizar ese esfuerzo tiene que sobrellevar cargas de entrenamiento con el fin de desarrollar su potencial aerobio y anaerobio, sobre todo el último. Los principios generales de la programación del entrenamiento para cada uno de los grupos de deportes se estudiará más adelante.

CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE ENTRENAMIENTO

Tal y como se ha afirmado antes, la formulación de teorías y métodos prácticos para la programación de entrenamientos sólo es posible mediante el conocimiento del proceso que lleva a adquirir la maestría deportiva (PASM). Por lo tanto, es importante volver al programa de la figura 6.8 para estudiar las características generales de la adaptación a largo plazo al trabajo muscular intenso, así como las características cuantitativas del proceso de adaptación que son relevantes en la programación del entrenamiento. A continuación, estudiaremos las características de la especialización estructural y funcional del cuerpo como manifestación externa y específica de la adaptación a largo plazo al trabajo muscular intenso. Finalmente, investigaremos algunas de las características del desarrollo de la destreza técnica en distintos deportes con el objeto de comprender la forma en que los deportistas llegan a dominar la técnica para usar su potencial motor con eficacia en la competición.

Adaptación al trabajo muscular intenso

Se ha reunido gran variedad de datos experimentales sobre los procesos de recuperación y las reacciones del cuerpo después de exponerse a breves estímulos de entrenamiento en el deporte (efecto inmediato del entrenamiento). Ya se ha demostrado que el efecto retardado de una carga fuerte no se reduce a restablecer la energía gastada sino que produce una super-recuperación que supera el nivel inicial (ver cap. 1). Este fenómeno (ley de Weigert de la supercompensación) fue descrito formalmente por primera vez por Folbort (1941, 1952, 1958), al mismo tiempo que su relación con los procesos de agotamiento y recuperación con distintos tipos de carga había sido estudiado por otros especialistas (Yakolev, 1955, 1975; Gorkin y otros, 1973; Volkov, 1975; Monogarov y Platonov, 1975; Sergeyev, 1981). La aplicación de estos hallazgos sobre la naturaleza de la adaptación y supercompensación llevó a la rápida aceptación de las siguientes recomendaciones prácticas:

- Es necesario que el deportista mantenga un estado de adaptación durante el entrenamiento para que sea posible ejecutar con eficacia las acciones fundamentales del deporte a lo largo de un periodo extenso.
- No es recomendable repetir las cargas de entrenamiento cuando el cuerpo no se ha recuperado suficientemente, si bien es permisible en ciertos casos.
- La capacidad de trabajo especial debe aparecer uniformemente en el curso del entrenamiento; cualquier disminución en algunos de los estadios del entrenamiento será una señal de que el entrenamiento se ha organizado de forma incorrecta.

No cabe duda de que todas estas premisas representaron un progreso en la época en que aparecieron y de que, hasta cierto punto, siguen siendo válidas hoy en día. Sin embargo, las exigencias del deporte moderno muestran la necesidad de alterar el enfoque principal de la estructuración del entrenamiento y seguir el sentido común, que nos dice que la unidad fundamental de entrenamiento tiene que ser

Urheberrechtlich geschütztes Material

el mesociclo y no el microciclo. Para ello es necesario emprender un estudio extenso de las características de la adaptación a largo plazo. El valor práctico de este estudio podrá ser apreciado sólo si se llega a observar el efecto específico de las cargas de entrenamiento sobre la dinámica de la forma física del deportista, y se determinan las características cuantitativas del proceso de adaptación.

Los resultados iniciales de esta investigación ya han demostrado convincentemente su valor científico y práctico, sobre todo en los deportes que requieren esfuerzos explosivos. Los conceptos generales sobre el desarrollo de la adaptación a largo plazo son el resultado de observar la dinámica de los indicadores de la preparación física especial de un deportista a lo largo de muchos años de entrenamiento. Estas investigaciones nos han permitido llegar a las siguientes conclusiones:

1. El nivel medio y absoluto de la preparación especial de la fuerza aumenta anualmente.

2. El nivel inicial de fuerza-velocidad en cada ciclo anual es inferior al nivel alcanzado al final del año anterior, aunque superior al de su comienzo.

3. La mejora de la fuerza-velocidad año a año es superior entre los deportistas de capacidad media que entre los deportistas de calificiación alta.

4. Existe una tendencia evidente en la dinámica de la preparación de la fuerza especial dentro del ciclo anual, la cual está determinada por la periodización tradicional del entrenamiento en cada deporte y en cada calendario de competición. Se puede trazar con claridad un pico gemelo en la dinámica de la fuerza-velocidad analizando dos estadios de competición, ya que el nivel de preparación de la fuerza especial es más alto durante el segundo estadio de competición que durante el primero. En aquellos deportes con una temporada competitiva, la fuerza-velocidad aumenta de forma regular y uniforme.

El llegar a tales conclusiones sobre algunas de las características de la adaptación a largo plazo para aumentar el trabajo muscular en el deporte tiene mucha importancia práctica en la programación del entrenamiento.

Los resultados sobre el rendimiento del proceso de adaptación, expresado por la dinámica de la capacidad para el trabajo especial, se puede representar esquemáticamente mediante varios gráficos concurrentes (fig. 6.10). Las curvas A y C reflejan la dinámica de la capacidad del deportista para el trabajo especial dentro de los ciclos anuales (para la periodización bicíclica y monocíclica respectivamente). La curva A muestra la dinámica de una adaptación a largo plazo relativamente estable y durante muchos años.

Los cambios operados en los indicadores funcionales (curvas B y C) durante el ciclo anual son temporales, inestables y, hasta cierto punto, reversibles. La base de estos cambios son los mecanismos llamados compensatorios, p. ej., las reacciones diseñadas para mantener el nivel funcional durante periodos cortos y en condiciones muy exigentes que llevan finalmente a una adaptación estable. Los mecanismos compensatorios son medios fisiológicos dinámicos para que el cuerpo se recupere de las condiciones extremas y se desvanezcan gradualmente a medida que se produce la adaptación.

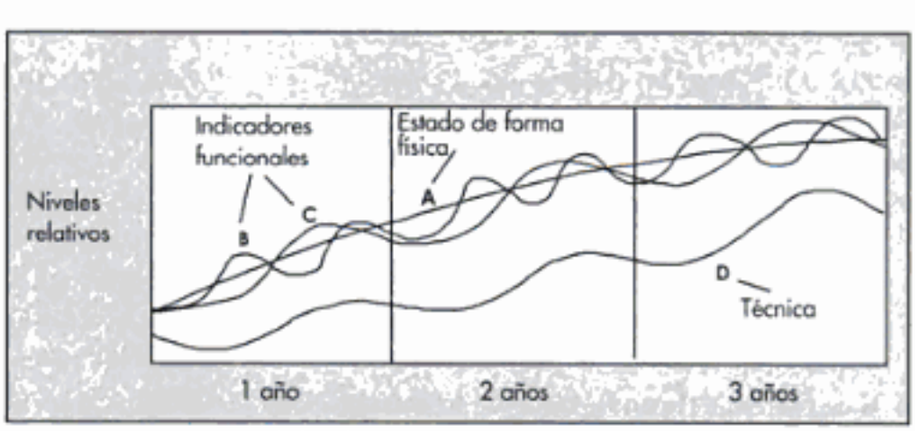


FIGURA 6.10 *Dinámica de la adaptación en el entrenamiento deportivo a largo plazo.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

Como estos mecanismos preceden a la adaptación, habría que llamarlos fenómenos de pre-adaptación (Kuznyecysov, 1979).

Así pues, la adaptación compensatoria es un requisito previo para el desarrollo de una adaptación a largo plazo estable (curva A). Esta última puede aumentar progresivamente si la reconstrucción funcional durante el curso de la adaptación compensatoria es suficiente para producir un efecto visible sobre las interacciones externas del cuerpo y para aumentar su capacidad de trabajo especial. Hay que destacar que la adaptación deportiva consiste no sólo en el aumento del potencial motor, sino también en la mejora de la técnica del deportista para utilizar con mayor eficacia este potencial y enfrentarse a tareas motrices específicas (curva D).

A la luz de las investigaciones científicas, la adaptación no se puede considerar un proceso de equilibrio. La adaptación no es sino el mantenimiento dinámico de un nivel definido de desequilibrio entre el cuerpo y el medio ambiente en un momento dado, razón fundamental para el origen y desarrollo de la reconstrucción acomodativa (Bauer, 1935; Bernstein, 1966).

La figura 6.10 muestra los cambios ostensibles en el tiempo en la preparación especial y, por lo tanto, sólo refleja los aspectos generales de la adaptación a largo plazo. En realidad, los cambios en la capacidad de trabajo especial son el resultado de un extenso complejo de procesos de adaptación que afectan a todos los sistemas de supervivencia del cuerpo. El índice de mejoras del rendimiento de estos sistemas y estadios del desarrollo físico acelerado puede ser distinto. La heterocronicidad se determina mediante:

- la acción de los sistemas fisiológicos particulares que establecen la adaptación a largo plazo de un énfasis específico;
- las diferencias en su reacción (o inercia adaptativa);
- los cambios en el papel de estos sistemas en distintos estadios de la adaptación a largo plazo.

No se ha observado una imagen tan clara del desarrollo de la adaptación a largo plazo en los deportes de resistencia como en los deportes de fuerza explosiva. En este caso, no se trata de las diferencias específicas en el proceso de adaptación, sino de la capacidad para observarla en los factores empleados para el análisis. Las mediciones del gasto aerobio y anaerobio reflejan el nivel general de capacidad para el trabajo especial (p. ej., la resistencia), si bien no manifiestan los cambios internos asociados con la adaptación a un trabajo cíclico o acíclico intenso. Todavía queda mucho trabajo por hacer para entender la adaptación como resultado de la suma de las respuestas fisiológicas a los distintos esfuerzos de entrenamiento, sobre todo del sistema endocrino, de los procesos neurohormonales, del sistema neuromuscular y de todo el sistema nervioso. Las investigaciones realizadas por Folbort (1941), Selye (ver cap. 1) y otros tendrán que llevarse aún más lejos en lo que se refiere a su aplicación al desarrollo de la destreza deportiva, sobre todo en los deportes de resistencia. Hasta entonces podemos asumir que la adaptación a largo plazo al trabajo de resistencia se desarrolla con los mismos mecanismos mencionados arriba, si bien en otro nivel de los sistemas fisiológicos.

No es posible prolongar indefinidamente la adaptación compensatoria a largo plazo. El efecto de la adaptación compensatoria sobre la capacidad de trabajo especial disminuye con cada repetición, y, como hemos visto, la adaptación se describe como una parábola cuyo pico se alcanza finalmente en algún momento dado (fig. 6.10, curva A). Esto indica que las reservas de adaptación general del deportista tienen un límite genéticamente predeterminado. Se pueden juzgar los límites de la adaptación compensatoria por la presencia de ondas en la

Urheberrechtlich geschütztes Material

primera forma de adaptación. Esta forma de organizar la carga durante los mesociclos preparatorios fue diseñada por deportistas muy cualificados y las investigaciones han demostrado su eficacia en todo tipo de deportes (Verkhoshansky, 1977).

Más adelante hablaremos de los aspectos prácticos de utilizar esta forma de adaptación compensatoria en las condiciones de entrenamiento actuales. Lo relevante aquí es hacer hincapié en los resultados de las investigaciones que han estudiado la adaptación compensatoria o los métodos para mejorar al máximo las RAA del cuerpo durante el mesociclo de entrenamiento.

En primer lugar, se determinó la duración óptima de las influencias del entrenamiento, puesto que es vital para mejorar al máximo las RAA del cuerpo. Se descubrió que la duración adecuada de un entrenamiento continuo es de 5 a 6 semanas; con una carga concentrada, la duración es de 3 a 4 semanas, tras lo cual es necesario un periodo de recuperación para activar los procesos compensatorios.

También se descubrió que los deportistas entrenados son capaces de tolerar tres bloques secuenciales de carga separados por pausas cortas de recuperación (de 7 a 10 días). Tras esto, es necesario un periodo de recuperación más largo para facilitar la estabilización en un nivel nuevo de adaptación. Por lo tanto, el tiempo intermedio necesario para agotar las RAA del cuerpo ronda entre las 18 y las 22 semanas (ver fig. 6.11). Este periodo coincide con las observaciones de deportistas altamente cualificados que se entrenan en distintos deportes, incluidos los deportes cíclicos (Zhikharevich, 1976; Sirenko, 1980).

Para aplicar esta información es necesario señalar que el cuerpo no puede adaptarse indefinidamente a las cargas sucesivas de entrenamiento. Existen límites temporales concretos durante los cuales el cuerpo es capaz de reaccionar de forma positiva a cargas continuas de entrenamiento de gran volumen, límites que hay que tener en cuenta al programar el entrenamiento. Sea cual fuere el régimen de entrenamiento diseñado, siempre hay que recordar que no es adecuado someter el cuerpo a un agotamiento extremo de sus reservas energéticas, porque requiere un periodo de recuperación más largo y ejerce un efecto negativo sobre los estadios subsiguientes de adaptación.

Aparentemente, las observaciones precedentes no han sido apreciadas en su justa medida por los críticos del sistema de cargas concentradas (p. ej., Komarova, 1984). Komarova reconoce correctamente que la aplicación prematura o prolongada de cargas concentradas puede producir sobreentreanmiento, estancamiento o lesiones, tal y como se ha puesto de manifiesto a lo largo de este libro. Sin embargo, los errores cometidos al extrapolar este análisis han descartado por completo el empleo periódico de cargas concentradas por parte de los deportistas cualificados. Esto subraya lo importante que es el que el entrenador pueda seleccionar la forma apropiada de periodización preferible para el deportista durante cualquier estadio del proceso de entrenamiento.

Las investigaciones encaminadas al descubrimiento de medios eficaces para desarrollar al máximo las RAA del cuerpo han sacado a la luz una de las características de adaptación más importantes asociadas con la alteración de la homeostasis del cuerpo (Verkhoshansky, 1977). Se halló que cuanto mayor y más duradero sea el agotamiento de las fuentes de energía del cuerpo causado por las cargas concentradas durante mesociclos específicos del entrenamiento (por supuesto dentro de unos límites razonables), mayor será la super-recuperación subsiguiente y más duradero será el nuevo nivel funcional. La clave, por supuesto, está en determinar la duración óptima de las cargas concentradas para así evitar el agotamiento y la bajada de rendimiento.

Es interesante señalar los resultados de un estudio llevado a cabo por Bondarchuk (1982), en el que analizó el efecto de los distintos volúmenes de un mismo programa de entrenamiento sobre un

Urheberrechtlich geschütztes Material

grupo de lanzadores de martillo. Halló que un aumento del 50% del volumen de carga no tenía un efecto significativo sobre la duración del mantenimiento del efecto de entrenamiento ni sobre el rendimiento deportivo. Aunque Bondarchuk subraya que este hallazgo se aplicó sólo a un grupo particular de deportistas, tiende a confirmar que los cambios en la intensidad tienen un efecto más profundo sobre la forma física que los cambios comparables que se puedan hacer en el volumen. Esto también supone que los cálculos del volumen no son tan importantes como los de la intensidad, lo cual corrobora la importancia que tiene prestar cuidadosa atención a las zonas de intensidad de carga (ver también la tabla 6.1).

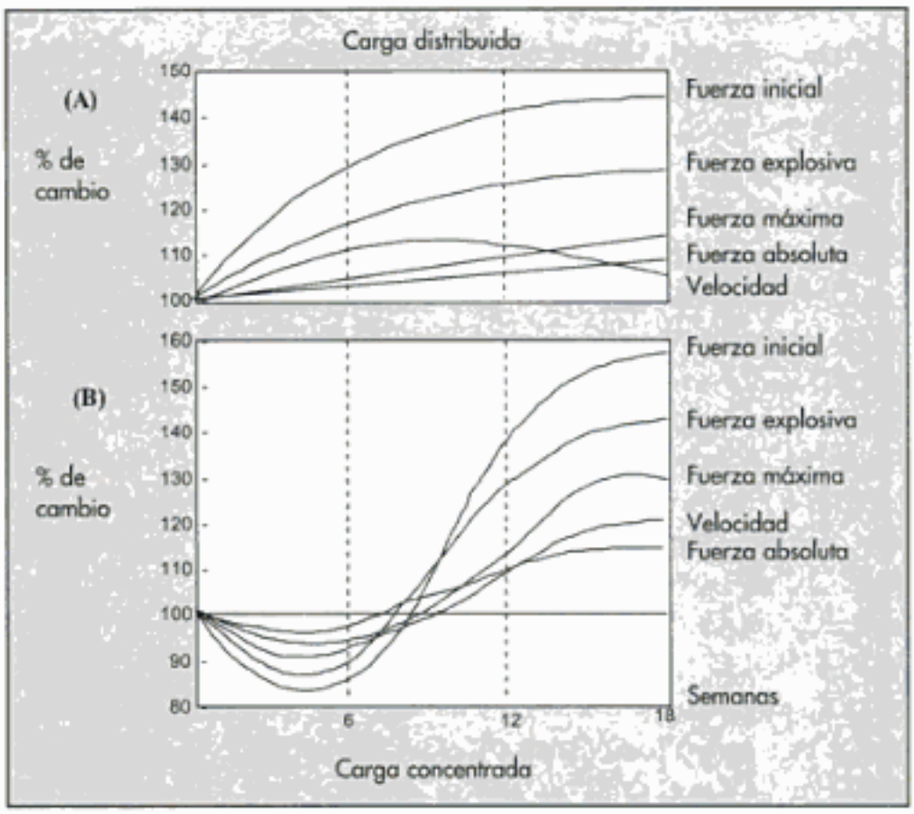


FIGURA 6.11 *Dos formas de adaptación compensatoria durante la fase de preparación amplia.*

La organización del entrenamiento, que pone al descubierto la alteración extensa y relativamente prolongada de la homeostasis, precisa la inclusión de estadios adecuados de recuperación para desencadenar una acción compensatoria y eliminar así el pico fásico inapropiado de los distintos indicadores funcionales, y lograr con ello la estabilización del cuerpo en un nuevo nivel funcional. El volumen general de carga debe disminuir en este momento y hay que introducir los medios de la preparación física general en el entrenamiento para intensificar la reacción compensatoria. Cuanto mayor y más prolongada sea la alteración de la homeostasis, más largo tendrá que ser el estadio de recuperación. El concepto de RAA y las características de la adaptación compensatoria tienen mucha importancia para programar el entrenamiento y sobre todo para lograr una periodización anual eficaz.

ESPECIALIZACIÓN FUNCIONAL Y ESTRUCTURAL EN EL ENTRENAMIENTO

La especialización funcional y estructural se refiere a aquellos cambios de adaptación estables que son producidos por una forma específica de acondicionamiento impuesta por un deporte dado. Todos los sistemas de supervivencia del cuerpo sobrellevan una reconstrucción adaptativa como respuesta a los factores de tensión externos. Sin embargo, no es difícil observar que dichos sistemas, que son de la mayor importancia para tener éxito, experimentan un índice acelerado de crecimiento funcional.

Ya se ha apreciado que los elementos específicos de adaptación están determinados sobre todo por dos factores: el régimen de trabajo deportivo y el aumento gradual pero constante de la complejidad de las interacciones externas del cuerpo asociadas con el aumento de la destreza deportiva.

Urheberrechtlich geschütztes Material

moderado de la fuerza muscular al que se le suma una mejora de la capacidad del deportista, las cualidades de fuerza resistencia y potencia dinámicas aceleran el incremento de la fuerza funcional (Zhurbinoi, 1978).

El proceso de especialización funcional se caracteriza por el hecho de que existe una secuencia concreta (conocida como heterocronicidad, tal y como se detalla en el cap. 2) en el desarrollo de la adaptación. Esto significa que el cuerpo se adapta a las influencias externas sólo cuando es necesario para una mejora de la competencia deportiva, lo cual incluye únicamente aquellos sistemas cuyas funciones satisfacen todos los requisitos necesarios para mejorar la forma física específica.

La especialización funcional multianual del cuerpo está estrechamente relacionada con su adaptación física correspondiente. Esta adaptación deja indicios de las influencias del entrenamiento sobre el cuerpo durante largos periodos, y sirve de base para su perfeccionamiento funcional. Estos indicios han sido estudiados en términos generales a nivel del tejido muscular, del músculo cardíaco, de la estructura esquelética y de los mecanismos cardiovasculares y otros sistemas. Son necesarios nuevos estudios sobre las características multianuales de la especialización funcional y estructural en ciertos deportes para poder formular los principios de la programación del entrenamiento.

La estructura de la preparación física especial

Las características de la especialización funcional mencionadas arriba en los entrenamientos multianuales se asocian con cambios de adaptación específicos en los sistemas respiratorio-cardiovascular y neuromuscular, así como en la eficacia de los mecanismos del sistema nervioso central que regulan sus actividades. Durante muchos años, no se señaló que cada deporte requiere no sólo un diferente tipo de destreza motriz, sino también un distinto tipo de forma física fisiológica. Incluso hoy en día no se comprenden totalmente el papel y la naturaleza del entrenamiento suplementario. Por ejemplo, quizá se prescriba en gran medida el mismo tipo de entrenamiento de resistencia para deportistas que practican distintos deportes simplemente porque dichos deportes son superficialmente parecidos. Hay que señalar que el «cross training» suplementario no se puede usar así como así creyendo que la fuerza, velocidad o resistencia adquiridas en una situación supondrán un beneficio directo sobre el rendimiento en otra situación.

Por ejemplo, la resistencia muscular obtenida a través de un entrenamiento suplementario con carreras no significa que mejore directamente el rendimiento de un palista o ciclista. La preparación física especial (PFE) depende del desarrollo de las cualidades físicas necesarias con los mismos músculos y mecanismos neuromusculares que se ejercitan en un deporte dado. Por lo tanto, el entrenamiento para adquirir la preparación física especial debe basarse en un conocimiento a fondo de los diferentes tipos de especificidad estudiados en el capítulo 1 y en las características de la integración entre los distintos órganos y el sistema neuromuscular, el cual determina el cambio en la capacidad de trabajo especial.

También se suele creer que es posible desarrollar cada cualidad atlética por separado con una u otra forma de entrenamiento general, para luego reunirlas todas y obtener la forma física deportivo-específica necesaria. Las investigaciones actuales sobre bioquímica y fisiología no respaldan la idea de que la especificidad surja de un conjunto de cualidades físicas inespecíficas, por lo que queda claro que para dirigir el entrenamiento hay que tener en cuenta los efectos de los medios secuenciales y concurrentes del entrenamiento. En consecuencia, el problema de la programación del entrenamiento ha sido estudiado desde distintas posiciones en los primeros capítulos (ver sobre todo el capítulo sobre la rapidez y la velocidad, y el cap. 4. sobre la resistencia general).

Urheberrechtlich geschütztes Material

LA PREPARACIÓN Y LA CARGA DE ENTRENAMIENTO

La conexión entre la forma física del deportista y un régimen de cargas dado es el tema central de la teoría y práctica de la programación del entrenamiento. También es el punto de unión más débil de la dirección del entrenamiento y precisa atención especial por parte de científicos y entrenadores. Antes de examinar los aspectos prácticos de la conexión entre la carga y la forma física del deportista, hay que definir con mayor profundidad los conceptos de carga de entrenamiento y efecto de entrenamiento (ver fig. 6.8).

En términos exactos la carga de entrenamiento no existe como entidad independiente. Terminológicamente, hay que distinguirla de la carga empleada en el entrenamiento con pesos, que se refiere a la resistencia o fuerza impuestas que un peso o máquina impone sobre el cuerpo. La carga de entrenamiento se relaciona con el trabajo muscular que el cuerpo debe producir para cumplir un régimen dado de ejercicio en el entrenamiento o en la competición. Para ser más precisos, el trabajo muscular es un potencial de entrenamiento que se traduce en un efecto apropiado en el cuerpo. Por lo tanto, el potencial de entrenamiento de trabajo muscular, y por consiguiente su efecto de entrenamiento, está hasta cierto punto determinado por la forma física actual del deportista.

Debe quedar claro que la interrelación entre la forma física del deportista y la carga de entrenamiento es extremadamente compleja y que depende de muchos factores y está determinada por numerosas variables (ver fig. 6.8). Por desgracia, las investigaciones destinadas a estudiar esta conexión son pocas y a menudo contradictorias. Por lo tanto, este capítulo tratará de sistematizar y estudiar la conexión entre la forma física de los deportistas y la carga de entrenamiento haciendo uso de los resultados de las largas investigaciones de Verkhoshansky y sus colaboradores.

La carga de entrenamiento y su efecto

La carga de entrenamiento alude al cálculo cuantitativo del trabajo de entrenamiento realizado. Suelen reconocerse conceptos como la carga externa, interna y psicológica; p. ej., y respectivamente, la cantidad de trabajo hecha, su efecto sobre el cuerpo y el efecto psicológicamente percibido del deportista (Matveyev, 1964; Volkov, 1969; Ozolin, 1970; Tumanyan; 1974). El volumen y la intensidad se consideran las características generales principales de la carga de entrenamiento, (Ozolin, 1949; Matveyev, 1956; Khomenkov, 1970; Nabatnikova, 1972).

Existen otras clasificaciones sobre la carga de entrenamiento basadas en las características motrices del deporte, en la potencia del trabajo muscular, en las tareas pedagógicas del entrenamiento, en el efecto de recuperación, en el efecto sobre el trabajo subsiguiente, en la interacción entre regímenes de trabajo con distintos énfasis (p. ej., la interacción del trabajo primario de fuerza y el trabajo de fuerza-velocidad), y en otros criterios (Farfel, 1958; Volkov, 1959, 1974; Zimkin, 1963; Monogarov y Platonov, 1975; Suslov, 1978; Scherrer, 1962, 1969).

Sin embargo, cada una de estas clasificaciones aplicada por separado no es adecuada para resolver la tarea de programar el entrenamiento. Lo que se necesita es un enfoque algo distinto, un enfoque que cumpla los requisitos especiales para realizar la valoración preliminar de la carga y que tenga en cuenta los criterios de clasificación anteriores.

El concepto de carga sugiere en primer término la existencia de una medida fisiológica del efecto del trabajo muscular especializado sobre el cuerpo reflejada a través de reacciones funcionales específicas. Por lo tanto, surge la necesidad, a la hora de desarrollar los conceptos de carga interna y externa, de introducir los conceptos de potencial entrenante de la carga y su efecto entrenante para poder describir con mayor precisión la relación existente entre causa y efecto (ver la fig. 6.8).

Urheberrechtlich geschütztes Material

La influencia de la carga se expresa por medio de su efecto entrenante (EE), el cual se valora, primeramente, por medio de la magnitud del cambio experimentado por la condición física del deportista. Las investigaciones sobre las formas en las que se produce el EE son muy contradictorias, sobre todo porque reúnen la siguiente representación de elementos en el proceso del entrenamiento (Zatsiorsky, 1964; Volkov, 1966; Matveyev, 1977):

EE agudo > EE retardado > EE acumulativo

Las dos primeras formas se asocian con una sola sesión de entrenamiento: el EE agudo no es sino la reacción momentánea del cuerpo a la carga física; mientras que el EE retardado es la alteración observada en el deportista un tiempo después de la sesión. El EE acumulativo es el resultado de la acumulación subsiguiente de todos los EE que se manifestaron durante el entrenamiento.

Sin embargo, el esquema anterior es unidireccional y no tiene en cuenta los cambios cualitativos del EE cuando son producidos por cargas de entrenamiento de distinto énfasis primario (p. ej., fuerza, fuerza-velocidad o resistencia muscular). El hecho es que la acumulación de efectos entrenantes no se reduce a la suma de los efectos por separado, sino que constituye un conjunto sinergístico (p. ej., la suma de las partes es mayor que el conjunto).

El mecanismo de adaptación generalizada es una cualidad universal del sistema biológico, que establece un equilibrio entre su forma física y las condiciones externas y está determinado primariamente por la selección automática de la estrategia acomodativa que sea más apropiada en esa situación. Esto supone una respuesta selectiva a las influencias del entrenamiento, según el énfasis primario del que se trate, y a la integración estable en un sistema bien adaptado. Como ya se ha mencionado, el EE acumulativo en sí puede manifestarse con una expresión cualitativa y cuantitativa distinta, dependiendo de factores tales como la forma física actual, el orden en que los regímenes de entrenamiento con distintos énfasis se suceden unos a otros, los efectos retardados de la carga precedente y la duración de los medios de entrenamiento dados (Verkhoshansky, 1970).

Por ejemplo, se sabe desde hace tiempo que el resultado de una sesión de entrenamiento depende de la secuencia de ejercicios (p. ej., con un énfasis primario en la velocidad, la fuerza o la resistencia). Los estudios bastante abundantes sobre el tema muestran con claridad el efecto sobre el cuerpo de una secuencia particular de cargas de entrenamiento con distinto énfasis durante un entrenamiento a largo plazo; p. ej., la carga glucolítica «aerobia» y «anaerobia» para el desarrollo de la resistencia o la fuerza especiales (Nabatnikova, 1972; Volkov, 1975; Platonov, 1980), y ejercicios de salto para la fuerza explosiva (Tatyan, 1975; Khodykin,

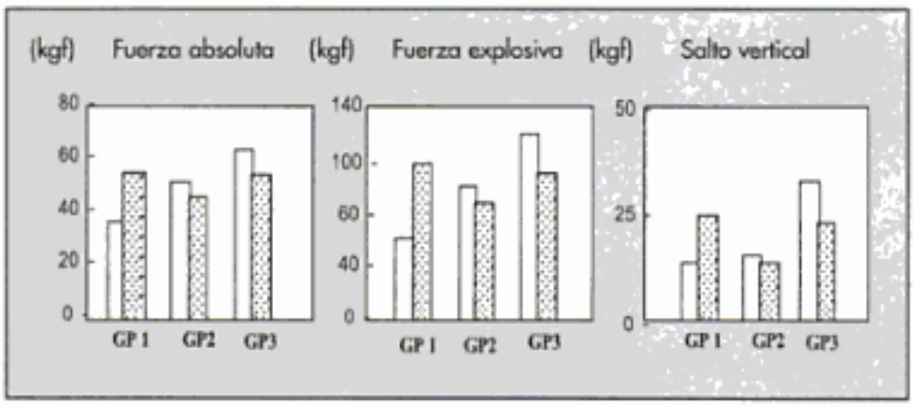


FIGURA 6.12 *Efecto de entrenamiento con distintas secuencias de medios de velocidad fuerza entre saltadores de altura con calificación media. El gráfico 1 muestra el incremento de la fuerza absoluta de los músculos flexores de la planta del pie; el gráfico 2 muestra el incremento del esfuerzo explosivo máximo en un salto vertical; el gráfico 3 muestra el incremento en altura después de un salto de longitud. Todos los valores en % superan los valores iniciales. Barras blancas = primeros 3 meses; barras con trama = siguientes 3 meses de entrenamiento.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

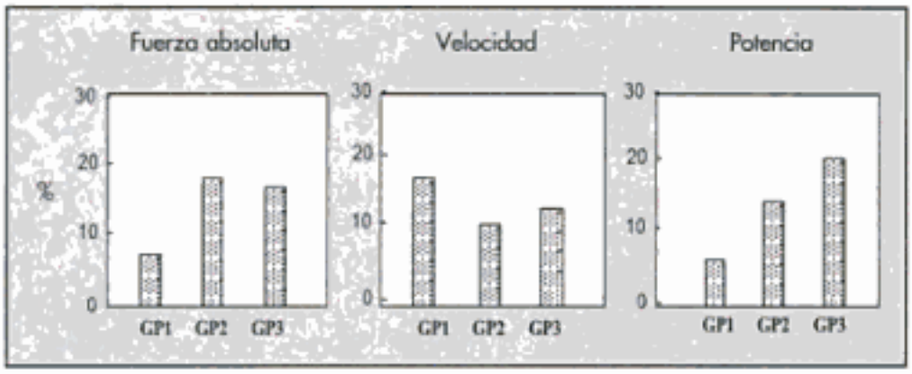


FIGURA 6.13 *Efecto de entrenamiento (en % de incremento) de los músculos extensores de ambas piernas en distintos programas de carga con saltadores de muy alto nivel (Nedobyvailov). Los detalles aparecen en el texto.*

1976; Chernousov, 1978; Levchenko, 1980).

Basándose en investigaciones parecidas, se ha sugerido que es necesario distinguir el EE parcial (el resultado del efecto de la carga de unos medios o énfasis primarios) del EE acumulativo (el resultado del efecto generalizado sobre el cuerpo de cargas con distinto énfasis primario, aplicado al mismo tiempo o secuencialmente). En el último caso, hay tanto aspectos cualitativos como cuantitativos en el EE. La distintición entre estos conceptos se explica mejor con ejemplos.

En un experimento (fig. 6.12), el grupo 1 comenzó realizando ejercicios con mancuernas y luego saltos de longitud (un método pliométrico para desarrollar la fuerza explosiva). El grupo 2 empleó una secuencia invertida de medios. Cada tipo de medios se empleó tres meses cada uno. El grupo 3 realizó de forma habitual ejercicios con barra de pesas y saltos de longitud durante ambos estadios de 3 meses. El volumen global de carga fue equivalente en todos los grupos.

Los resultados de los estudios nos permiten, primeramente, comparar el EE parcial obtenido en la realización de ejercicios sólo con mancuernas y saltos de longitud (el primer estadio de los grupos 1 y 2), así como el EE acumulativo obtenido con las dos distintas formas de organizar la carga: concurrente (grupo 3) y secuencial (el segundo estadio de los grupos 1 y 2). Se extrajeron las siguientes conclusiones de este experimento:

1. El EE parcial de los saltos es superior al de los ejercicios con mancuernas.

2. El efecto final del entrenamiento se ve alterado substancialmente por el reordenamiento de la carga con un énfasis primario distinto. La secuencia compuesta por los ejercicios con mancuernas y los saltos de longitud (grupo 1) obtuvo un nivel más alto de preparación de fuerza-velocidad (un EE acumulativo positivo) que la secuencia invertida (grupo 2). En el grupo 2, el EE fue en esencia más bajo al final del segundo estadio que después del primero (un EE acumulativo negativo).

3. El uso concurrente de los medios anteriores en el primer estadio (grupo 3) reportó un efecto acumulativo superior al de los grupos 1 y 2. Sin embargo, el EE decreció de manera evidente en el grupo 3 durante el segundo estadio porque recurrir durante mucho tiempo un único medio decrece el potencial de entrenamiento de la carga.

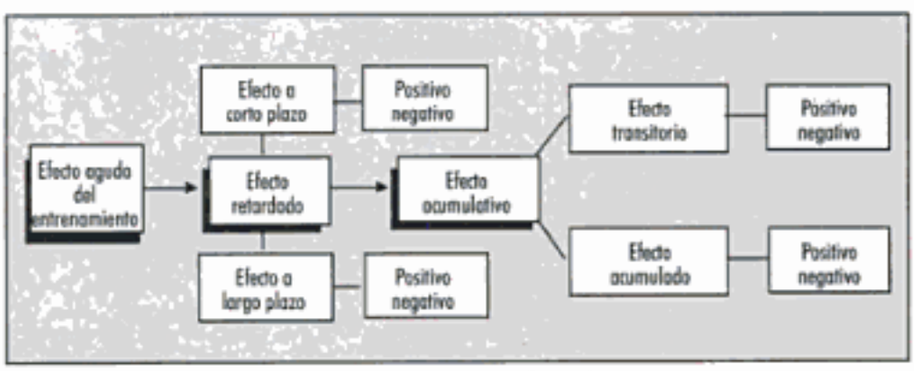


FIGURA 6.14 *Relación entre los distintos tipos de efecto de entrenamiento.*

En otro experimento (fig.

Urheberrechtlich geschütztes Material

6.13), realizado durante un periodo de 7 semanas, el grupo 1 realizó ejercicios con pesos con un 30-50% de 1RM; el grupo 2, con un 70-90% de 1RM; y el grupo 3, con un 30-90% de 1RM al mismo tiempo (p. ej., mediante regímenes conjuntos de un 30-50% y un 70-90%). La carga general en todos los grupos fue equivalente si atendemos al consumo metabólico del trabajo. Una vez más, es fácil extraer el EE parcial con pesos diferentes (grupo 1 y 2) y el EE acumulativo a partir del empleo concurrente de esos y otros medios resistidos de carga (grupo 3).

Hay que prestar especial atención a la forma en que aparece el fenómeno acumulativo como resultado del trabajo combinado con pesos de un 30-90% de 1RM en lo que respecta al nivel de potencia alcanzado en el grupo 3, y a cuanto mayor es el EE parcial y relativo obtenido mediante un énfasis único (grupos 1 y 2). Al mismo tiempo hay que señalar que el mayor incremento en la velocidad se produjo mediante un entrenamiento con cargas del 30-50% de 1RM (grupo 1, gráfico 2).

Los datos muestran con claridad varias cosas: lo mucho que depende la preparación especial del deportista de la organización de las cargas de entrenamiento; los puntos en los que hay que hacer hincapié al organizar el entrenamiento; qué tipo de EE se requiere en cada caso y qué se necesita para conseguirlo.

Desde un punto de vista práctico, es conveniente valorar el EE atendiendo a dos criterios: uno temporal (agudo y retardado) y otro cualitativo (parcial y acumulativo). El EE agudo no es sino el efecto observado durante y justo después de una sesión de entrenamiento, mientras que el EE retardado se manifiesta un poco después de la carga, por ejemplo, en un número de sesiones mixtas o en un periodo corto (EE a corto plazo), o bien preservado durante más tiempo después de la carga impuesta a lo largo de estadios de entrenamiento prolongados (el EE a largo plazo). El último de estos se analizará en profundidad más adelante.

Se pueden distinguir cierto número de formas cualitativas de EE acumulativo (agudo o retardado), según la organización de las cargas de entrenamiento (fig. 6.14). La acumulación puede ser transitoria (la reacción inmediata del cuerpo a un complejo de influencias del entrenamiento con distinto énfasis, impuestas en una sesión o en sesiones mixtas, junto con el uso simultáneo y prolongado de cargas con distinto énfasis), acumulada (la estratificación de las huellas de las cargas de entrenamiento con distinto énfasis, seguida en cierto orden y en estadios prolongados de entrenamiento) y, finalmente, positiva o negativa (si las huellas de algunas cargas crean o no las condiciones favorables para la adaptación a otras cargas).

A primera vista, esta clasificación del EE puede parecer un tanto tediosa. Sin embargo, su base es la dependencia de la forma física del deportista de las cargas de entrenamiento en las condiciones actuales de los deportes, por lo que es imposible no tener en cuenta su complejidad al programar el entrenamiento.

La naturaleza fisiológica del EE es tan compleja y las formas en las que se manifiesta tan diversas que un análisis exhaustivo de sus características sólo es posible basándonos en los criterios anteriores. Ello tiene una gran importancia práctica, porque la programación de las cargas de entrenamiento debe basarse principalmente en lograr un EE concreto. Por lo tanto, un buen conocimiento del EE requerido y de las condiciones necesarias para su consecución son esenciales para determinar sus componentes y la organización del entrenamiento.

Factores que determinan el efecto del entrenamiento

Con el fin de seleccionar las cargas de entrenamiento óptimas para las numerosas variaciones posibles, es necesario llevar a cabo una valoración preliminar de su eficacia. Para ello es útil analizar los efectos físicos de la carga atendiendo a características tales como sus contenidos, su volumen y

Urheberrechtlich geschütztes Material

PFE sea eficaz lo importante no es que los medios de entrenamiento reproduzcan con precisión las características espaciales del ejercicio dado. El principal criterio de conformidad en este caso es el régimen global de trabajo muscular. Por ejemplo, los ejercicios de fuerza como las sentadillas con barra de pesos tienen poco parecido con el movimiento del deportista al correr, al hacer un lanzamiento o jugar al baloncesto. Pero la ejecución de sentadillas está justificada porque contribuye de forma activa a aumentar la capacidad de trabajo especial de los músculos adecuados para la práctica de esos deportes.

Existe a nuestra disposición y para el entrenamiento de cualquier deporte un número adecuado de medios de PFE que cubren las acciones fundamentales. Sin embargo, es importante destacar que la necesidad de preservar el potencial entrenante de la carga (sobre todo en el caso de los deportistas muy cualificados) requiere el uso de medios que no sólo cubren sino que exceden las condiciones de la competición en lo que respecta a la fuerza máxima, al tiempo de desarrollo de fuerza máxima y a la potencia de los procesos metabólicos que determinan la capacidad de trabajo. Sobre esta base es fácil llegar a la conclusión de que el cumplimiento de este requisito se relaciona con una mejora del componente de fuerza de los movimientos. Este énfasis en la fuerza o, mejor dicho, en la realización de ejercicios especializados en la fuerza dentro del régimen de los medios de la PFE hace necesario estudiar este tema con más detalle.

Primeramente, hay que subrayar que el papel de los ejercicios de fuerza en el entrenamiento deportivo no se limita a mejorar únicamente la fuerza como a veces se piensa. No cabe duda de que es importante aumentar la fuerza, si bien no es la única ni la tarea fundamental del entrenamiento de fuerza. En sí mismo, el valor de la fuerza máxima no es tanto y puede no ser suficientemente utilizado en la práctica para mejorar el efecto y la especificidad de la carga en las condiciones deportivas reales. Sin embargo, su papel en los deportes de fuerza-velocidad es obvia y se alcanza con éxito, si bien en muchos otros tipos de deportes (sobre todo los que requieren resistencia) no ha sido entendido en su justa medida.

El desarrollo de la resistencia se relaciona en primer lugar con la realización de un entrenamiento de fondo o de larga duración para mejorar la capacidad aerobia. Sin embargo, se suele infravalorar la importancia de la adaptación muscular al trabajo intenso y prolongado. También parece olvidarse que la especialización de los músculos, como ejecutores directos del trabajo, tiene más importancia que el desarrollo del componente respiratorio y cardiovascular de la resistencia. Es necesario un estímulo más intenso para favorecer la adaptación de los músculos al trabajo de resistencia que para desarrollar el acondicionamiento respiratorio y cardiovascular. Por lo tanto, cuando sólo se emplea el método de larga duración para desarrollar la resistencia, puede producirse un desequilibrio evidente entre el nivel funcional de los sistemas respiratorio y cardiovascular y el potencial de trabajo de los músculos. En este caso, no se alcanzará la competencia deportiva que se esperaba.

Esta situación es muy corriente en la preparación de los corredores de medio fondo. La lógica elemental establece que para correr un 800 en 1:45:0 es necesario conseguir un tiempo de 10,6-10,7 segundos en los 100 m. Hay que poseer un potencial alto de fuerza para conseguirlo; p. ej., la capacidad para realizar tres saltos de longitud consecutivos cubriendo una distancia total de al menos 9 m, o diez saltos de longitud consecutivos que sumen 33-34 m, distancia para la cual los mediofondistas no suelen tener la fuerza requerida. Sólo es posible suprimir esta deficiencia mediante un entrenamiento especializado en la fuerza y el salto de longitud, el cual ejerce mayor influencia sobre esos músculos que el entrenamiento de fondo, con lo que se intensifica su adaptación al trabajo de resistencia y se activan las reservas funcionales relevantes del cuer-

Urheberrechtlich geschütztes Material

más otra significación importante. Como ya se dijo con anterioridad, la integridad mecánica del aparato articular-ligamentoso puede convertirse en el factor que limite el progreso del rendimiento deportivo (ver cap. 1). Si estos tejidos conectivos no están preparados para un trabajo continuo de intensidad moderada, la elevada sobrecarga dinámica que sufren en el nivel de rendimiento máximo puede producir graves lesiones en las articulaciones. Esto suele producirse en la gimnasia deportiva, en la halterofilia, en el salto de altura y en el triple salto.

El volumen en sí mismo no determina la especificidad de la influencia de la carga de entrenamiento sobre el cuerpo y sobre las características de las reacciones de adaptación del cuerpo. Por lo tanto, al programar el entrenamiento sólo se puede determinar correctamente la influencia del volumen si se tiene en cuenta la magnitud de la carga, su duración e intensidad. La magnitud del volumen es la medida cuantitativa de la carga de entrenamiento planificada o real con cierto énfasis primario, que se calcula durante cada microciclo o estadio específicos o durante cada ciclo anual en conjunto. La magnitud del volumen se determina, inicialmente, sobre la base de la capacidad del deportista. Cuanto más alta sea la capacidad, mayor será el volumen de carga impuesto a lo largo del año y durante cada estadio de la preparación. A medida que mejora la capacidad del deportista (también dentro del ciclo de cuatro años), lo mismo sucede con la magnitud; por consiguiente, la proporción de volumen de carga con distinto énfasis sufre un incremento de la proporción dedicada a la carga especializada (Panov, 1975; Zhikharevich, 1976; Vankov, 1977; Matveyev, 1977; Gilyazova, 1978).

La magnitud del volumen de carga anual se establece de forma individual mediante el examen de las características de la preparación del deportista durante los estadios previos del entrenamiento. Una tarea más seria de la programación del entrenamiento es el cálculo del volumen de carga óptimo en los distintos segmentos de tiempo dentro de cada estadio del ciclo anual y ciñéndose a los principios para la organización eficaz de las cargas de entrenamiento con distinto énfasis primario, tal y como ya se ha tratado en este capítulo.

La intensidad de la carga determina la fuerza y la especificidad de su efecto sobre el cuerpo, o bien la dificultad del trabajo de entrenamiento. La intensidad regula el potencial entrenante de los medios dados, la frecuencia de su uso y los intervalos entre medios repetidos o sesiones de entrenamiento con gran potencial entrenante, así como la proporción del volumen de la carga dividido por el tiempo invertido en alcanzar la carga máxima en un estadio concreto. La última medición tiene especial importancia en la programación del entrenamiento a lo largo de periodos prolongados, puesto que tiene en cuenta la concentración de carga en relación con el tiempo. Está permitido intensificar la carga durante estadios específicos del ciclo anual, pero sólo después de haber concluido la preparación preliminar con cargas de intensidad baja (ver fig. 6.1).

La duración de la carga de entrenamiento es una medida importantísima del volumen y debe estudiarse con más detalle porque tiene un efecto significativo sobre la dinámica de la forma física de los deportistas, si bien los entrenadores pueden fácilmente cometer errores en su cálculo.

Ya se ha mencionado que la longitud de tiempo sobre la que se establecen los regímenes de entrenamiento sistemático (el volumen general de carga) tiene un límite máximo y concreto según cuales sean las reservas actuales de adaptación (RAA) del cuerpo (ver cap. 1). Al mismo tiempo, las investigaciones sobre esta cuestión han establecido que existe también un límite superior en la duración del empleo de cualquier medio de entrenamiento especializado con un énfasis primario, y que exceder ese límite es perjudicial para el desarrollo de la fuerza explosiva y la fuerza máxima, así como para el crecimiento de la capacidad aerobia y anaerobia. Superar este límite no mejora la forma física y malgasta el tiempo y las energías de los deportistas. Al

Urheberrechtlich geschütztes Material

- la especificidad del trabajo muscular;
- la concentración de la carga en el tiempo;
- la separación de la carga de fuerza, el desarrollo de la velocidad y el perfeccionamiento de la técnica;
- la utilización del efecto de entrenamiento a largo plazo.

La organización de las cargas se define mediante dos criterios: la naturaleza de su distribución en el tiempo y la interrelación entre las cargas de distinto énfasis primario.

La distribución de la carga de entrenamiento en el tiempo alude a su organización en estadios, ciclos y fases independientes dentro del ciclo anual. La distribución del volumen general de carga y su dinámica en el ciclo anual se determinan mediante la periodización tradicional del entrenamiento y mediante las características de la adaptación a largo plazo del cuerpo al entrenamiento. Al hablar de cargas con un énfasis primario, hay que distinguir dos formas de organizarlas: la carga distribuida y la carga concentrada (ver la fig. 6.11). La primera comprende una distribución relativamente uniforme de los medios durante un ciclo anual; la segunda comprende la concentración de los medios a lo largo de estadios de entrenamiento concretos.

La eficacia de los métodos de distribución y concentración para organizar las cargas de entrenamiento debe basarse en el nivel de capacidad de los deportistas. Las investigaciones muestran que ambos métodos tienen éxito en el entrenamiento de deportistas de capacidad media. El método de la carga concentrada es adecuado para el entrenamiento de deportistas de muy alta capacidad. A tenor de esto se ha comprobado que la distribución del trabajo glucolítico a lo largo del ciclo anual de los velocistas de capacidad muy alta aumenta el volumen de carga, pero no incrementa la eficacia de la carga. Sin embargo, al concentrar el volumen de trabajo glucolítico en ciertos estadios, el trabajo se puede realizar con un volumen menor, pero sin que haya una mejora significativa de la velocidad-resistencia (Kornelyuk, 1980). Se han obtenido resultados parecidos al concentrar el volumen de trabajo para la fuerza especial de velocistas (Levchenko, 1986), corredores de medio fondo (Sirenko y Zhdanovich, 1982), boxeadores (Filimonov, 1979) y saltadores (Mironenko y Antonova, 1981).

Estas investigaciones han demostrado que la concentración del volumen de carga unidireccional produce cambios funcionales más extensos y un incremento mayor de la forma física de los deportistas. La práctica habitual del entrenamiento con carga distribuida que se reparte a lo largo de un periodo prolongado sólo genera una reacción funcional transitoria que no mejora la adaptación a largo plazo. Aunque la carga distribuida puede generar inicialmente cierto incremento del nivel funcional, pronto disminuye su potencial entrenante como consecuencia de la rápida adaptación del cuerpo a los estímulos del entrenamiento.

El empleo de cargas de distinto énfasis primario produce el efecto acumulativo de entrenamiento requerido siempre y cuando se combinen con lógica en el tiempo, ya que la carga acumulativa con medios de distinto énfasis primario puede tener efectos positivos o negativos. Así pues, para desarrollar la fuerza explosiva hay que conseguir un efecto acumulativo positivo sobre el cuerpo mediante el empleo de las siguientes combinaciones de medios de entrenamiento:

- ejercicios de saltos cortos y largos;
- ejercicios con barra de pesos y ejercicios de saltos;
- ejercicios con barra de pesos con un 30% y un 90% de la máxima;
- ejercicios con barra de pesos y el método pliométrico para desarrollar la fuerza explosiva;
- saltos con cinturón lastrado y ejercicios de saltos;

Urheberrechtlich geschütztes Material

- se realizan ejercicios anaerobios-glucolíticos después del entrenamiento del ATP-CP.

Bajo estas condiciones, la carga previa crea las condiciones favorables para trabajar con la carga subsiguiente y aumenta el efecto de la sesión de entrenamiento en conjunto.

Se produce una interacción negativa cuando (Volkov, 1975):

- los ejercicios de ATP-CP se realizan después de concluir gran cantidad de trabajo glucolítico;
- los ejercicios anaerobios-glucolíticos se realizan después de ejercitarse con grandes volúmenes de trabajo aerobio.

Se ha confirmado que la recuperación de las fuentes de energía y la alteración del equilibrio endocrino del cuerpo se prolonga 2 o 3 días después de ejercitarse con un gran volumen de trabajo aerobio. Durante ese periodo lo apropiado es trabajar con un pequeño volumen de carga anaerobia, porque no tiene una influencia negativa sobre la recuperación de la capacidad aerobia y estimulará el desarrollo de la capacidad anaerobia.

La recuperación después de trabajar con volúmenes moderados de carga anaerobia suele costar de 3 a 8 horas. Sin embargo, cuando los volúmenes de carga anaerobia son muy grandes la recuperación se retrasa. El efecto de entrenamiento de las sesiones del ATP-CP se deteriora cuando durante dichas sesiones no se deja que el cuerpo se recupere por completo del trabajo con las cargas precedentes (Nabatnikova, 1972; Volkov, 1975; Platonov, 1980).

La acumulación secuencial del efecto de entrenamiento de cargas con distinto énfasis primario se manifiesta en la preparación a largo plazo y se consigue mediante la acción del trabajo precedente sobre el trabajo subsiguiente. En este caso, si el trabajo precedente crea las circunstancias favorables para el trabajo subsiguiente, se produce una acumulación positiva de sus efectos de entrenamiento. Para lograr el desarrollo de la fuerza explosiva, la acumulación positiva se consigue por medio de una secuencia que aplica un entrenamiento extenso (p. ej., con un volumen alto), inicialmente con resistencia submáxima, seguido por el entrenamiento explosivo. En este caso la acumulación positiva se logra a través del primer régimen de carga, el cual produce un aumento del potencial general de energía del sistema neuromuscular. Esto crea las condiciones favorables de adaptación, facilitadas por la carga subsiguiente y por el énfasis en el desarrollo de la capacidad del deportista para exhibir una gran potencia explosiva. La secuencia invertida de este programa de cargas comporta un efecto acumulativo negativo.

El mecanismo de la acumulación secuencial sólo es apropiado cuando el efecto de entrenamiento del trabajo previo ha llegado a ser relativamente estable, para lo cual se requieren, por lo menos, de 4 a 6 semanas. Cuando los medios de distinto énfasis para desarrollar la fuerza cambian con periodos de tiempo más cortos, por ejemplo después de 2 semanas, el cuerpo no logra diferenciar los elementos específicos de su influencia individual de la reacción adaptativa del cuerpo en la que median los procesos de acumulación transitoria. Así pues, cualquier cambio después de estadios de 2 semanas con cargas de distinto énfasis altera mínimamente el efecto de entrenamiento resultante.

Con el desarrollo de la resistencia especial (p. ej., el objetivo principal de los deportes cíclicos), la acumulación secuencial del efecto de entrenamiento de cargas de distinto énfasis primario muestra un carácter más complejo que el desarrollo de la fuerza explosiva, de lo cual se extraen las siguientes conclusiones:

- Está permitido y es costumbre desarrollar la capacidad explosiva con medios suplementarios que a veces se alejan mucho de la estruc-

Urheberrechtlich geschütztes Material

tura motriz del ejercicio fundamental del deporte; sin embargo, como la actividad deportiva fundamental es el medio principal para desarrollar especialmente la resistencia en los deportes cíclicos, de ahí que el desarrollo de la resistencia especial dependa de la óptima selección de los volúmenes relativos de trabajo con distinta intensidad y duración.

- El entrenamiento de resistencia provoca cambios más profundos en el cuerpo que el entrenamiento explosivo y requiere más tiempo para que el deportista se recupere. Por lo tanto, es muy importante hacer una selección del entrenamiento subsiguiente. Puesto que lo apropiado es hacer un tipo de trabajo distinto que, en concreto, intensifique la recuperación o mejore otras capacidades, el mantenimiento del énfasis principal del régimen de entrenamiento se complica bastante y nos obliga a usar los medios de entrenamiento concurrentes, que no siempre son apropiados para los deportistas altamente capacitados (Platonov, 1980).

A pesar de que los métodos para el desarrollo de la resistencia fueron creados hace mucho tiempo, sigue habiendo dos puntos de vista opuestos. Uno de ellos se basa en el valor del desarrollo concurrente de la resistencia general y especial (Matveyev, 1970; Ogoltsov, 1971; Nabatnikova, 1972). Esta variante introduce la carga de entrenamiento especial justo desde el comienzo del periodo preparatorio durante el cual también se desarrolla la resistencia general. Se cree que este entrenamiento está más especializado y crea condiciones más favorables para la adaptación específica a las actividades competitivas. Este punto de vista ha sido corroborado experimentalmente y gran parte de las investigaciones han sido realizadas con deportistas que no habían alcanzado aún los niveles más altos de maestría deportiva, sobre todo corredores de medio fondo (Varanov, 1969), nadadores (Kuzovenkov, 1969) y esquiadores (Malikov, 1974).

Este punto de vista hace hincapié en el desarrollo secuencial de la resistencia y consiste en comenzar con la mejora de la capacidad cardiovascular, seguir con la resistencia glucolítica-anaerobia y terminar con la resistencia a corto plazo (el proceso de la creatinfosfocinasa). La introducción del trabajo aerobio en esta secuencia favorece el efecto de entrenamiento del trabajo anaerobio (Ozolin, 1959, 1970; Volkov, 1963; Yakolev, 1957; Borisov, 1979; Loktev, 1978). Un incremento gradual de la duración de la carga cardiovascular comporta una acumulación de sustratos de energía y un incremento del potencial de energía del cuerpo (Yakovlev et al., 1960). En este caso, tiene más importancia la intensidad de la carga que su volumen (Astrand y Rodahl, 1970). Cuando la capacidad cardiovascular de un deportista es insuficiente, un incremento excesivo del volumen de medios aerobios provoca un empeoramiento del rendimiento deportivo (Naumenko, 1978; Vavilov, 1977; Serafimova, 1974; Morzhevikov, 1980).

Se ha formulado y verificado experimentalmente un tercer punto de vista sobre el desarrollo de la resistencia. En un nivel básico, comprende el incremento del volumen de medios de entrenamiento concurrentes aerobios y anaerobios, si bien con un cambio secuencial en el énfasis de la resistencia general a la especial. La eficacia de este tipo de elaboración del entrenamiento dentro del ciclo anual ha sido demostrada, en concreto, entre los corredores de medio fondo altamente capacitados (Doroshchenko, 1976; Loktev, 1978; Borisov, 1979), así como dentro del entrenamiento multianual (Linyets, 1979). Se puede creer que este sistema representa un término medio que combina los beneficios del entrenamiento de resistencia especial, concurrente y secuencial.

La organización de la carga está estrechamente relacionada con la selección de los intervalos de

Urheberrechtlich geschütztes Material

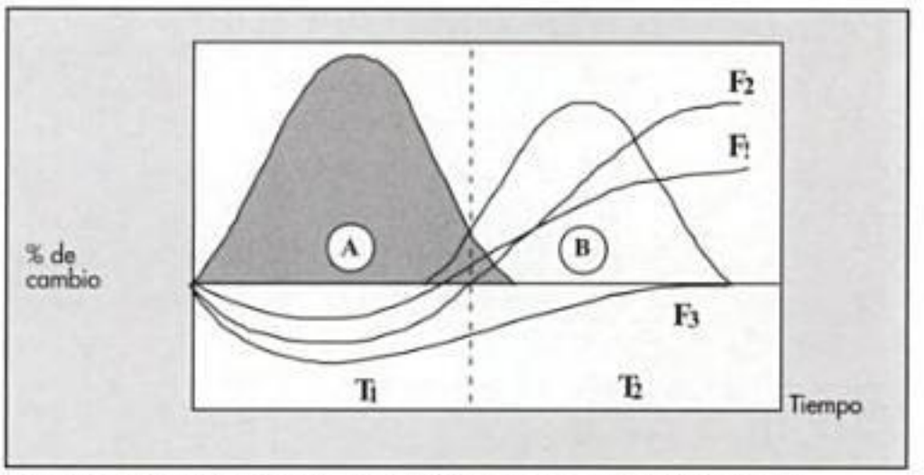


FIGURA 6.19 *Programa general del ERELP con cargas concentradas de fuerza.*

medios seleccionados no deben ser intensos. La concentración de la carga unidireccional en sí ya intensifica el proceso de entrenamiento, y no hay por qué intensificarlo aún más con los medios de intensidad alta.

4. Un volumen moderado de trabajo general de desarrollo, combinado con un trabajo especial para aumentar gradualmente la intensidad, contribuye a que se manifieste el ERELP iniciado gracias a la carga de fuerza concentrada (B).

5. El lapso de tiempo en el que se manifiesta el ERELP se determina mediante el volumen y la duración de la carga de fuerza concentrada. En principio, la duración del ERELP (T2) es aproximadamente igual a la duración del estadio de entrenamiento de fuerza (T1). En condiciones de entrenamiento reales, se observó que el ERELP dura de 4 a 12 semanas durante los estadios a largo plazo de la preparación de la fuerza de deportistas altamente capacitados. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la aparición del ERELP es individual y que, hasta cierto grado, depende del volumen de carga del deportista y de su capacidad para recuperarse. Un volumen de carga equivalente para dos deportistas de la misma capacidad puede generar efectos bien distintos.

Existe un número de circunstancias importantes relacionadas con la producción y el empleo del ERELP de la carga de fuerza durante el ciclo anual. Los deportistas, por lo general, ni suelen tener tiempo ni dejan que pase el suficiente tiempo para recuperarse después de una carga extensa de fuerza. Como consecuencia, minimizan la posibilidad de estimular el ERELP de la carga de fuerza y, por lo tanto, mantienen unas condiciones que imponen un esfuerzo enorme sobre el cuerpo. Además de esto, el cuerpo se ve forzado de forma habitual a agotar sin justificación alguna su energía actual de adaptación, y a veces se sirve de la energía profunda de adaptación para recuperar su potencial de energía. Como consecuencia de todo esto, la eficacia de la preparación es bastante baja en tales condiciones y la capacidad de trabajo especial no es muy alta durante el estadio de competición.

Durante el periodo de aparición del ERELP de la carga de fuerza extensiva, es relativamente fácil e indoloro para el cuerpo cambiar a una carga intensiva, si bien reaccionará negativamente al trabajo extensivo. Esto se manifiesta en un crecimiento enlentecido o incluso disminuido de la fuerza-velocidad. Por lo tanto, el volumen de trabajo de entrenamiento no debe aumentar durante el periodo de aparición del ERELP. Hay que ser especialmente cauteloso con la carga de fuerza durante el periodo de competición. En ese momento, el trabajo de fuerza intensivo y a corto plazo se puede emplear con un volumen pequeño para tonificar el sistema neuromuscular durante la preparación de la competición, así como para mantener el nivel alcanzado de fuerza-velocidad cuando la extensión del periodo de competición supera la duración del ERELP de la carga de fuerza.

En este momento es importante hacer observaciones sobre la relación existente entre el entrenamien-

Urheberrechtlich geschütztes Material

to de fuerza y el entrenamiento técnico, sobre todo porque se ha acostumbrado a destacar la creencia de que no parece haber una conexión lógica entre estos tipos de entrenamiento. Hay que señalar que la acción competitiva ejecutada con un esfuerzo físico máximo representa el más específico de todos los medios de entrenamiento especial. Por lo tanto, este medio especial de entrenamiento debe considerarse simultánemente como un medio altamente intenso para el entrenamiento de fuerza y debe ocupar un lugar de importancia central en el programa de entrenamiento. Dicho de otro modo, el programa de entrenamiento de fuerza debe estar construido, antes de nada, en armonía con el principio del incremento gradual de la intensidad y, en segundo lugar, debe estar combinado con el entrenamiento técnico para que coincida el máximo con la competición y se ejecute con un esfuerzo máximo.

En el nivel más alto de maestría deportiva, la mejora del rendimiento está determinada primariamente por el incremento de la capacidad de trabajo especial del deportista, que es esencial para mejorar la capacidad en cualquier prueba competitiva. La maestría técnica es la capacidad para desarrollar con eficacia el potencial motor en la competición. Aumentar el nivel de capacidad de trabajo especial, en concreto el potencial de fuerza, favorece a su vez la mejora de la técnica. Esto es en gran parte resultado de que el deportista es capaz de concentrar sus esfuerzos de manera más eficaz, aumentando la amplitud de movimientos, disminuyendo el tiempo de ejecución de éstos, mejorando su estabilidad y la fuerza del control muscular sobre todos los movimientos y aumentando la resistencia al cansancio. Así pues, la preparación física especial y el entrenamiento técnico están estrechamente relacionados y son interdependientes dentro del ciclo anual del entrenamiento a largo plazo.

No hay que olvidar nunca que las cargas de fuerza de volumen alto son perjudiciales para el nivel de fuerza-velocidad y, por lo tanto, para la preparación técnica. Con el fin de evitarlo, lo aconsejable para el entrenamiento de deportistas de alto nivel es estructurar el programa de forma que el trabajo de fuerza preceda al entrenamiento técnico y no interfiera con él. El entrenamiento técnico debe realizarse cuando ya se está manifestando el efecto retardado de entrenamiento del volumen concentrado de trabajo de fuerza; p. ej., cuando se produce la recuperación de la capacidad de trabajo y hay un incremento del nivel de fuerza-velocidad. La técnica se ajusta rápidamente al mejor nivel de capacidad de trabajo especializado del deportista, con lo cual disminuye en gran medida la posibilidad de reforzar los errores relacionados con la disminución del estado funcional del cuerpo provocada por las cargas de volumen alto. Este tipo de programación, sobre todo como parte del sistema conjugado de entrenamiento, introduce sucesivamente distintos modelos de carga en el entrenamiento en vez de separarlos en el tiempo, con lo que cada modelo tiende a sustituir gradualmente al que le precedió.

El efecto retardado del entrenamiento y el trabajo de larga duración

Por lo que respecta a la productividad aerobia y anaerobia, no contamos con datos experimentales que documenten con certeza que se produce el fenómeno del ERELP en el entrenamiento de distancia cíclico. Las excepciones constituyen casos de entrenamiento intenso en condiciones en las que se produce una disminución del oxígeno por la altitud. De ahí que las características del fenómeno del ERELP se hayan observado en nadadores, con incrementos significativos de la capacidad aerobia máxima, en el volumen total de trabajo que puede realizarse en un nivel crítico de potencia y del VO_2máx, y al comienzo de la acumulación de lactato en la sangre (Vaitsekhovsky et al., 1974). Estos cambios persistieron durante más de 4 semanas después de 3 semanas de entrenamiento a una altitud de 1.700 m por encima del nivel del mar, y su respuesta máxima se manifestó en torno a 1 semana después del entrenamiento de altitud. Todos los

Urheberrechtlich geschütztes Material

deportistas que participaron en el estudio mejoraron sus resultados inmediatamente después de este entrenamiento.

Resultados parecidos se obtuvieron con patinadores que se sometieron cada semana a una prueba de 4 minutos en un cicloergómetro durante 3 semanas y a una altitud de 2.250 m; y luego otras 3 semanas a nivel del mar (Ivanov, 1977). A una altitud de 2.250 m se produjo una disminución de la eficacia mecánica y un aumento del consumo de oxígeno y de energía y un aumento de la acumulación de lactato. Al volver al nivel del mar, se halló que la eficacia funcional del trabajo excedía los niveles previos al experimento debido al menor consumo metabólico y a la considerable disminución del ATP producido anaerobiamente.

La permanencia en un ambiente con poco oxígeno (hipobárico) en ambos experimentos supuso una influencia de entrenamiento muy exigente que provocó una alteración persistente de la homeostasis corporal y la activación subsiguiente de sus procesos de adaptación.

Como ya se ha subrayado, el fenómeno del ERELP no se observa cuando se emplean en condiciones barométricas normales los métodos tradicionales para estudiar los sistemas respiratorio y cardiovascular. Sin embargo, cuando surge de los procesos biológicos generales de adaptación a la influencias externas, la alteración prolongada de la homeostasis, esencial para que se produzca el ERELP, se manifiesta a nivel de sistemas fisiológicos más sutiles, por lo que los cambios en su dinámica no son detectables con los métodos empleados para valorar los procesos anaerobios y anaerobios. En este caso, la adaptación se produce aparentemente en un nivel celular y molecular más profundo (p. ej., en las mitocondrias y en el sistema endocrino), como lo demuestran las investigaciones biomecánicas (Yakovlev, 1957, 1974; Viru, 1969, 1981; Finogenov, 1979). Sin embargo, la alteración de la homeostasis se puede detectar en la dinámica de un número de indicadores psico-fisiológicos que reflejan el estado funcional de los sistemas nervioso central y neuromuscular.

Otro estudio demostró que el empleo de cargas fuertes de entrenamiento disminuye las capacidades motrices de los nadadores mediante el enlentecimiento de las reacciones motrices complejas, la disminución de la precisión de los patrones de movimiento y el deterioro de la precisión para seguir un objeto en movimiento (Susman, 1978). Al mismo tiempo, se produjo un descenso evidente de la capacidad de trabajo, del estado funcional del sistema cardiovascular (valorado con datos de un ECG), del tono muscular y de los niveles hormonales de la corteza suprarrenal. Después de reducir las cargas de entrenamiento y modificar la intensidad de las sesiones de entrenamiento de los nadadores, se produjo un aumento en sus indicadores psicofisiológicos a medida que entraron en la fase de supercompensación (reconstrucción adaptativa). Al mismo tiempo, aumentó la capacidad de trabajo de los nadadores, mejoró el estado funcional de su sistema cardiovascular y aumentó el tono muscular.

Comentarios a modo de conclusión

Se espera que las investigaciones en esta área nos permitan en un futuro próximo caracterizar de forma más completa el fenómeno del ERELP con cargas específicas extensas en los deportes cíclicos de gran duración; así como contribuir de forma significativa a la ciencia de la programación del entrenamiento. Las características del fenómeno del ERELP deben considerarse fundamento importante en el diseño de programas para el entrenamiento de deportistas altamente capacitados dentro del ciclo anual, puesto que la creación de las condiciones necesarias para que se manifieste el ERELP y se le pueda sacar partido aumenta mucho la posibilidad de mejorar la eficacia del entrenamiento en todos los deportes.

Es necesario destacar que se debe diferenciar entre el mantenimiento del efecto entrenante y el ERELP de la carga. En el primer caso, el punto

Urheberrechtlich geschütztes Material

cidad de la extensión de piernas, la extensión de rodillas y la flexión plantar pueden mostrar distintas tendencias de cambio en ciertos estadios del entrenamiento. La dinámica de la fuerza explosiva de los saltadores de triple salto puede servir de ejemplo (Verkhoshansky, 1988). Este fenómeno se relaciona con el énfasis, hasta cierto punto desigual, de las influencias del entrenamiento sobre el funcionamiento de los músculos responsables del movimiento de las extremidades inferiores. El empleo concurrente de ejercicios de salto y con barra de pesos ejerce una influencia local más intensa sobre los músculos flexores de las plantas que sobre otros músculos de las piernas y, por lo tanto, reduce su estado funcional. Sin embargo, la carga sobre los músculos extensores de las piernas no es tan intensa, por lo que sus indicadores funcionales reflejan un valor alto. En este caso, el deportista siente que la coordinación de los movimientos es difícil a pesar de que, en conjunto, se sienta en adecue.

Así pues, cuando se intenta determinar la composición y los medios de un entrenamiento especial de fuerza sin tener en cuenta las diferencias en su énfasis primario sobre los grupos musculares específicos que generan un movimiento, el resultado puede ser que el estado funcional de los músculos no se adecue con el estado exigido por el deporte. Esto, a su vez, tiene un efecto negativo sobre la calidad de la preparación técnica del deportista y sobre su preparación para la competición. Como consecuencia de ello, en este caso es necesario regular el énfasis de la carga sobre los músculos flexores de la planta del pie y disminuir periódicamente la carga sobre ellos, sobre todo durante el estadio de entrenamiento técnico y el estadio inmediatamente previo a la competición.

La forma física del deportista, caracterizada por su capacidad aerobia y anaerobia, depende de los contenidos y la organización de las cargas de entrenamiento. Un estudio que corroboró este dato examinó los resultados de dos grupos de corredores de medio fondo que seguían programas de entrenamiento distintos a lo largo del ciclo anual (Sirenko, 1980). Cada grupo siguió un programa de entrenamiento con el mismo volumen y distribución; sin embargo, el grupo 1 empleó la distribución tradicional de un único pico para la fuerza, mientras que el grupo 2 empleó una distribución de pico doble, concentrando los objetivos en diciembre y en marzo-abril.

El grupo 2 obtuvo mejores resultados en todas las pruebas de capacidad funcional, incluidos la eficacia aerobia y el «umbral anaerobio» (comienzo de la acumulación de lactato en la sangre), las carreras de 400 m y de 1.200 m, así como en el rendimiento deportivo. Durante el estadio de las competiciones estivales, el grupo 2 mejoró el tiempo de la carrera de 800 m una media de 4,8 y de 6,3 segundos en los 1.500 m, mientras que el grupo 1 las mejoras fueron de 3,4 y 4,6 segundos respectivamente.

Éste y otros estudios sobre la influencia de las cargas de entrenamiento sobre los indicadores funcionales muestran que hay tres niveles de cambio en la forma física de los deportistas durante el entrenamiento:

1. Un nivel a largo plazo caracterizado por el aumento uniforme de la capacidad de trabajo especial del deportista. Este nivel se asocia con los periodos de entrenamiento prolongados de uno o más años y se basa en la adaptación a largo plazo, favorecida sobre todo por el volumen de carga.

2. Un nivel a medio plazo caracterizado por cambios funcionales menos estables y rápidamente reversibles, el cual se basa en la adaptación compensatoria. Estos cambios se asocian con los estadios de entrenamiento que duran hasta 5 ó 6 meses y que, junto con el volumen de carga, son consecuencia de las características de sus contenidos, en concreto, de la proporción de medios intensivos dentro del volumen total de carga.

3. Un nivel a corto plazo caracterizado por cambios breves, aunque no precisamente medibles, en

Urheberrechtlich geschütztes Material

los indicadores funcionales; p. ej., cambios que representan la reacción aguda del cuerpo a la carga de entrenamiento. Estos cambios conciernen al microciclo y se manifiestan mediante la magnitud de la carga, la intensidad de la carga, la capacidad individual del deportista para resistir dicha carga y su capacidad para recuperarse. En este nivel, la dinámica de los indicadores funcionales es bastante casual y, a veces, impredecible. Este nivel no se determina mediante la adaptación de los dos primeros niveles y sólo tiene importancia para la organización del microciclo y para la consecución del efecto inmediato de la carga actual.

Una conclusión práctica que podemos inferir de estos hallazgos es que la dinámica de la forma física del deportista es controlable durante el ciclo anual. La dependencia de la dinámica de la forma física de los contenidos, volumen y organización de la carga está determinada por procesos de adaptación concretos. En consecuencia, el entrenamiento debe estructurarse, antes de nada, teniendo en cuenta la dinámica de la preparación física especial (PFE) del deportista y controlando el grado de conformidad del entrenamiento con la dinámica real del deporte que se requiere en cada estadio. El dominio de la capacidad para programar con eficacia los contenidos del entrenamiento y regular la dinámica de la forma física del deportista durante el entrenamiento exige eliminar todos los vínculos débiles existentes en la dirección del entrenamiento y, por lo tanto, aumentar significativamente la probabilidad de conseguir el nivel deseado de rendimiento deportivo.

El arte de controlar la dinámica de la forma física de los deportistas consiste, inicialmente, en lograr el nivel necesario de acondicionamiento y, en segundo lugar, en conseguirlo en el tiempo requerido según lo dicte el calendario de las competiciones. Las investigaciones muestran que la consecución del segundo requisito no es muy compleja. Sin embargo, la probabilidad de lograr con éxito el primer requisito es mucho menor.

PRINCIPIOS DE LA PROGRAMACIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL ENTRENAMIENTO

La base de la programación descansa en el enfoque del programa objetivo, según el cual los contenidos, el volumen y la organización de las cargas de entrenamiento están determinados por los objetivos de la preparación (ver fig. 6.8). Los objetivos tienen los siguientes componentes:

- la mejora deseada en el rendimiento;
- los cambios apropiados en la preparación fisiologica, técnica y táctica para la competición;
- la modificación necesaria de la preparación física especial.

En la práctica, la selección de una estrategia para la programación se logra mediante un enfoque lógico, entendido de la siguiente manera: si establecemos un objetivo específico y definido cuantitativamente, entonces son el trabajo concreto y los métodos necesarios para lograr dicho objetivo los que constituyen la estrategia apropiada.

Formas de construir el entrenamiento

La elaboración del entrenamiento consiste en regular sus contenidos con el fin de asegurar un empleo eficaz de las cargas con distinto énfasis primario; p. ej., la organización de los contenidos en el tiempo, para que el efecto de entrenamiento requerido se produzca con un consumo mínimo de energía.

En consecuencia, el tiempo y la organización son dos variables estrechamente interdependientes para la planificación del entrenamiento. Los contenidos y la organización del entrenamiento dependen de sus objetivos y de las características de la adaptación al trabajo muscular intenso que se juzgan necesarios para un periodo concreto. La limitación de tiempo impuesta por el calendario de las competiciones y por la duración del aporte de energía pro-

Urheberrechtlich geschütztes Material

entrenamiento deportivo. Sin embargo, las investigaciones que respaldan estas ideas fueron hechas hace muchos años y se trabajó con deportistas de escasa capacidad. Si en esos estudios hubieran participado deportistas avanzados, sus logros habrían sido sólo medianos a la luz de los criterios modernos. Además de esto, el tipo de carga en aquellos años era distinto, por lo que en las condiciones actuales esta carga sólo se emplearía con principiantes o deportistas de capacidad media.

Por lo general, son pocas las ventajas que obtienen los deportistas de alto nivel cuando utilizan el sistema complejo de entrenamiento. Los argumentos en favor de otro enfoque pueden basarse en una práctica más progresiva de los deportes, lo cual supone tratar de superar las deficiencias mayores del sistema complejo de entrenamiento, en concreto las siguientes:

1. Los deportistas altamente capacitados poseen un nivel muy alto de preparación física. Para elevarlo y mejorar el rendimiento deportivo, hay que emplear un entrenamiento duro y relativamente prolongado, para lo cual el entrenamiento complejo no sirve. En el entrenamiento complejo la distribución del volumen de carga especial no permite lograr una adaptación con el énfasis necesario.

2. Existe una especificidad concreta en la estructura de la preparación física de los deportistas de alto nivel. El entrenamiento complejo, con su influencia multifacética sobre el cuerpo, no consigue crear las condiciones necesarias para producir una preparación física altamente específica. Además de esto, el entrenamiento complejo de alto volumen acentúa la necesidad de establecer las relaciones específicas entre los procesos que desarrollan sistemas independientes del cuerpo, así como entre los efectos de entrenamiento de cargas con distinto énfasis primario.

3. Los deportistas altamente capacitados tienen que ejecutar las actividades de la competición con maestría y un control preciso. Una carga compleja y extensa, junto con una técnica deportiva perfecta y una preparación física especial, conduce inevitablemente a un estado de cansancio general y deterioro de ese control.

Entrenamiento unidireccional

Las deficiencias del entrenamiento complejo, aunque no son tan evidentes entre los deportistas de capacidad media, sí que son mucho más obvias en un nivel superior donde el volumen general y la intensidad de la carga son altos. Si no se prescriben medidas para eliminar estas deficiencias, pueden disminuir el éxito del entrenamiento.

Por lo tanto, es importante establecer estas medidas para aplicar sistemáticamente la carga de entrenamiento en sesiones separadas y durante estadios de distinta duración. Por ejemplo, las investigaciones han demostrado que el empleo de cargas unidireccionales en sesiones de entrenamiento separadas hace posible alcanzar con mayor eficacia los objetivos del entrenamiento. Como consecuencia de esto, el nivel de adaptación del cuerpo es más visible que cuando se intentan alcanzar simultáneamente varios objetivos con medios de distinta influencia primaria (Handelsman y Stetsenko, 1980).

También se ha demostrado que son apropiadas las sesiones de entrenamiento individuales dedicadas únicamente al perfeccionamiento de la técnica. Incluso cuando se emplea gran variedad de medios y regímenes de trabajo y descanso, estos tipos de sesión de entrenamiento son muy eficaces para mejorar la técnica (Struchkov, 1980; Mironenko, 1981; Petrovsky, 1977). Se ha demostrado que las sesiones de entrenamiento con un énfasis primario en el desarrollo de una única capacidad motriz (en condiciones en las que intervienen gran variedad de medios y métodos) ejercen un efecto más profundo en la preparación especial que cuando las comparamos con las sesiones de entrenamiento en las que se suele intentar la consecución de varios objetivos (Urshens-nevsky, 1969; Gorkin et al, 1973; Monogradov y Platonov, 1975; Fedorova et al., 1975; Chepelyev, 1980).

Urheberrechtlich geschütztes Material

Además de su valor durante las sesiones separadas, las cargas unidireccionales también es apropiada para los microciclos (Kudelin, 1980; Mikhailova y Sokolova, 1980; Budokho et al., 1978; Mironenko, 1981). Por ejemplo, se ha llegado a la conclusión de que los microciclos con un único énfasis primario (sobre todo en aumentar la velocidad o los distintos tipos de resistencia) estimulan poderosamente la entrenabilidad de los nadadores (Kudelin, 1980). De la misma forma, se ha demostrado que los microciclos cuyo énfasis se centra sobre todo en la fuerza elevan la preparación física especial de los saltadores (Mironenko, 1981).

Sin embargo, las investigaciones muestran que la carga unidireccional sólo es eficaz si forma parte de un complejo de varios medios con un único énfasis primario y si comporta la intervención de varios métodos (Fedorova et al., 1975; Platonov y Monogradov, 1977; Verkhoshansky, 1977).

Cierto número de investigaciones han demostrado que el empleo primario de un entrenamiento unidireccional durante estadios prolongados (4-12 semanas) puede ser muy eficaz. El empleo de variedad de medios, sobre todo para su aplicación con un incremento gradual de la intensidad, se ha mostrado especialmente apropiado para mejorar la técnica deportiva, la fuerza-velocidad y la capacidad y potencia del ATP-CP y los procesos energéticos anaerobios y glucolíticos (Mironenko, 1981; Antonova, 1980; Deniskin, 1976; Levchenko, 1981; Kornelyuk, 1980).

Carga concentrada

Así pues, el método de las cargas concentradas de entrenamiento fue diseñado para la preparación de deportistas altamente capacitados; método en el cual la carga se concentraba durante el transcurso de estadios específicos de la preparación (Verkhoshansky, 1977). La principal novedad de este método consiste en ejercer una influencia de entrenamiento concentrada sobre el cuerpo con un alto volumen de carga unidireccional durante un periodo limitado (hasta 2 meses). Esta influencia concentrada produce una recuperación, breve, incompleta y poco estable que se relaciona con las alteraciones persistentes y relativamente prolongadas de la homeostasis. Esto desencadena cambios funcionales amplios que son un requisito previo para que se produzca la supercompensación subsiguiente y el cuerpo ascienda a un nivel superior de preparación especial. Una condición importante para el empleo de la carga concentrada es la intensidad relativamente baja de los medios, puesto que su empleo frecuente ya intensifica el entrenamiento. La carga se puede considerar concentrada si su volumen a lo largo del mes durante el cual se aplica es un 23-25% del volumen anual general.

Sobre todo, es apropiado emplear la carga concentrada para aumentar la eficacia de la PFE, y con este fin se pueden usar cargas con cualquier énfasis primario. Sin embargo, la concentración de la carga de fuerza especializada es importante no sólo para mejorar la forma física de los deportistas, sino también para regular todo el complejo de cargas a lo largo del ciclo anual de todos los deportes.

Las cargas concentradas de fuerza constituyen un bloque del entrenamiento relativamente independiente que crea el fundamento funcional para la mejora subsiguiente de la técnica de las capacidades motrices que determinan el éxito en un deporte dado, verbigracia:

- La composición de los medios y su organización en bloques de fuerza, así como su conexión lógica con otras cargas, debe determinarse teniendo en cuenta los elementos específicos del entrenamiento de ese tipo de deporte.
- El bloque de fuerza debe tener un lugar específico en el ciclo anual y, por lo tanto, un efecto benéfico sobre la secuencia de cargas y sobre la organización en el tiempo de la carga y otros énfasis primarios.

El concepto de bloque tienen un significado con-

Urheberrechtlich geschütztes Material

creto que surge de la programación de la técnica. Para conseguir los objetivos principales de la organización de la carga en el ciclo anual, el entrenador debe seleccionar cierto bloque de fuerza o sustituir un bloque por otro, según cual sea la situación o dependiendo de la persona. Es obvio que para hacerlo necesita preparar por adelantado una selección detallada de bloques de fuerza adecuados.

La eficacia de la carga concentrada de fuerza ha sido confirmada por muchos entrenadores así como por las investigaciones especializadas realizadas en varios deportes de equipo, cíclicos y de fuerza-velocidad (Varakin, 1979; Zhdanovich, 1980; Rudokene, 1981; Naraliev, 1981; Ptushkin, 1981; Verkhoshanskaya, 1982; Kabachkova et al., 1982). Concretamente, se ha demostrado que este sistema es más apropiado para los deportistas altamente cualificados. Y lo que es más, el empleo de cargas concentradas de fuerza permite reducir el volumen anual general de carga de fuerza (en un 13-15%) si lo comparamos con el enfoque convencional (Mironenko, 1981; Antonova, 1982).

Problemas con la carga concentrada

La carga concentrada de fuerza tiene deficiencias al igual que ventajas obvias. Por ejemplo, conlleva un descenso breve pero consistente de la fuerza-velocidad, disminuye la capacidad de trabajo especial del deportista y complica la tarea de mejorar la técnica y la velocidad de movimientos.

En un estudio se analizó la conexión entre la organización y el volumen de cargas de entrenamiento, los cambios en las características de fuerza-tiempo del despegue en los saltos, así como los resultados deportivos y la fuerza explosiva de las mujeres saltadoras de longitud (Antonova, 1982). Se halló que durante los meses en los que se aplicaban los mayores volúmenes de entrenamiento se producía una disminución evidente de la preparación de fuerza especial y un empeoramiento de los resultados deportivos. Sin embargo, estas mismas cualidades volvieron a manifestarse en los meses subsiguientes con un entrenamiento de carga reducida.

En otro estudio se investigó la interdependencia entre la dinámica del volumen de los medios de entrenamiento de fuerza, la elasticidad de los músculos y el control de los resultados del triple salto con velocistas altamente capacitados durante el estadio de entrenamiento comprendido entre primavera y verano (15 semanas) (Levchenko, 1980). En dicho estudio se halló que un incremento del volumen de medios de entrenamiento especial de la fuerza comportaba un aumento de la rigidez muscular y una disminución de la fuerza explosiva. Además, se crearon condiciones desfavorables para la mejora de la técnica y la velocidad de carrera, y aumentó significativamente la posibilidad de lesionarse.

Así pues, es evidente que una carga voluminosa de fuerza genera condiciones adversas para mejorar la técnica y la velocidad. Las investigaciones han confirmado que las cargas voluminosas de fuerza son perjudiciales para la técnica de los movimientos ejecutados en la halterofilia (Khlystov, 1976; Vorobyev et al., 1978), en el lanzamiento de jabalina (Ruvinsky, 1980) y en la velocidad de pegada en el boxeo (Filimonov, 1979). Estos hallazgos subrayan más la importancia de saber cuándo es apropiado usar este método que el valor negativo de la carga concentrada.

El empleo de la carga concentrada

En estadios más avanzados, el método de carga unidireccional concentrada es el más eficaz para seguir aumentando el alto nivel de forma física que los deportistas consiguen con el entrenamiento multianual. Por lo tanto, y para poder usarlo, hay que hallar medios de superar las desventajas mencionadas. Una forma es diseñar periódicamente regímenes de carga concentrada que no produzcan efectos negativos de entrenamiento (Verkhoshansky, 1977).

Por ejemplo, el esquema de la figura 6.20a muestra el bloque de medios de carga concentrada de

Urheberrechtlich geschütztes Material

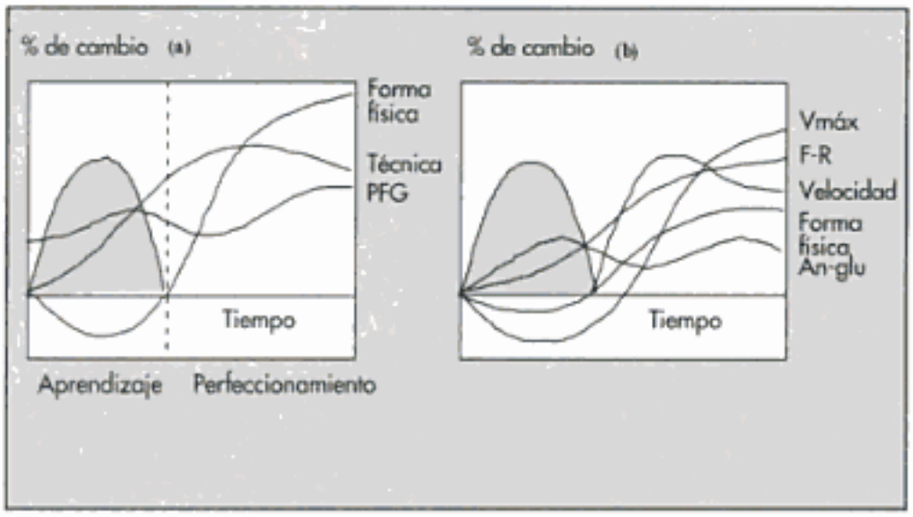


FIGURA 6.20 *(a) Organización de la carga en deportes de velocidad-fuerza y deportes de técnica compleja. (b) Organización de la carga en deportes de velocidad con una estructura de movimientos cíclicos. Las áreas sombreadas se refieren a la carga concentrada de fuerza. F-R = fuerza-resistencia. An-Glu =anaerobio-glucolítico. Vmáx = velocidad máxima. En ambos gráficos se muestra el cambio del % en el tiempo de todos los factores relativos a sus valores iniciales. La «FORMA FÍSICA» alude a la forma física global del deportista en cualquier momento.*

fuerza (área sombreada) y el trabajo relacionado con la mejora de la técnica en los deportes de fuerza-velocidad y de técnica compleja. Hay que destacar que no se debe creer al pie de la letra que el método del bloque de carga se limite estrictamente al entrenamiento de la técnica y la fuerza. Aunque en diferentes estadios del entrenamiento existe un énfasis primario en una capacidad motriz específica, eso no significa que el trabajo técnico sea totalmente omitido durante el estadio de carga concentrada de fuerza. Es necesario estudiar algunas características de la preparación técnica con el fin de determinar cual es el enfoque metodológico correcto.

Hay que trabajar a diario por mejorar la técnica, sobre todo en los deportes de fuerza-velocidad y de técnica compleja, para lo cual la «frescura» del cuerpo es un requisito previo e importante para el desarrollo de la técnica (Dyachkov, 1966; Ozolin, 1970; Ratov, 1979). Las tareas separadas del entrenamiento técnico que no requieran esfuerzos de intensidad máxima se pueden ejecutar con el cuerpo en un estado funcional bajo, si bien la ejecución de otras tareas es inaceptable en tales condiciones. Por ejemplo, el aspecto más importante de la preparación técnica durante el estadio de competición se relaciona con la ejecución de ejercicios fundamentales en ese deporte dado, con gran intensidad y en condiciones muy parecidas a las de la competición. Este tipo de trabajo debe hacerse cuando el cuerpo ha alcanzado su nivel funcional máximo y debe empezar durante el periodo preparatorio, ya que sería demasiado tarde si comenzara dentro del periodo de competición.

Así pues, hay que reconocer la existencia de dos estadios sucesivos en el entrenamiento técnico durante el periodo preparatorio. Durante el primer estadio, se perfeccionan aquellos componentes técnicos que necesiten mejorarse, y durante el segundo, el énfasis se centra en la ejecución de los ejercicios deportivos en conjunto con esfuerzos de gran intensidad.

El desarrollo de la técnica comporta un proceso de aprendizaje continuo y multianual. La base de este desarrollo radica en el constante esfuerzo del deportista por dominar la técnica a través de la mejora de su capacidad motriz hasta alcanzar un nivel superior de preparación física especial dentro de un programa cíclico. Cada ciclo presupone el desarrollo preliminar de las capacidades motrices que el deportista debe mostrar en un futuro próximo, acompañadas por la acomodación inmediata de la técnica a ese nivel. La consecución de este proceso establece el punto en el que debe comenzar un ciclo nuevo. Con el uso de este sistema, el deportista no se preocupará indebidamente por la técnica y sus logros no sufrirán un estancamiento.

Urheberrechtlich geschütztes Material

eficacia funcional. En este caso, todo el volumen de carga unidireccional contribuye a mejorar el potencial motor y a perfeccionar la técnica. Al mismo tiempo, se excluye el trabajo superfluo porque no mejora la entrenabilidad, pero suele retrasar la consecución del efecto acumulativo de entrenamiento que se había planificado.

El sistema conjugado de secuencias debe emplearse en el ciclo de entrenamiento anual con el fin de organizar cargas con distinto énfasis primario durante estadios separados para organizar cargas con un énfasis primario único. Por lo demás, hay que distinguir aspectos como la potencia y la especificidad de la influencia de entrenamiento de los medios y métodos empleados.

Elaboración del entrenamiento con los indicadores funcionales

La valoración de los indicadores funcionales proporciona un medio eficaz para organizar el entrenamiento en un periodo dado e influido por factores tales como las condiciones externas, el calendario de las competiciones, el tipo de periodización y las exigencias del trabajo o los estudios. Hay que distinguir tres unidades fundamentales en la elaboración del entrenamiento: el ciclo anual (un tipo particular de macrociclo), el mesociclo y el microciclo. El entrenamiento será eficaz si ha sido elaborado óptimamente en lo que se refiere a la estructura organizativa y a los indicadores funcionales relevantes.

En el contexto de este capítulo, el término «mesociclo» se reserva para lo que en ruso se llama «estadio largo» o mesociclo largo, el cual se prolonga durante varios meses con el fin de producir un efecto de adaptación específico. En la mayoría de sus otras aplicaciones, el término «mesociclo» se suele emplear con un sentido laxo para referirse a un periodo de varias semanas o meses configurado por cierto número de microciclos. El mesociclo largo, de hecho, puede abarcar unos cuantos mesociclos convencionales y también puede considerarse como una fase. Así pues, los mesociclos largos preparatorios aparecen a veces en otros libros como fases preparatorias.

Los estudios sobre la variable del tiempo en la organización del entrenamiento se ha centrado por lo general en dos unidades: el ciclo anual (sobre la periodización y coordinación sistemática con el calendario de competición) y el microciclo (diseño de modelos para distintos periodos y estadios del ciclo anual). Aunque el ciclo anual se suele dividir en estadios de mesocíclos separados, se presta poca atención a los principios que rigen su elaboración. Estos estadios se suelen calcular arbitraria e intuitivamente, dictados por el calendario de las competiciones y por los objetivos actuales del entrenamiento. La longitud y a veces la cantidad de los estadios cambian de un año para otro, y son las circunstancias del momento las que suelen determinar lo que pasará a continuación. Por lo general, no suele darse la necesidad de establecer algunos principios sistemáticos que unifiquen los contenidos del entrenamiento empleado a lo largo de estadios separados dentro de formas integradas funcionalmente. La excepción la constituye el estadio previo a la competición del entrenamiento, que dura de 4 a 6 semanas, y sobre el cual se han hecho bastantes estudios (Ozolin, 1953, 1966, 1970; Arosyev, 1969, Matveyev, 1977).

La práctica ha ido diferenciando los requisitos del periodo preparatorio a través de formas establecidas por la experiencia empírica para elaborar estadios separados a partir de las combinaciones de microciclos con distinto énfasis. Los estudios demuestran que los estadios de 3 o 4 semanas son los que se emplean con mayor frecuencia, y que la última semana se dedica a la recuperación. Existen combinaciones de 2 semanas con carga fuerte y 2 semanas con carga moderada, o bien una alternancia de semanas con carga fuerte o moderada. Se pueden hallar en la práctica variaciones de estas combinaciones, y todas ellas, dependiendo de las circunstancias, pueden dar buenos resultados. Es

Urheberrechtlich geschütztes Material

relativamente baja.

3. Las formas anteriores de elaborar el mesociclo de entrenamiento eliminan las contradicciones que aparecen cuando se intentan alcanzar los objetivos del entrenamiento y la competición agotando el potencial motor. Si se emplea este método, los resultados de los deportistas empeoran en cada competición sucesiva. Sin embargo, esto no ocurre con la organización actual del entrenamiento. Al contrario, la variante B genera una subida de la capacidad de trabajo especial de los deportistas, así como de los logros durante la fase de competición. La carga del entrenamiento y la de la competición se diferencian en la magnitud y en la especificidad de sus efectos sobre el cuerpo. Las formas de preparación dentro del mesociclio se relacionan con una secuencia y continuidad muy concretas. El primer estadio proporciona los requisitos previos necesarios para aumentar más la capacidad de trabajo de los deportistas. Si no es excesivamente exigente, el segundo estadio intensifica estos procesos fisiológicos que forman la base para elevar este nivel de capacidad de trabajo. Por lo tanto, el éxito del entrenamiento en conjunto depende del conocimiento correcto de los objetivos, papeles y relaciones de la carga dentro del mesociclo.

4. La variante B muestra el empleo extensivo y unidireccional de los medios de la PFG y la eficaz combinación de ellos con el trabajo especial. El propósito básico de los medios de la PFG es facilitar las actividades de transición que son distintas de las del trabajo especial y, por lo tanto, favorecen la recuperación global. Los medios de la PFG resuelven el problema de la recuperación de la capacidad de trabajo durante la imposición de cargas concentradas extensivas y durante la aparición del ERELP, usándose para la recuperación, sobre todo después de un trabajo de velocidad y técnica de gran intensidad. En conjunto, los medios de la PFG se ejecutan con intensidad baja, si bien para que el cuerpo pueda adaptarse al entrenamiento y mejorar la velocidad y la técnica durante el estadio de carga concentrada reducida, la intensidad de los medios de la PFG aumenta ligeramente.

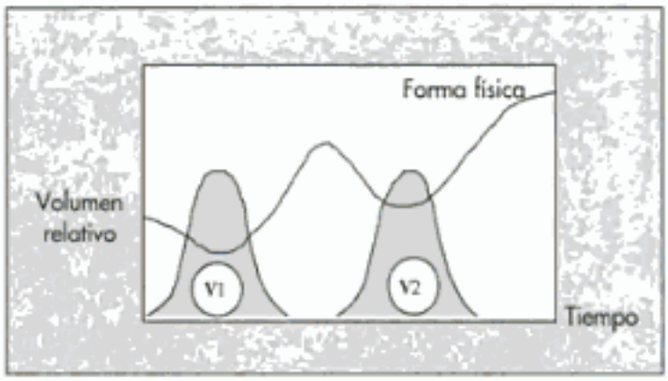


FIGURA 6.22 *Organización del entrenamiento anual en dos mesociclos de carga de fuerza.*

5. La variante A es adecuada para los deportistas de capacidad media y para los deportistas capacitados que necesitan dedicar bastante tiempo a perfeccionar su técnica. La variante B puede ser empleada en toda su extensión por deportistas capacitados que posean una capacidad física especial y alta de trabajo, ya que pueden resistir cargas voluminosas y exhibir una técnica deportiva excelente.

6. Las tareas y formas de organizar el mesociclo deben hacer hincapié en la consecución sistemática de los objetivos especiales del año de entrenamiento, sobre todo en lo que se refiere a conseguir que el cuerpo alcance un nivel nuevo de capacidad de trabajo especial y de preparación competitiva. Los contenidos necesarios, el volumen y la organización de las cargas del entrenamiento, así como la competición, se determinan sobre la base de este énfasis del entrenamiento. Y lo que es más importante, el rasgo distintivo del mesociclo es la ejecución de todas las tareas intermedias relacionadas con la preparación técnica y física especial para la competición.

Así pues, el mesociclo largo forma parte relativamente independiente del ciclo anual que integra las formas y técnicas fundamentales prescritas para todos los mesociclos. La duración del mesociclo largo puede variar (por lo general de 3 a 5 meses), ya que su cálculo depende del calendario de las

Urheberrechtlich geschütztes Material

competiciones y, sobre todo, de las fechas de las competiciones más importantes.

Las investigaciones demuestran que es apropiado emplear dos mesociclos largos dentro del ciclo anual para favorecer la supercompensación de las reservas actuales de adaptación (figura 6.22). En este caso, la forma física del deportista muestra dos picos grandes, de los cuales el segundo produce el índice más alto de capacidad de trabajo especial (p. ej., la forma física). Esto corrobora aún más el valor de esta forma de organización bicíclica de la preparación anual, la cual se desmostró empíricamente y se ha aplicado con éxito y desde hace tiempo en varios deportes.

Por lo tanto, no es justificable adoptar sin cuestionárselo antes la periodización monocíclica en algunos deportes; lo que sí es aconsejable es que los entrenadores vuelvan a analizar con cuidado esta tradición. La periodización bicíclica también se puede aplicar a varios tipos de deportes que tradicionalmente emplean otras formas de periodización, en concreto las formas monocíclicas en el esquí (Ogoltsov, 1979), en las pruebas de medio fondo (Turin, 1980; Sirenko, 1980), y las formas tricíclicas en el boxeo (Nikiforov y Viktorov, 1978) y en la natación (Vaitsekhovsky, 1981). En algunos deportes de equipo y pruebas eliminatorias, la periodización tricíclica puede tener que usarse según las necesidades del calendario de las competiciones, mientras que en los deportes de resistencia de larga duración se suele recomendar el empleo de la organización monocíclica.

Los principios de la programación y organización del entrenamiento dentro del ciclo anual se estudiarán más tarde, si bien ahora es importante examinar el microciclo con más detenimiento.

Al planificar el mesociclo largo, surge el problema de adecuarse al volumen necesario de carga, lo cual genera nuevos requisitos para estructurar el microciclo. En este sentido, todos los programas tradicionales para elaborar el microciclo mediante un entrenamiento complejo que logre varios objetivos simultáneos y aumente la capacidad de trabajo específica al comienzo de un nuevo microciclo no cumplen estos requisitos. Es necesario buscar nuevas formas de elaborar los microciclos que permitan emplear volúmenes altos de carga e incluyan regímenes con un énfasis unidireccional. Es importante señalar que los microciclos constituyen las unidades básicas de la elaboración del entrenamiento, cuya función es emplear aquellas partes del volumen que ayuden a cumplir los objetivos y la estrategia general del mesociclo.

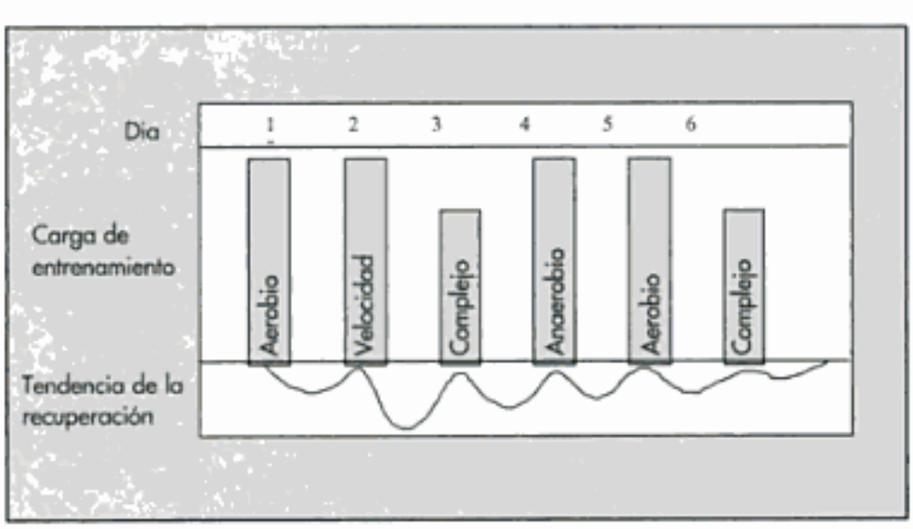


FIGURA 6.23 *Estructura de un microciclo semanal de natación donde se muestra la tendencia de los procesos de recuperación sobre una base diaria. La curva de la recuperación combina los efectos separados sobre la recuperación de los componentes aerobio, anaerobio y de velocidad de la forma física.*

Ahora nos atañe examinar los hallazgos experimentales actuales porque, si bien son insuficientes, nos sugerirán formas de resolver estos problemas. Se ha demostrado que las grandes cargas unidireccionales reducen bruscamente la capacidad de exhibir las cualidades y capacidades que facilitan una ejecución segura y eficaz de los programas de entre-

Urheberrechtlich geschütztes Material

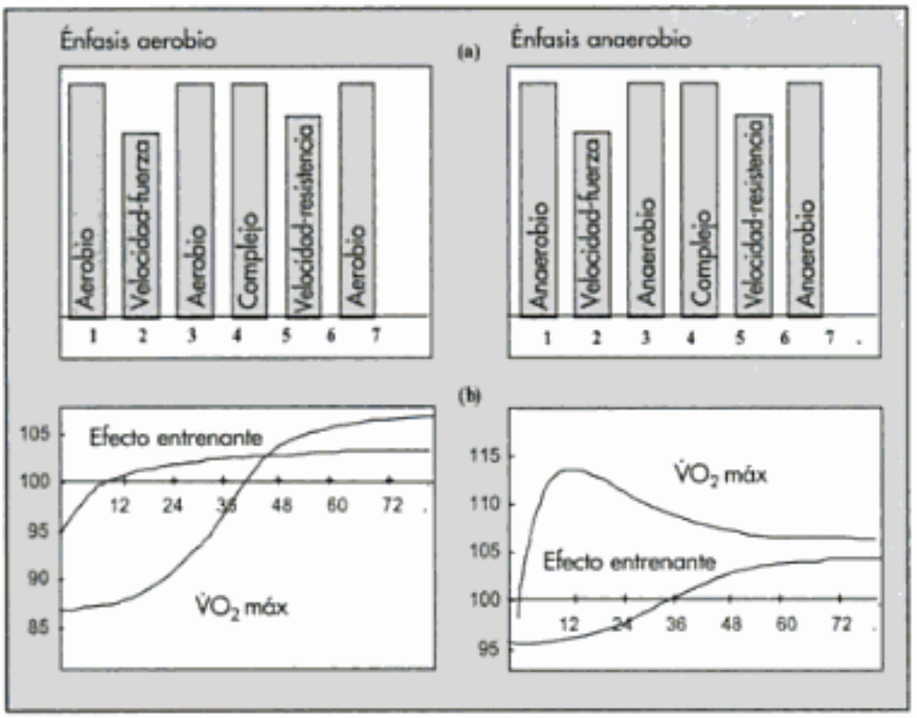


FIGURA 6.24 **(a)** *Organización unidireccional de un microciclo semanal en natación.* **(b)** *Dinámica de los procesos de recuperación correspondientes después de este microciclo (Kubelin, 1980).*

namiento. Al mismo tiempo, los deportistas que muestran una capacidad de trabajo más alta suelen lograrlo mediante otros sistemas de entrenamiento (Monogarov y Platonov, 1975; Fedorova et al., 1975; Chepelyev, 1980; Platonov, 1980).

Por ejemplo, se diseñó un ciclo semanal de carga (fig. 6.23) que tuvo en cuenta el tiempo de los periodos de recuperación que necesitan los nadadores altamente capacitados después de sesiones de entrenamiento voluminosas y unidireccionales. El objetivo del programa era conseguir un volumen de carga, por lo general alto, mediante el empleo de una combinación sistemática de sesiones de distinta magnitud y énfasis que tuvieran en cuenta la duración de los procesos de recuperación.

Hay que señalar que, a pesar del carácter unidireccional de las sesiones de entrenamiento individuales, el microciclo en conjunto tipifica la forma compleja (multifacetada) de la organización del entrenamiento. El cuerpo no puede diferenciar al mismo tiempo las reacciones acumuladas específicas de cada tipo de carga diaria y responder con reacciones generalizadas que contengan proporciones separadas de adaptación a cada una de las distintas infuencias del entrenamiento. Por lo tanto, no cabe duda de que esta forma de elaborar el microciclo permite lograr un gran volumen de carga, si bien la ausencia de cualquier tipo de supercompensación acusada (como muestra la tendencia de la curva de recuperación) pone en evidencia que fracasa a la hora de producir un incremento concreto de la fuerza y de la productividad aerobia y anaerobia.

En la figura 6.24a aparecen ejemplos de organización unidireccional de los ciclos semanales para nadadores altamente capacitados, que incluyen tres sesiones de entrenamiento con cargas con énfasis aerobio o anaerobio, combinadas con sesiones que se concentran en el entrenamiento complejo de velocidad-resistencia y fuerza-velocidad. Las observaciones sobre el efecto retardado y agudo (inmediato) del entrenamiento (ERAE) mostraron (fig. 6.24b) que en primera instancia se produjo una depresión significativa del potencial aerobio ($\dot{V}O_2$máx), que se recuperó a lo largo de un periodo de 72 horas. Al mismo tiempo, el potencial anaerobio, valorado con una prueba de natación de 4 × 50 m; se recuperó con rapidez y superó su nivel inicial. En el segundo caso, la recuperación de la productividad anaerobia costó más y superó su nivel inicial después de 72 horas. Resulta interesante que durante este tiempo el potencial aerobio aumentara durante un lapso de 12 horas y luego disminuyera.

La figura 6.25 muestra otra forma de organizar un microciclo semanal que se centra sobre todo en

Urheberrechtlich geschütztes Material

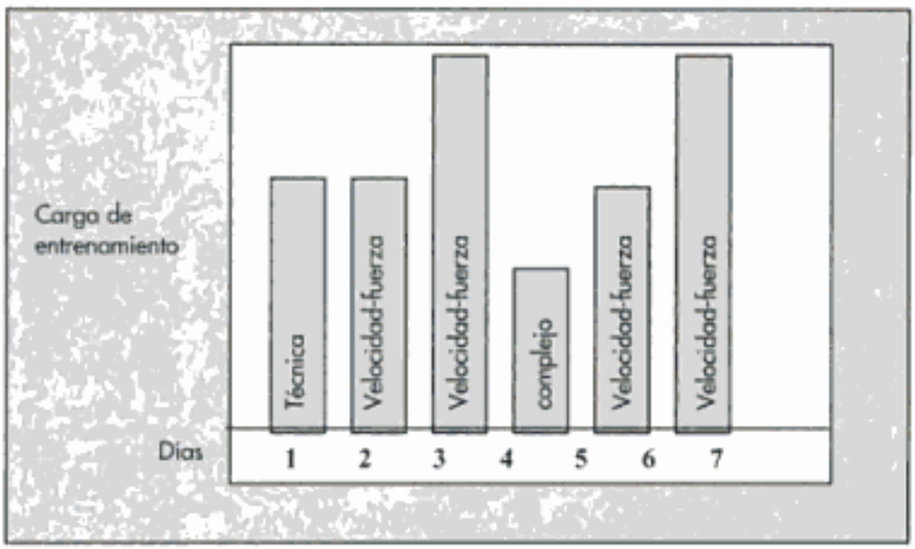


FIGURA 6.25 *Organización unidireccional de los microciclos semanales en los deportes de velocidad fuerza (Mironenko, 1979).*

el entrenamiento de fuerza especial para los deportes de complejidad técnica y de fuerza-velocidad. Además de englobar los entrenamientos con volúmenes grandes y moderados de carga de fuerza, estos microciclos incluyen sesiones de entrenamiento con énfasis en el entrenamiento complejo y técnico.

Se ha de llegar a la conclusión de que, debido a las exigencias actuales de la preparación de deportistas altamente capacitados, los microciclos que se empleaban años atrás se han convertido en el vínculo más débil en la programación del entrenamiento. Como es natural, los ejemplos anteriores siguen sin eliminar aquellas insuficiencias, aunque muestran la dirección en la que deben ir las investigaciones científicas.

OBJETIVOS PRIMARIOS DE LA ORGANIZCIÓN DEL ENTRENAMIENTO

Los hallazgos anteriores se pueden expresar como un número de objetivos generales que constituyen la base para el diseño eficaz de programas de entrenamiento deportivo. Los objetivos primarios suponen una categoría separada de reglas y conceptos metodológicos, sobre todo en lo que se refiere a los principios generales de la educación física y el entrenamiento deportivo. Estos principios, que son aplicables al entrenamiento de deportistas altamente capacitados en las condiciones actuales, se desarrollaron y convirtieron en las reglas definitivas de la programación. Estos objetivos se resumen a continuación:

1. El objetivo de recurrir a las reservas actuales de adaptación del cuerpo, que se relaciona con la organización de la carga basándose en las características de adaptación del entrenamiento especializado. Dentro del ciclo anual, se planifican los mesociclos, sus objetivos y contenidos específicos, el volumen y organización de la carga necesaria para alcanzar estos objetivos. Los mesociclos deberán incorporarse dentro del sistema de entrenamiento anual para que la capacidad de trabajo especial del deportista alcance su máximo coincidiendo con las competiciones más importantes. Es apropiado acomodar al menos dos mesociclos largos dentro del ciclo anual, incluso en aquellos deportes que tradicionalmente han tenido un solo periodo de competición y emplean una periodización monocíclica.

2. El objetivo de preservar el potencial entrenante de la carga, que se relaciona con el incremento sistemático de la intensidad y la especificidad de la influencia del entrenamiento, de acuerdo con el aumento de la capacidad de trabajo. Esto se consigue aplicando el sistema conjugado de secuencias para organizar cargas de distinto énfasis primario (ver cap. 5).

3. El objetivo del empleo concentrado de cargas unidireccionales especializadas y extensivas con el fin de estimular el cuerpo para que aumente de manera significativa su preparación física especial. Para favorecer una adaptación funcional y unifor-

Urheberrechtlich geschütztes Material

me, la influencia del entrenamiento debe ser de una duración, frecuencia e intensidad óptimas. El método de concentración se puede aplicar a cargas de cualquier énfasis primario. Es sobre todo eficaz para la carga especial de fuerza , que puede servir como bloque relativamente independiente dentro del programa anual de entrenamiento. Su propósito es crear una base funcional para la preparación especial subsiguiente relacionada con el perfeccionamiento de la técnica y el desarrollo de la velocidad o la resistencia especiales.

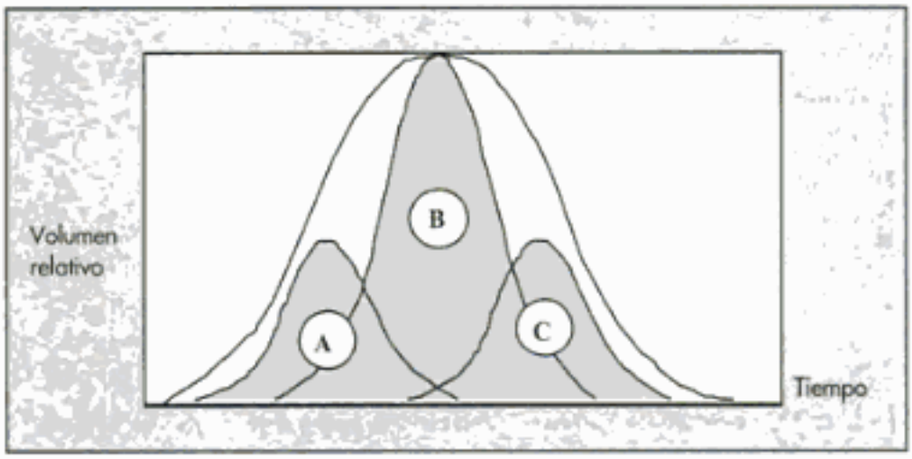


FIGURA 6.26 *Estructura y contenidos de los ejercicios con un volumen de carga concentrada típico para deportes de velocidad-fuerza. A = saltos; B = ejercicios con pesos; C = saltos horizontales pliométricos*

4. El objetivo de emplear el ERELP de la carga concentrada de fuerza con el fin de hallar formas sistemáticas de regular el volumen general de la carga dentro del ciclo anual y emplear con eficacia el trabajo de fuerza especializada para crear las condiciones favorables con que mejorar la técnica, la velocidad y la preparación para la competición.

5. Los objetivos del bloque-carga con medios de distinto énfasis primario, que suelen utilizar regímenes de carga intrínsecamente incompatibles (p. ej., centrándose en la fuerza, en la técnica o en la velocidad), eliminan o minimizan la interacción negativa entre cargas de distinto énfasis primario y diseñan combinaciones que proporcionan una acumulación secuencial de los efectos parciales del entrenamiento con cargas diferentes.

6. El objetivo de trascender el énfasis de la PFE, que subraya el papel clave de este entrenamiento para la mejora del rendimiento de deportistas altamente capacitados. Este objetivo se asocia con la organización del entrenamiento, en el cual la PFE precede al trabajo de velocidad o técnica.

7. El objetivo de modelar las actividades de la competición está relacionado con reproducir el trabajo de entrenamiento que tipifica las condiciones de la competición, sobre todo en lo que se refiere a la ejecución de acciones deportivas con alta intensidad semejantes a las que se encuentran en la competición. Ésta es un tipo de entrenamiento especial muy eficaz, que mejora la preparación competitiva, táctica, técnica, psicológica y física del deportista.

Estos objetivos constituyen el fundamento sobre el que se construye el diseño de estrategias generales para la organización del entrenamiento y el establecimiento de un método definitivo de programar el entrenamiento cuantitativamente. Sin embargo, la aceptación de estos objetivos sólo llevará al éxito si toda la preparación precedente ha sido sistemática y el deportista ha alcanzado una preparación física especial y técnica bien equilibrada. Para alcanzar estos objetivos hay que establecer medidas que tengan en cuenta las condiciones reales, las características individuales del deportista y los elementos específicos del deporte.

MODELOS PARA ESTRUCTURAR EL ENTRENAMIENTO ANUAL

El desarrollo de unos principios que tengan en cuenta los contenidos y la organización del entrenamiento sobre la base de la investigación científica nos lleva al concepto de modelación deportiva y a las formas de aplicarlo. La modelación hace posi-

Urheberrechtlich geschütztes Material

criptiva se aprovecha en gran medida de los datos aportados por la modelación descriptiva del deporte.

Se distinguen dos tipos de modelo: el modelo cualitativo y el modelo cuantitativo. El modelo cualitativo describe la dinámica de la forma física del deportista (los indicadores funcionales), los parámetros más importantes de los contenidos (como el entrenamiento de la fuerza, resistencia o fuerza-velocidad) y las interconexiones entre los componentes del proceso de entrenamiento (p. ej., cargas concentradas, fases preparatorias, los distintos microciclos y mesociclos). El modelo cuantitativo contiene todos los aspectos numéricos de la composición y organización del entrenamiento en microciclos, mesociclos y macrociclos, como son el cálculo del volumen, la intensidad, la duración de los estadios y la distribución de la carga en distintas zonas de intensidad. Antes de analizar los modelos específicos, es útil aportar cierta información general sobre ellos:

Tabla 6.3 *Proporciones de grasa y músculo, capacidad física de trabajo CFT-170 de halterófilos rusos de alto nivel (Stepanova et al., 1983). La columna 5 proporciona el valor absoluto de capacidad de trabajo en kg-metros por minuto, mientras que la sexta columna proporciona la capacidad relativa de trabajo por unidad de masa corporal en kg-m por kg de masa corporal.*

DIVISIÓN	% DE MÚSCULO	% DE GRASA	MÚSCULO/ GRASA	CFT 170 kgm/min	CFT 170 kgm/min/kg
52	53,64	7,75	7,07	855	15,2
56	54,95	8,33	6,68	1142	18,4
60	56,11	7,99	6,89	1196	18,3
67,5	55,74	8,93	6,25	1167	16,5
75	56,73	8,94	6,53	1304	16,8
82,5	57,26	8,99	6,58	1380	16,5
90	57,69	9,26	6,61	1566	17,4
100	56,09	11,01	5,47	1474	14,8
110	55,55	12,29	4,91	1634	14,8
110+	53,51	16,23	3,69	2009	14,6
MEDIA	55,73	9,97	6,07	1373	16,3

1. Puesto que los modelos se ocupan de los deportes de verano e invierno, no se designan meses específicos del año. Cada modelo consta de unos 11 meses ya que, por término medio, se destina un mes al periodo final de transición.

2. Los modelos de sistemas para la elaboración del entrenamiento incluyen dos componentes para cada grupo de deportes: un modelo de la dinámica de la forma física del deportista (los indicadores funcionales, p. ej., tal y como aparecen en el diagrama superior de la fig. 6.27) y un modelo del programa de cargas (p. ej., el diagrama inferior de la fig. 6.27). El programa para la elaboración del entrenamiento de cada grupo de deportes se basa en aquel régimen de periodización del entrenamiento anual que mejor lo caracteriza.

3. El modelo de la dinámica de la forma física del deportista incluye los indicadores funcionales más importantes que reflejan la capacidad de trabajo especial. Se puede usar cualquier método que le permita al entrenador medir los valores de estos indicadores.

4. Todos los modelos de este capítulo emplean el principio de la carga concentrada de fuerza especial, que sirve para obtener el ERELP. La carga de fuerza se representa con bloques que ocupan estadios específicos del ciclo anual.

5. Al describir las características cualitativas de la organización del entrenamiento, los modelos presentan la tendencia más deseable en la distribución del volumen de carga con distinto énfasis a lo largo del ciclo anual, así como la variación de esta carga en el tiempo. Sin embargo, en aras de la sencillez, esta variación no se expone con precisión. El empleo de bloques rectangulares no debe crear la impresión de que las cargas concentradas se aplican de repente en una intensidad pico y de acuerdo con

Urheberrechtlich geschütztes Material

alguna función escalonada; la carga real sigue un patrón ondular concentrado que alcanza gradualmente un pico para luego descender en volumen (como en la fig. 6.22).

6. Los límites de los estadios y fechas de las competiciones principales de los modelos dados se basan en los planes más corrientes de las pruebas de cada deporte. Sin embargo, si se tiene en cuenta el calendario real, pueden variar un tanto con el fin de cumplir los principios generales de la organización de la carga.

TABLA 6.4 *Características de un modelo de velocistas de 100 m para su uso en la preparación física especial encaminada a lograr un tiempo de 10 segundos para los hombres y 11 segundos para las mujeres (Tabachnik, 1979).*

CARACTERÍSTICAS DEL MODELO	HOMBRES 10 SEGUNDOS	MUJERES 11 SEGUNDOS
Datos generales		
Tiempo inicial de los 100 m (segundos)	11,62	13
Edad a la que se comienza a practicar (años)	14,6	14,1
Años practicando la velocidad	8,4	8,3
Indicadores de la velocidad		
Tiempo de reacción motriz simple	0,110	0,121
Tiempo de reacción en la salida	0,136	0,149
Tiempo total de salida (segundos)	0,37	0,40
5 m. de carrera con salida lenta	1,18	1,32
30 m. de carrera con salida lenta	3,80	4,25
50 m. de carrera con salida lenta	5,70	6,15
Tiempo de los últimos 50 m del esprint (segundos)	4,45	5
Fuerza muscular relativa (en relación a la masa corporal)		
Extensión de tronco	2,80	2,60
Flexión de tronco	1,20	1,15
Extensión de rodilla	2,20	2
Flexión de rodilla	1,10	1,05
Extensión de cadera	3,10	2,80
Flexión de cadera	1,20	1,05
Flexión plantar de tobillo	3	2,80
Indicadores de la velocidad-fuerza		
Salto de longitud sin impulso (m)	3,20	2,80
Triple salto sin impulso (m)	10	8,40
Salto de 10 pesos sin impulso inicial (m)	36	32

Ejemplos del modelo descriptivo

Para presentar los factores cuantitativos y cualitativos más importantes que constituyen un modelo descriptivo minucioso en cada caso, necesitaríamos un volumen aparte para cada deporte. No obstante, es útil seleccionar unos pocos ejemplos de los tipos de información que caracterizan tal modelo.

Por ejemplo, los datos cineantropométricos de la halterofilia incluyen las relaciones altura-masa corporal, masa corporal-fuerza, y edad-fuerza, ya tratados en el capítulo 3. Se puede obtener otra información útil de las proporciones de masa muscular magra o de grasa muscular, y las mediciones de la capacidad de trabajo físico (CTF170).

De resultas de largos años de investigaciones rusas han surgido modelos para cada deporte, que aportan no sólo información sobre los movimientos deportivos específicos, sino también sobre cualquier tipo de ejercicios suplementarios o pruebas que tengan importancia en un deporte dado. Estas normas permiten al entrenador identificar cualquier debilidad en la forma física del deportista y, por lo tanto, modificar el programa de entrenamiento para mejorar los resultados.

Tiene poco valor determinar qué sistemas de energía, qué tipos de forma física o patrones de movimiento intervienen en un deporte, a menos que se hagan regularmente determinaciones numéricas precisas de cada uno de estos factores. Sin esta información, la programación a largo plazo se vuelve imprecisa y poco dada a conseguir resultados predecibles y consecuentes. Es útil estudiar

Urheberrechtlich geschütztes Material

algunos modelos para el atletismo con el fin de comprender las características que suelen emplear los rusos para elaborar los modelos deportivos con el objeto de controlar el progreso de los deportistas y prescribir entrenamientos seguros y eficaces (tablas 6.4 a 6.8).

TABLA 6.5 *Modelo de características temporales de velocistas de 100 metros (Tabachnik, 1979).*

	Tiempo de las secciones en segundos				
Objetivo (seg)	15 m	30 m	primeros 50 m	segundos 50 m	Últimos 10 m
10	1,16-1,18	3,70-3,80	5,60-5,70	4,30-4,40	0,900
10,2	1,18-1,20	3,80-3,90	5,70-5,80	4,40-4,50	0,925
10,5	1,26-1,28	4,00-4,10	5,80-5,90	4,60-4,70	0,952
10,7	1,28-1,30	4,10-4,20	5,90-6,00	4,70-4,80	0,970
10,9	1,30-1,32	4,20-4,30	6,00-6,10	4,80-4,90	0,990

Los ejemplos anteriores no son modelos que haya que seguir al pie de la letra. También se pueden añadir otros factores para mejorar la especificidad de cada programa. Por ejemplo, el modelo para el lanzamiento de jabalina puede incluir las medidas de las actividades suplementarias de los lanzamientos (tabla 6.6); el modelo para los corredores de medio fondo puede presentar la media de todas las pruebas de fuerza, tal y como aparece en la tabla 6.4 en forma de un único indicador (tabla 6.7), así como ofreciendo pruebas para la flexibilidad y la resistencia general.

Composición del volumen de carga concentrada

Como ya se dijo con anterioridad, los bloques rectangulares empleados en los diagramas de los modelos de entrenamiento, que describen los estadios de carga concentrada, no pretenden mostrar su forma y contenidos precisos. Cada bloque representa cargas concentradas con distinto énfasis que no necesariamente utilizan sólo un medio de entrenamiento. Por ejemplo, un bloque concentrado cuyo fin sea aumentar la fuerza-velocidad puede estar formado por varios medios de resistencias y salto, así como métodos introducidos en una secuencia conjugada específica.

En la figura 6.26 se muestra una secuencia de efectos de entrenamiento generales de menor a mayor, dentro del estadio de carga concentrada: salto > ejercicios con pesos > ejercicios pliométricos. Estos ejercicios no están separados bruscamente por los intervalos de tiempo, sino que son sustituidos de forma continuada uno por otro, asegurando que la intensidad y los indicadores funcionales sean monitorizados cuidadosamente para evitar el sobreentrenamiento.

Lo apropiado ahora es examinar los principales modelos descriptivos de los sistemas para elaborar el entrenamiento dentro del ciclo anual de cierto número de deportes.

Modelo para deportes que requieren fuerza explosiva

Este modelo implica la periodización bicíclica del entrenamiento e incluye dos mesociclos cuyo objetivo es desarrollar óptimamente las reservas actuales de adaptación del cuerpo y alcanzar el nivel planificado de fuerza especial para las competiciones más importantes (fig. 6.27).

El modelo de la dinámica de la forma física del deportista (diagrama superior) muestra la tendencia óptima en los cambios de los indicadores de fuerza inicial, explosiva y absoluta, así como los valores más altos que se alcanzan al final de cada mesociclo.

La organización de la carga distribuye la explotación del ERELP del bloque de trabajo de fuerza a lo largo de cada mesociclo frente al volumen fundamental de velocidad y el entrenamiento especial. El

Urheberrechtlich geschütztes Material

TABLA 6.6 *Características del modelo para lanzadores de jabalina de clase internacional (Konstantinov, 1978).*

Características del modelo	Hombres	Mujeres
Datos antropométricos		
Altura (cm)	185 - 195	170 - 180
Masa corporal (kg)	95 - 105	70 - 80
Amplitud de brazos (cm)	195 - 205	175 - 180
% de músculo	53 - 55	48 - 50
% de grasa	10 - 12	16 - 18
Datos sobre la preparación física		
30 m. desde el comienzo de la carrera (segundos)	2,90	3,20
100 m. desde el comienzo de la carrera (segundos)	10,20	11,50
Salto de longitud sin impulso (m)	3,20	2,80
Triple salto sin impulso (m)	10,20	7,80
Salto de longitud con 8 pasos (m)	6,40	5,40
Salto vertical (cm)	95,0	70,0
Lanzamiento de peso hacia atrás por encima de la cabeza (m)	19,50	117,50
Lanzamiento de peso hacia delante por detrás de la cabeza (m)	26,0	19,0
Arrancada (kg)	Mcorp + 15Kg	Mcorp + 10kg
Sentadillas por detrás de la cabeza (kg)	2 × Mcorp	1,5 × Mcorp
Lanzamiento de objetos o jabalina con ayuda e intensidad media	170 veces	140 veces
Lanzamiento de jabalina por encima de la intensidad media	35 veces	30 veces
Datos de la preparación técnica		
Lanzamiento de jabalina sin impulso (m)	70	46
Lanzamiento de jabalina con 3 zancadas de impulso (m)	76	54
Lanzamiento de jabalina completo (los 3 mejores de 6 intentos)	86	62

principio básico consiste en una carga en bloque con medios de distinto énfasis primario, lo cual crea las condiciones favorables para un aprovechamiento a fondo de la técnica y de la preparación unidireccional en la competición. Como ya se ha dicho con anterioridad, el trabajo de técnica no se excluye del bloque de carga de fuerza; sin embargo, tal trabajo se incluye con intensidad reducida empleando los elementos separados y sus vínculos (ver cap. 2), así como los patrones rítmicos de las fases individuales y el programa general de movimiento.

El segundo bloque de fuerza impone un volumen menor, si bien la intensidad de la carga general es mayor que en el primer bloque. Como el segundo bloque se ejecuta con los antecendentes de adaptación del primer mesociclo, el ERELP se preservará durante el segundo estadio de la competición. No es necesario en este momento aumentar el volumen de trabajo de fuerza, que sólo se puede emplear exclusivamente para la preparación del sistema neuromuscular antes del entrenamiento subsiguiente, que se concentra en la técnica o en la preparación para la competición. Los contenidos y la organización de los bloques de carga de fuerza se basan en el principio de la preservación del potencial entrenante de la carga mediante el sistema de secuencias conjugadas (cap. 5).

Los medios de la PFG tienen un propósito específico. Dentro de cada bloque ofrecen variedad y ayuda para la recuperación después de un volumen alto de carga de fuerza, mientras que durante el estadio de ERELP, la PFG ayuda a la recuperación después de una carga especializada intensa. Hay que recordar siempre que este procedimiento constituye parte de la recuperación pedagógica, la cual facilita la recuperación junto con otros métodos como el masaje deportivo (ver cap. 8). El volumen relativo mayor de los medios de la PFG se da durante los periodos de competición.

Modelo para los deportes de resistencia de duración media

El modelo se basa en la periodización bicíclica y consta de dos mesociclos diseñados para desarrollar óptimamente las reservas actuales de adaptación (fig. 6.28). Son dos los estadios de competición en el ciclo anual y no hay necesidad de com-

Urheberrechtlich geschütztes Material

TABLA 6.7 *Características del modelo para corredores de medio fondo con distintos niveles de capacidad. Las pruebas de fuerza representan la media de la fuerza de los músculos extensores y flexores de las articulaciones de la cadera, y de la rodilla y el tobillo en relación a la masa corporal. Las distintas divisiones describen la flexibilidad de zancada durante la carrera. La resistencia especial se valora con las mediciones de tiempo tomadas en 2 series de 4 x 400 m con 2 minutos de descanso entre cada 400 m y 8-10 minutos de descanso entre cada serie (Máximenko, 1979).*

Pruebas de control	Clase III	Clase II	Clase I
Carrera de 800 m	2:11:07	2:02:04	1:56:02
Carrera de 1500 m	4:31:05	4:16:01	4:01:08
30 m. desde el comienzo de la carrera (seg)	3,48	3,35	3,23
Fuerza media relativa de 5 grupos de músculos (kg)	5,72	5,87	6,11
Triple salto sin impulso (m)	6,98	7,28	7,99
Tijeras-zancadas (grados)	111,5	116,8	131,5
Tijeras-horcajadas (grados)	106,1	106,1	107,5
2 carreras × (4 × 400 m) total (resistencia especial)	9:22:08	8:52:06	8:18:07
Carrera de 5000 m (p. ej., resistencia general)	18:03:02	17:10:03	15:52:04

petir recorriendo la distancia fundamental durante el primer estadio. De ahí la importancia de mantener la tendencia en la intensificación del entrenamiento para aumentar las reservas actuales de adaptación. Esto se puede lograr compitiendo en otras distancias durante la competición, lo cual servirá al mismo tiempo como cálculo de control del nivel de capacidad aerobia y anaerobia del deportista.

El modelo de la dinámica de la forma física del deportista favorece los cambios del pico gemelo en la capacidad aerobia y anaerobia. La dinámica de la preparación de la fuerza especial se expresa mediante un incremento acelerado de la fuerza resistencia especial y de la resistencia especial para la producción repetida de fuerza explosiva (p. ej., la fuerza-resistencia explosiva) durante el segundo estadio competitivo, así como mediante el aumento planificado de la fuerza máxima.

La fuerza explosiva alcanza su máximo al comienzo del segundo estadio de la competición, tras lo cual disminuye, junto con el aumento del volumen de trabajo cíclico intenso (anaerobio y glucolítico). Los indicadores funcionales fundamentales, por ejemplo, la capacidad anaerobia y la fuerza resistencia, alcanzan sus niveles más altos durante el estado de competición más importante (meses décimo y décimo primero).

Esta organización de la carga combina dos bloques de fuerza junto con el trabajo aerobio y anaerobio especial, en los que la relación del trabajo aerobio y anaerobio cambia a lo largo del ciclo anual. Hay predominancia de carga aerobia durante el primer periodo preparatorio; durante el segundo periodo el trabajo es sobre todo a nivel del OBLA (comienzo de la acumulación de lactato en la sangre). Una vez más, se produce un incremento del volumen de carga aerobia durante el segundo estadio de la competición, cuyo papel es favorecer la recuperación. El trabajo especial (sobre todo en la zona del ATP-CP) y el desarrollo de la velocidad-resistencia (sobre todo en la zona anaerobia-glucolítica) está calculado que se produzcan durante el estadio en que se manifiesta el ERELP de la carga de fuerza; p. ej., el desarrollo de la velocidad precede al de la velocidad-resistencia.

Así pues, la estrategia general de la organización de la carga en el ciclo anual se basa en la siguiente secuencia para mejorar la capacidad de trabajo especial: resistencia general > velocidad > velocidad-resistencia. La orientación del proceso de entrenamiento apunta al desarrollo sistemático de la fuerza y la velocidad-resistencia durante el estadio en que se celebran las competiciones importantes.

Los contenidos de los bloques de entrenamiento de la fuerza se seleccionan teniendo en cuenta su conformidad con el régimen de trabajo específico de la actividad deportiva (ver cap. 3). El primer bloque subraya el desarrollo de la fuerza explosiva y la

Urheberrechtlich geschütztes Material

TABLA 6.8 *Características del modelo para corredores de 800 m y 1500 m de muy alta calificación (Máximenko, 1979).*

Pruebas de control	CMD	MD	CMD	MD
Carrera de 800 m	1:51.02	1:47.08	1:53.07	1:49:07
Carrera de 1500 m	3:54.00	3:48:04	3:48:04	3:40:03
Fuerza media relativa de 5 grupos de músculos (kg)	6,19	6,39	6,21	6,33
Triple salto sin impulso (m)	8,38	8,63	8,19	8,49
Tijeras-zancadas (grados)	107,3	115,7	122,4	118,0
Tijeras-horcajadas (grados)	103,0	107,8	107,2	104,6
2 carreras × (4 × 400 m) total (resistencia especial)	7:56:08	7:35:03	7:34:01	7:24:00
Carrera de 5000 m (resistencia general)	15:32.08	15:03.01	14:33.01	14:11.03

resistencia muscular local, mientras que el segundo se centra sobre todo en la resistencia muscular local.

Modelo para los deportes de resistencia de larga duración

Este modelo comprende una periodización monocíclica con un estadio de competición (fig. 6.29). La práctica muestra que competir en las pruebas de larga duración requiere un largo periodo preparatorio (hasta 6 meses) para crear una adaptación estable que preserve la capacidad de trabajo especial durante unos 4-5 meses en el periodo de competición. Por lo tanto, en el caso dado, por lo que se refiere a la predominancia del trabajo de intensidad baja (en relación con otros grupos de deportes), la fecha óptima para aumentar las reservas actuales de adaptación se retrasa, detalle que se tiene en cuenta en el modelo.

El modelo posee otra característica que lo distingue. Con la periodización monocíclica se logran resultados deportivos estables durante la fase de competición cuando el incremento de la carga en el periodo preparatorio se produce de forma gradual (un incremento mensual medio del 7-14%); cuando no hay una caída brusca del volumen de carga durante el periodo de competición, y cuando no aumenta la porción de carga en la zona de producción de energía anaerobia (Gilyazova, 1978). Se ha comprobado que la reducción prolongada del volumen de carga durante el periodo de competición (con periodización monocíclica) permite la readaptación a un nivel menor, lo cual se refleja en la caída de la entrenabilidad específica. La carga de competición y la carga suplementaria especial (con volúmenes limitados) no puede estimular más el desarrollo o incluso el mantenimiento de la capacidad de trabajo especial. Por lo tanto, lo apropiado es aumentar de forma periódica el volumen de la carga de competición y el de la carga especial de resistencia (Baranovsky, 1969; Kryazh, 1969; Muzis, 1970; Zhikharevich, 1976).

Así pues, una característica del modelo es que consta de una organización de dos estadios de entrenamiento de la fuerza y la velocidad dentro del monociclo de periodización. Frente a un fondo de distribución tradicional de carga aerobia, mixta y anaerobia (sobre todo glucolítica), se incluyen dos bloques de entrenamiento de la fuerza y la velocidad especiales (sobre todo el ATP-CP). El primer bloque contiene el trabajo de fuerza de acondicionamiento general, mientras que el segundo bloque se centra en el desarrollo de la resistencia muscular local. Esta organización proporciona un incremento de la capacidad de trabajo especial y garantiza su estabilización durante el periodo de competición, que culmina en las competiciones importantes de los meses décimo y decimoprimero.

Este modelo permite alcanzar la productividad aerobica máxima al comienzo del periodo de com-

Urheberrechtlich geschütztes Material

petición, y cierto descenso. Se produce un aumento gradual de la fuerza resistencia especial y de la fuerza absoluta hasta llegar al estadio de las competiciones importantes.

Modelo para los deportes que requieren una periodización tricíclica

El modelo tricíclico se destina sobre todo para los deportes individuales o eliminatorios (fig. 6.30). Consta de tres mesociclos y microperiodos preparatorios y competición. El primer periodo se orienta sobre todo a la preparación física especial; el segundo, al perfeccionamiento de la maestría técnica; y el tercero, a la preparación para las competiciones principales. Según el calendario de las competiciones y las características de los objetivos del entrenamiento en el ciclo anual, la duración del tercer periodo se puede aumentar acortando la duración del segundo periodo. En ciertos casos se emplea un modelo bicíclico de entrenamiento con este grupo de deportes.

El modelo de la forma física del deportista propende a lograr la máxima productividad aerobica durante el segundo periodo, seguida de cierto descenso. La fuerza máxima aumenta uniformemente, mientras que la fuerza resistencia se acelera más durante el tercer periodo. La fuerza explosiva alcanza su máxima al comienzo del segundo periodo y al final del tercero.

La carga incluye tres bloques de fuerza. Los objetivos del primero son desarrollar la fuerza explosiva y máxima; los del segundo, desarrollar la fuerza resistencia; los del tercero, aumentar sobre todo la fuerza explosiva y crear las condiciones necesarias para aprovechar el ERELP de la carga de fuerza durante la fase fundamental de la competición.

El primero y el tercer bloques de trabajo de fuerza se ejecutan combinados con el trabajo especial en la zona mixta (aerobia-anaerobia) de la producción de energía, mientras que el segundo se combina con el trabajo en la zona anaerobia (AT-CP y anaerobia-glucolítica). El volumen fundamental de velocidad y preparación técnico-táctica se ejecuta apoyándose en el ERELP obtenido por los dos bloques de trabajo de fuerza.

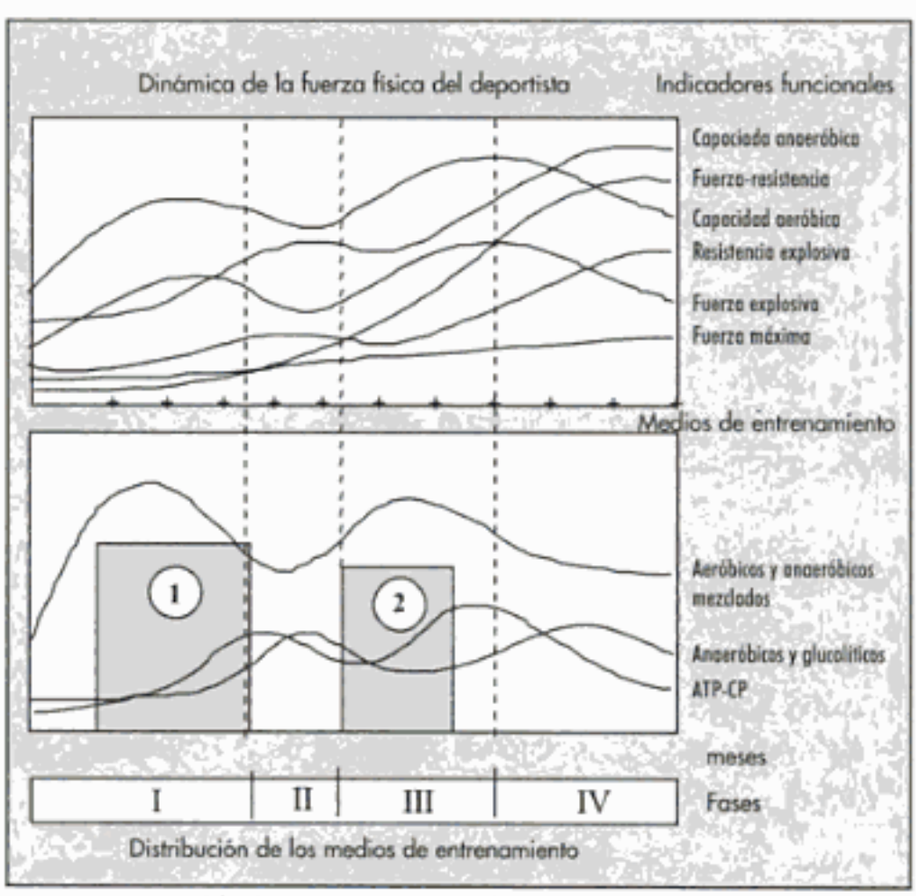


FIGURA 6.28 *Modelo de entrenamiento para deportes que requieren resistencia especial (duración media). Los detalles se explican en el texto. I = primer periodo preparatorio; II = primer periodo de competición; III = segundo periodo preparatorio; IV = segundo periodo de competición. Los bloques sombreados representan los estadios de cargas concentradas de fuerza especial para favorecer el EDLE subsiguiente.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

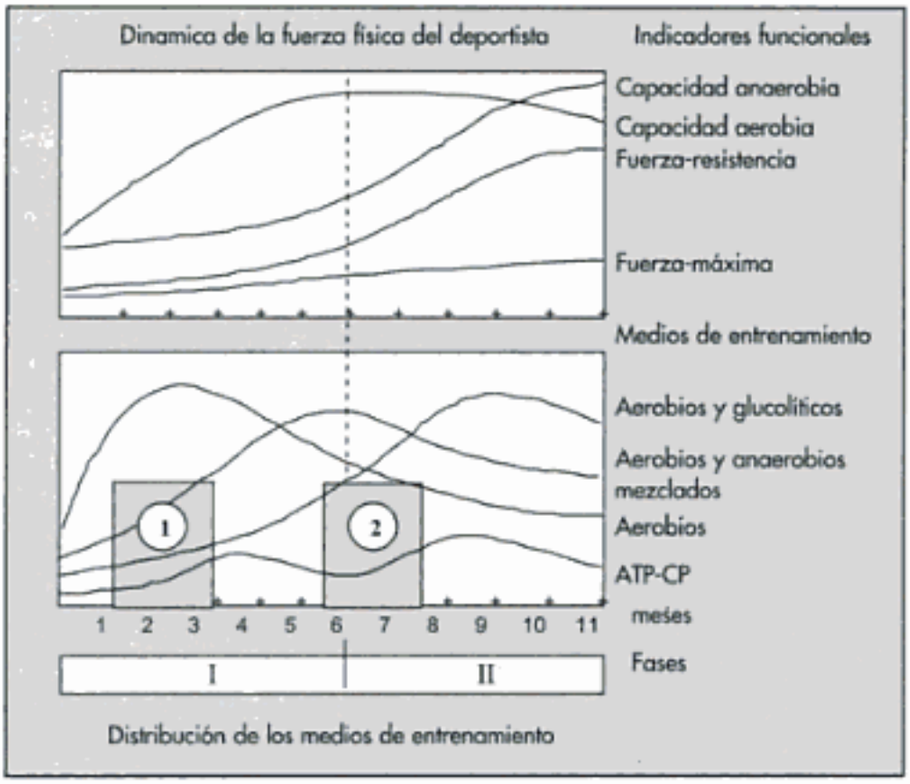


FIGURA 6.29 *Modelo de entrenamiento para deportes de resistencia y larga duración. I = periodo preparatorio; II = periodo de competición. Los bloques sombreados representan los estadios de cargas concentradas de fuerza especial para favorecer el ERELP subsiguiente.*

Empleo más avanzado de la carga concentrada

Los modelos anteriores de periodización bicíclica y tricíclica constan de bloques sucesivos de carga concentrada separados por varias semanas unos de otros, aunque pueden ser modificados en ciertas situaciones. Por ejemplo, en los deportes de fuerza velocidad, la magnitud del efecto retardado de entrenamiento a largo plazo (ERELP) se puede mejorar aún más si a la carga concentrada le sigue un trabajo especializado de volumen moderado que incluya regímenes de contracción muscular más explosiva o de mayor potencia como saltos, ejercicios pliométricos e intentos máximos.

Existe una superposición de los distintos volúmenes de entrenamiento, que alcanzan el máximo sin brusquedad en cada caso para asegurar un incremento óptimo del ERELP. Los casos de periodización monocíclica y bicíclica aparecen respectivamente en las figuras 6.31 y 6.32. En la figura 6.32, los periodos A y C se refieren a los periodos concentrados de volumen alto, trabajo de intensidad baja; y los periodos B y D a los volúmenes moderados de trabajo de fuerza velocidad especializado y de mayor intensidad. Se recomienda este programa para asegurarse de que haya un incremento continuo de la fuerza especial durante un largo periodo (Verkhoshansky, 1978). Por supuesto, al igual que en todos los sistemas de organización del entrenamiento, la inclusión de periodos regulares de recuperación activa y pasiva entre los estadios de mayor carga es importante para facilitar el desarrollo del ERELP.

Puesto que los volúmenes grandes de entrenamiento de fuerza y técnica suele ser por lo general incompatibles, la mayor cantidad de trabajo de fuerza debe hacerse durante el periodo preparatorio, poniendo más énfasis en el trabajo técnico durante la fase de competición cuando el ERELP experimenta un aumento notable. Esto es sobre todo importante porque la maestría técnica sólo se puede adquirir a través de la práctica con cargas de gran intensidad que reproduzcan las condiciones de la competición.

La competencia adquirida en condiciones de estimulación e intensidad bajas no suelen transferirse a las situaciones de esfuerzo máximo de la competición de alto nivel. Esto es importante para el empleo de la visualización con el fin de perfeccionar los movimientos deportivos; esta técnica no tiene mucho éxito si no ofrece una simulación mental de los movimientos, las sensaciones y circunstancias competitivas en los que se desarrollan estos

Urheberrechtlich geschütztes Material

movimientos. La práctica sólo es perfecta si se practican todos los componentes del proceso de rendimiento y en condiciones que reproduzcan con toda fidelidad posible aquellas que se viven en la prueba deportiva.

Ahora podemos aplicar esta información para formular modelos reales de entrenamiento para distintos tipos de deportes, integrando la fuerza y otras formas de entrenamiento en un programa periodizado y eficaz (Verhoshansky, 1978).

Por ejemplo, para preparar a deportistas de alto nivel que practican deportes de fuerza velocidad, el bloque de carga concentrada de fuerza ocupa la primera mitad del mesociclo largo, aprovechándose del trabajo realizado por la preparación física general (PFG) y el pico de trabajo aerobio (fig. 6.33). El entrenamiento técnico y de velocidad ocupa la segunda mitad del mesociclo largo, y, a medida que aumenta la forma física del deportista, también aumenta gradualmente la intensidad del entrenamiento, sobre todo como consecuencia de la participación en competiciones.

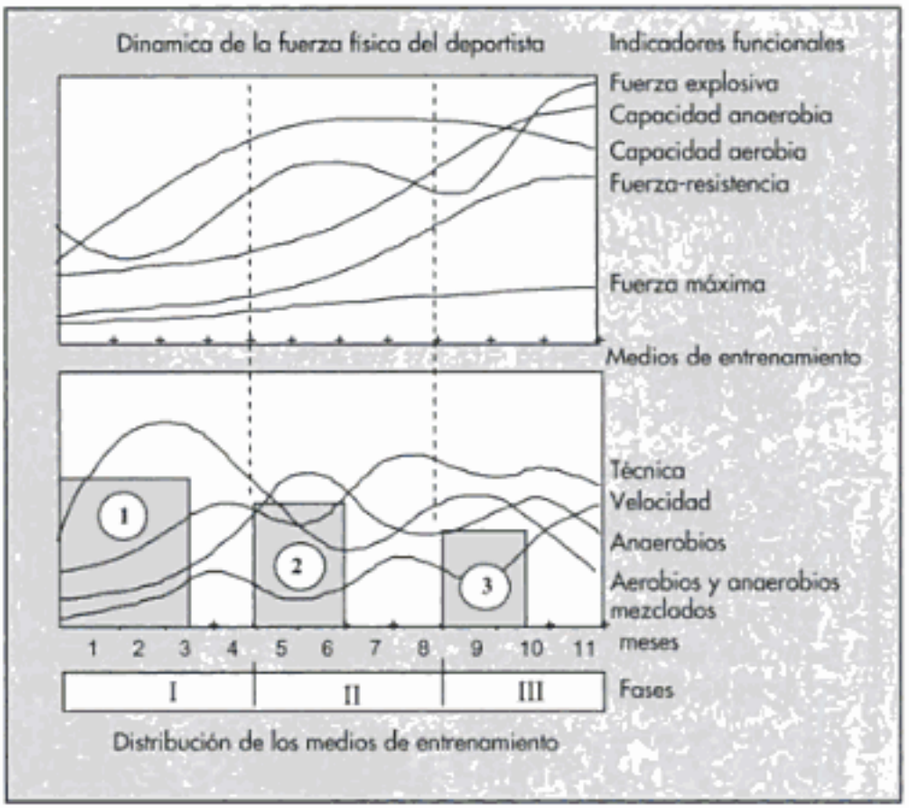


FIGURA 6.30 *Modelo de periodización tricíclico. Los bloques sombreados representan los estadios de cargas concentradas de fuerza especial para favorecer el ERELP subsiguiente.*

En los deportes cíclicos de duración media, el entrenamiento aerobico abarca la primera mitad del mesociclo largo durante el cual se procede con la PFG y la carga concentrada de fuerza (fig. 6.34).

Al comienzo de la segunda mitad del mesociclo largo, cuando comienza a manifestarse acusadamente el ERELP, el énfasis principal se pone en el trabajo de velocidad. Tras esto, el objetivo del entrenamiento es desarrollar la resistencia especial. En este sentido, la participación en competiciones es una de las principales formas de desarrollar esta resistencia, ya que las competiciones constituyen la forma más específica de preparación especial de cualquier deporte.

Principios prácticos de la programación

La programación del entrenamiento a lo largo del ciclo anual debe, antes de nada, prestar especial atención al calendario de las competiciones y a las características adaptativas del cuerpo al trabajo muscular intenso. Estos factores pueden ser opuestos, por lo general debido al calendario de las competiciones. Por ejemplo, las fechas de las competiciones principales pueden cambiar radicalmente, mientras que las fechas de las competiciones tradicionales se mantienen inalterables. Peor situación se presenta cuando la temporada competitiva se prolonga y obliga a acortar la duración de los periodos preparatorios, lo cual complica más si cabe la programación y organización del entrenamiento. En circunstancias parecidas se debe deter-

Urheberrechtlich geschütztes Material

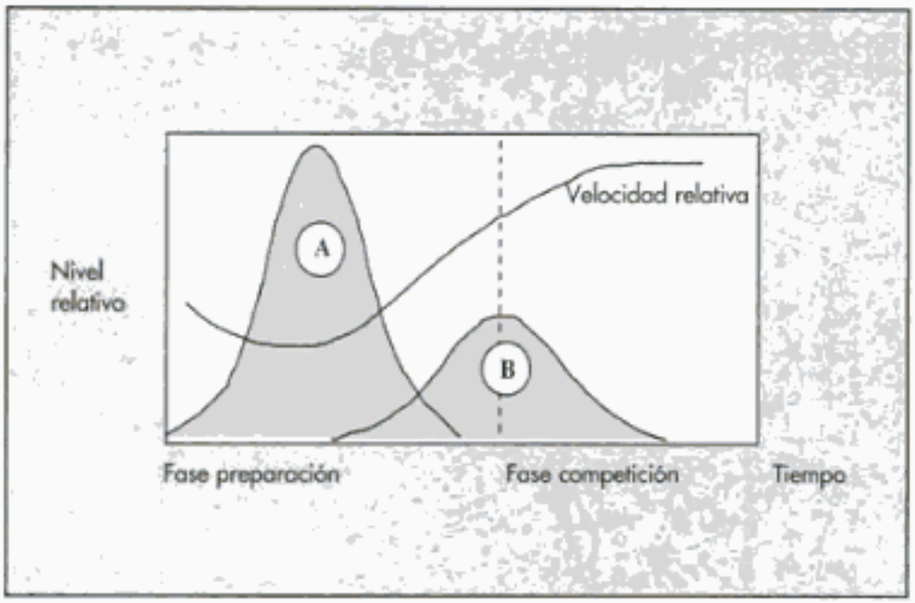


FIGURA 6.31 *Mejora del efecto retardado del entrenamiento (ERELP) y un indicador funcional típico (velocidad fuerza) obtenido con el volumen moderado de carga (B) siguiendo el volumen concentrado de carga (A). Modelo de periodización monocíclica para un mesociclo largo.*

minar el método óptimo teniendo en cuenta los siguientes principios:

1. La organización del entrenamiento debe facilitar las condiciones favorables que mejoren la adaptación funcional del cuerpo teniendo en cuenta las obligaciones del calendario de las competiciones. El calendario debe coordinarse con los periodos y duración de los mesociclos. Los contenidos de cada uno de esos periodos se determina de tal forma que mejore las reservas actuales de adaptación (RAA) del cuerpo.

2. Ya se ha mencionado que el periodo óptimo para mejorar las reservas actuales de adaptación es unas 20 semanas con el objeto de lograr la carga más eficiente entre los deportistas altamente capacitados. Sin embargo, el periodo para mejorar las reservas actuales de adaptación se puede alargar o acortar dentro de unos límites reducidos, y requiere un aumento o disminución apropiadas de la carga concentrada. Es importante en este caso no exceder el límite de tiempo óptimo, ya que una intensificación excesiva del entrenamiento puede interrumpir la adaptación. Los mesociclos más cortos, que tienen cabida, por ejemplo, en la periodización tricíclica (ver fig. 6.30) no deben modificarse para lograr el objetivo de la mejora óptima de las reservas actuales de adaptación (RAA) en el siguiente periodo.

3. Para determinar los límites de los mesociclos, sólo hay que guiarse por las fechas de las competiciones principales. Esta regla no debe romperse bajo ningún concepto, incluido el deseo de mostrar resultados impresionantes al comienzo de la temporada.

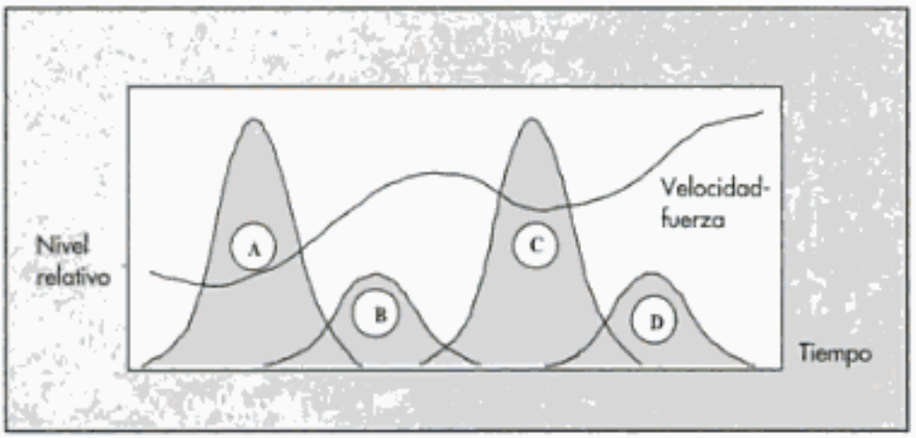


FIGURA 6.32 *Incremento observado en un indicador funcional típico (velocidad fuerza) por medio de la secuenciación sistemática de las cargas superpuestas de volumen concentrado o moderado. Se trata de un modelo de periodización bicíclico.*

4. Existe alguna diferencia entre los contenidos de los dos mesociclos en el ciclo anual. La carga de la fase preparatoria está más especializada y es más intensa durante el segundo mesociclo que durante el primero. Por lo tanto, el primer

mesociclo siempre se considera el fundamento del segundo. Los intereses de las competiciones intermedias no deben alterar este objetivo.

Al planificar el ciclo anual hay que conocer el efecto perjudicial que la carga competitiva tiene sobre la forma física del deportista, ya que conlleva un agotamiento grave de la energía nerviosa. Por lo tanto, durante la transición al siguiente mesociclo es necesario incluir un periodo de recuperación cuya duración se determina individualmente, según la dificultad del periodo de competición.

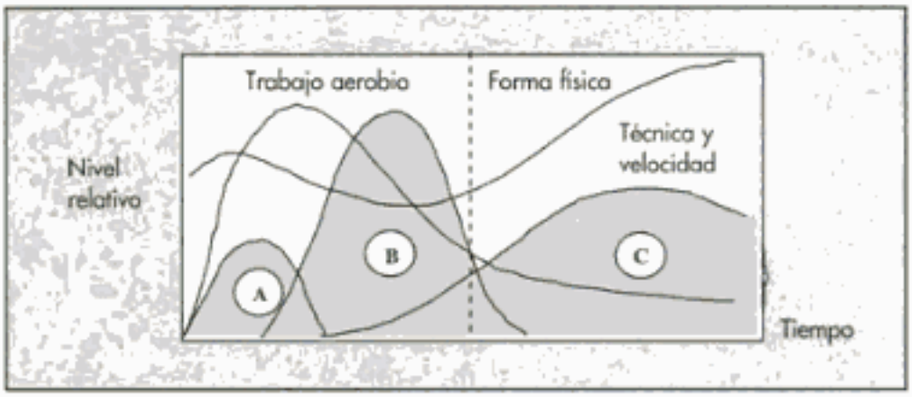


FIGURA 6.33 *Modelo para elaborar un entrenamiento dentro de un mesociclo largo para deportes de velocidad fuerza. A representa el bloque de cargas concentradas de fuerza, mientras que B y C muestran los tipos de entrenamientos identificados en el diagrama.*

SECUENCIAS PARA LA PROGRAMACIÓN DEL ENTRENAMIENTO ANUAL

La ciencia de la programación del entrenamiento es un procedimiento complejo que consta de numerosos cálculos. Su complejidad, sin embargo, no radica tanto en la cantidad de los cálculos como en la insuficiencia de la base necesaria para escoger y determinar cuantitativamente las operaciones principales. Por lo tanto, en la práctica, incluso los entrenadores con experiencia necesitan hacer cómputos tentativos que posiblemente tengan escasas posibilidades de aventurar un pronóstico correcto.

Teniendo en cuenta el material de los capítulos precedentes, es posible hacer cálculos a la hora de divisar los programas de entrenamiento con el fin de recomendar una secuencia definitiva y una contribución de las distintas cargas de entrenamiento a lo largo del tiempo, así como proporcionar una base objetiva para hacer todos los cálculos. Así, cuando se emprende la tarea de programar el entrenamiento es útil aceptar la siguiente secuencia de operaciones lógicas, para lo cual cada cálculo se realiza teniendo en cuenta los que se han hecho en la operación precedente:

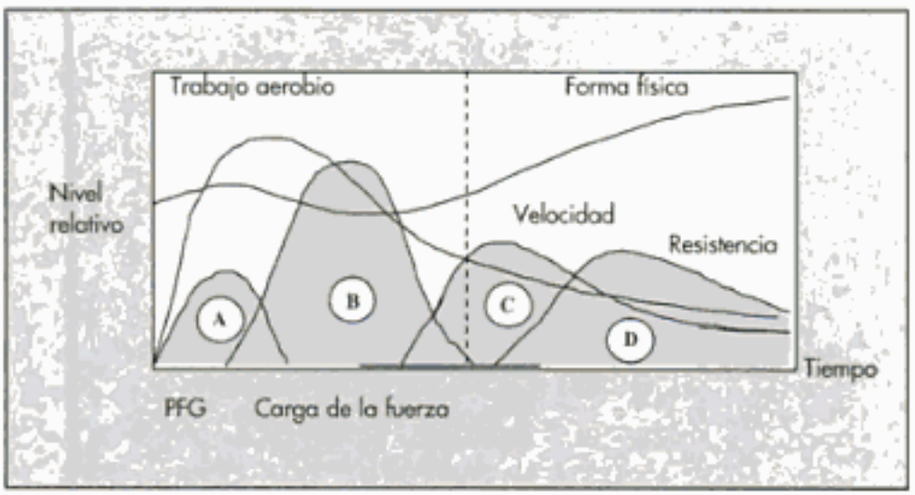


FIGURA 6.34 *Modelo para elaborar el entrenamiento en los deportes cíclicos que requieren resistencia de duración media. A representa el bloque de cargas concentradas de fuerza, mientras que B y C muestran los tipos de trabajo indicados en el diagrama.*

1. Determinación de la mejora de los resultados deportivos y las fechas para su consecución. Éste es el objetivo principal del entrenamiento: se refiere a la prescripción y secuenciación de las cargas específicas del entrenamiento de una intensidad, volumen y duración particulares para

contingencia en los programas, debido a incidentes imprevistos tales como lesiones, cambios en los horarios de competición y desgracias personales.

DIRECCIÓN DEL PROCESO DE ENTRENAMIENTO

La dirección controla el curso y la prescripción del entrenamiento basándose en una comparación de la dinámica real del entrenamiento con los objetivos previos y estandarizados. Estos objetivos pueden incluir los resultados deportivos y los indicadores que reflejen los cambios en la competencia técnica, y en la forma física del deportista como respuesta a las cargas de entrenamiento y de competición. Se corrige el curso del entrenamiento cambiando los parámetros adecuados de la carga.

Así pues, la dirección del entrenamiento supone la evaluación y el control de la forma física del deportista, el preciso cálculo de la carga empleada y el análisis de la interrelación entre ellos. Al hacerlo es necesario aplicar las siguientes pautas:

1. Primero hay que seleccionar las características de la condición física que aporten más información con el fin de valorar la preparación física especial, la competencia técnica y el estado psicológico del deportista. Estas características se pueden obtener empleando métodos especiales de laboratorio, ejercicios de control (pruebas pedagógicas) o pruebas de campo estandarizadas o funcionales del deporte.

2. El control sobre el curso del entrenamiento sólo es eficaz si se analiza regularmente la dinámica de la forma física del deportista. Al hacerlo, a) las pruebas se deben hacer con regularidad una o dos veces al mes, independientemente de la periodización y estructura de los estadios del entrenamiento; b) el procedimiento de la prueba no debe ser excesivamente exigente por lo que se refiere al tiempo y a la energía del deportista; c) las condiciones de la prueba deben mantenerse constantes para excluir la posibilidad de que haya factores aleatorios que afecten a los resultados, y d) la prueba debe tener relevancia funcional.

3. La dirección del entrenamiento requiere una comparación sistemática (a lo largo de periodos mensuales) de los resultados reales y de los objetivos del entrenamiento. Si existe una discrepancia, es necesario analizar cuidadosamente la situación, determinar la causa de tal discrepancia y revisar el programa de entrenamiento.

También hay que considerar otro aspecto importante de la dirección del entrenamiento, el cual consiste en mantener un registro meticuloso del entrenamiento. Esto es muy sencillo de realizar y sorprende que muchos entrenadores no se lo hayan tomado en serio hasta hace poco. Esta parte tan sencilla de la dirección del entrenamiento es una fuente de materiales únicos que pueden aportar una contribución muy valiosa a la ampliación de las teorías y la práctica del entrenamiento, en concreto, del problema de la programación.

La planificación, los cálculos y la documentación del entrenador son extremadamente importantes para programar el entrenamiento. Por desgracia, muchos entrenadores muestran una actitud despreciativa hacia la documentación detallada de los programas de entrenamiento a corto y largo plazo y a nivel de equipo e individual, prefiriendo en su lugar la intuición y los métodos estándar tradicionales. Sin embargo, la documentación no consiste sólo en una responsabilidad suplementaria que refleja la eficiencia del entrenador, sino en un atributo importante de la dirección profesional del entrenamiento, de la cual depende en gran medida el éxito de la preparación de los deportistas. También ofrece una forma científica y objetiva de determinar cuáles son los métodos de entrenamiento eficaces que permiten un progreso continuo y una disminución de las lesiones y sobreentrenamientos. Puede mejorar la técnica, la creatividad, la capacidad diagnóstica y la capacidad para resolver problemas al entrenador y permitirle cooperar con científicos para mejorar la metodología de la preparación deportiva especial y llevarla hasta un nuevo nivel de excelencia.

Urheberrechtlich geschütztes Material

La documentación registra todos los parámetros del entrenamiento y debe proporcionar una aplicación clara y accesible de su material, sobre todo de las características estratégicas principales de la elaboración del entrenamiento. Podemos recomendar las siguientes formas básicas de documentación para programar y controlar el entrenamiento:

1. Un modelo principal del entrenamiento anual. El modelo debe reflejar claramente y con concisión la estrategia general y la organización principal del entrenamiento. Por lo tanto, debe construirse en forma de diagrama, por ejemplo como en las figuras 6.27 a 6.30. El modelo principal sirve de guía al entrenador; al mismo tiempo, la forma gráfica del modelo le permite transmitir con facilidad sus ideas a sus pupilos. El grado de comprensión de estas ideas determina en gran medida el éxito del entrenamiento. El registro de las cargas de entrenamiento y el cálculo de la intensidad de la carga, del volumen y la distribución de las cargas en zonas de distinta intensidad deberían seguir el formato ya estudiado con anterioridad.

2. Un modelo cuantitativo del programa de entrenamiento. Se calcula para equipos e individualmente sobre la base del modelo principal e incluye el cómputo de la dinámica de los indicadores más importantes de la preparación física especial y la preparación técnica en relación con el calendario de las competiciones.

Estipula el volumen anual y general de carga para todos los medios de entrenamiento, así como su distribución en meses con el objetivo de lograr la dinámica planificada de preparación especial reflejada por el modelo. El ciclo anual de entrenamiento, que tiene éxito con deportistas capacitados, puede servir de modelo de la estructura necesaria del entrenamiento.

3. Un programa para el mesociclo preparatorio. Se calcula sobre la base de los ciclos semanales de la organización de la carga. La distribución escogida de los microciclos con medios de distinto énfasis primario tiene en cuenta los objetivos del mesociclo y las características individuales de la preparación del deportista. Éstos son los documentos fundamentales que emplea el entrenador para organizar y controlar el entrenamiento.

4. El diagrama individualizado a largo plazo. Describe la dinámica a largo plazo (el volumen y la intensidad) de las cargas de entrenamiento ejecutadas con los medios fundamentales y describe los cambios correspondientes en los indicadores funcionales que reflejan la forma física del deportista y los resultados deportivos. La composición del diagrama es una condición importante para el control y dirección del entrenamiento, y sobre todo para el análisis de su eficacia y con el fin de hacer recomendaciones para su planificación en el futuro.

Es importante registrar no sólo los indicadores cuantitativos de la forma física del deportista, sino también las propias percepciones del deportista de cómo se siente a diario al realizar los ejercicios prescritos del entrenamiento, todo ello con las observaciones sobre la condición física general y la motivación. A menudo, el comienzo de un resfriado, la pérdida del apetito, los cambios de humor o la aparición de patrones alterados del sueño pueden proporcionar más información que los cálculos matemáticos a la hora de detectar a tiempo el sobreentrenamiento. Finalmente, el gráfico siempre debe prever la aparición de contigencias en el entrenamiento para resolver problemas inesperados o no planificados como lesiones, enfermedades o dolores.

EL FUTURO DE LA PROGRAMACIÓN DEL ENTRENAMIENTO

La necesidad de programar los entrenamientos es el resultado de las exigencias del deporte moderno; el concepto de bloque de cargas concentradas ha sido posible gracias al progreso de la experiencia científica y competitiva. Sin embargo, en este capítulo sólo hemos dado los primeros pasos en esta dirección, aunque esperamos haber ofrecido pautas útiles y prácticas que impulsen a los especialistas a seguir con nuevas investigaciones.

Urheberrechtlich geschütztes Material

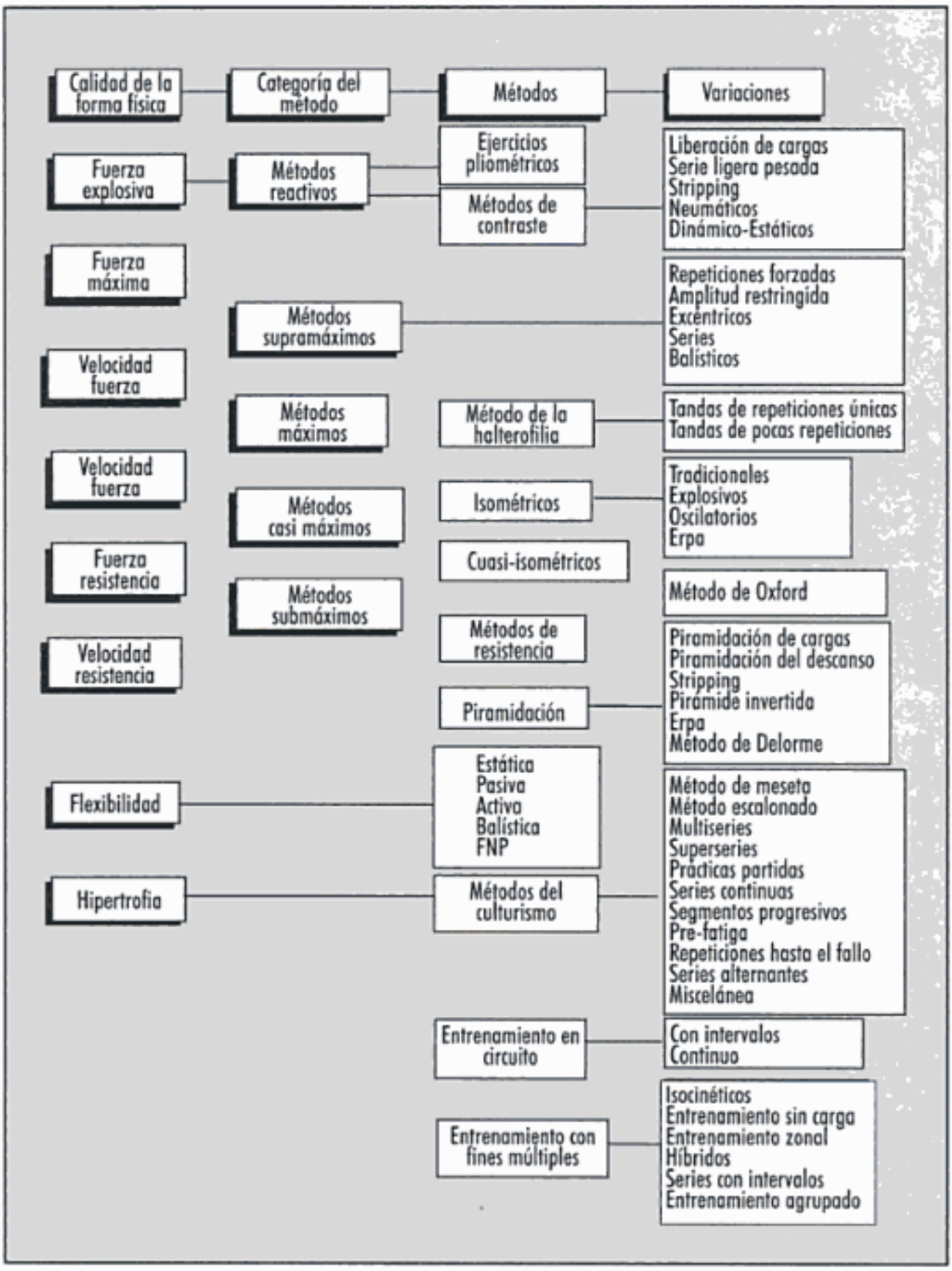


FIGURA 7.2 *Organización extensiva de las diferentes formas de entrenamiento de la fuerza con distintos fines funcionales y estructurales.*

Urheberrechtlich geschütztes Material

debe considerarse simplemente un método del culturismo, puesto que también se usa en estadios preparatorios iniciales con el fin de lograr varios de los objetivos generales del entrenamiento, como son el aumento de la hipertrofia muscular, la fuerza y la resistencia, según sea la carga y el número de repeticiones (que están inversamente relacionados). Por lo tanto, la piramidación ha sido clasificada por separado para mostrar las distintas formas de piramidación que habitualmente se emplean dentro del amplio campo del entrenamiento de la fuerza.

El método de ejercicios cuasi-isométricos es una consecuencia natural de entrenar con cargas cuasimáximas, ya que es imposible mover una carga fuerte a gran velocidad sin emplear para ello técnicas balísticas. Sin embargo, hay un método discreto de ejercicios cuasi-isométricos (hoy en día popular en los círculos del culturismo y conocido como el método superlento), que implica la ejecución de repeticiones controladas y muy lentas, tanto mediante cargas moderadamente pesadas como con cargas más ligeras. En cuyo caso, el deportista opta por mover la carga lentamente; en cambio, con pesos mayores no tiene otra opción que la de moverlos con lentitud.

El entrenamiento de la flexibilidad no ha sido clasificado más allá de una subdivisón general que divide ésta en estática, activa y otras formas, puesto que los detalles de su desarrollo ya se han tratado con profundidad en el capítulo 3. No hay que pasar por alto el hecho de que varios de los otros métodos de entrenamiento resistido con una amplitud de movimiento completa constituyen medios muy eficaces de estiramiento activo.

A la hora de organizar cualquier programa de entrenamiento hay que recordar siempre que se debe poner mucho énfasis en aumentar la masa y la fuerza de los tejidos conectivos, como son tendones, ligamentos, cartílagos y cápsulas articulares, sobre todo durante los estadios iniciales del entrenamiento y durante las fases de transición hacia niveles de mayor intensidad competitiva (ver cap. 1). Una parte esencial de la fase preparatoria general de todo entrenamiento consta también de intensidad baja, una actividad cíclica prolongada para mejorar los procesos circulatorio y cardiovascular, así como la capilarización de todos los grupos musculares relevantes. Este mismo tipo de actividad desempeña asimismo un papel importante en la recuperación entre las sesiones y fases de entrenamiento intensas

MÉTODOS PARA EL ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA

La selección de un método cualquiera para el entrenamiento con resistencias con el fin de conseguir un efecto deseado se determina sobre la base de la experiencia competitiva y las investigaciones sobre fenómenos tales como la fuerza, la adaptación, la especificidad y la supercompensación, que han sido estudiados en detalle en los capítulos precedentes. Los distintos métodos de entrenamiento resistido se categorizan según el programa general ofrecido en la figura 7.2.

Al hacer esto es importante darse cuenta de que ciertos métodos clasificados con una denominación también se usan en ocasiones para producir efectos que se adscriben con otras denominaciones. Por ejemplo, las series trucadas y las repeticiones de amplitud restringida, si bien se clasifican como métodos supramáximos, también se emplean como métodos submáximos o cuasi-máximos. Es tarea del entrenador escoger el método más apropiado, según cual sea el objetivo de su entrenamiento, y adaptarlo de acuerdo con aquél. En este sentido, la tabla 1.1, que se basa en gran medida en la experiencia práctica de varias generaciones de culturistas y levantadores de peso, puede servir como guía inicial a la luz del programa descrito en la figura 7.1. La elección de un sistema de entrenamiento centrado en el sistema nervioso o en la hipertrofia puede basarse en el rendimiento obtenido en pruebas de fuerza explosiva y fuerza-velocidad (p. ej., el salto de altura), al igual que sucede con la magnitud del déficit de fuerza expuesto en el capítulo 1.

Urheberrechtlich geschütztes Material

Si este déficit hallado en cualquier periodo es grande, lo apropiado es concentrarse más en los métodos reactivos y en los métodos de la halterofilia, mientras que si el déficit es menor hay que apoyarse en los métodos submáximos del culturismo.

Métodos máximos

- *Método de la halterofilia*. Este método se caracteriza por constar de series explosivas de una sola repetición, o de series de pocas repeticiones (2-3 repeticiones), en las que cada repetición se distancia de la siguiente con un periodo de descanso definido (1-5 minutos, según lo próxima que esté la carga de 1RM). Algunas veces este método se denomina método de series con intervalos. Esta serie de 1RM con intervalos de recuperación óptimos entre serie y serie ha sido adoptada por los culturistas con el nombre de método de pausas-descansos, que también implica la realización de series de 1RM, aunque con periodos de descanso de 10 a 20 segundos. Este descanso más corto es posible porque los movimientos del culturismo no requieren los altos niveles de técnica, velocidad y coordinación por encima de la cabeza necesarios para los levantamientos olímpicos.
- *Ejercicios concéntricos máximos o cuasimáximos*. Son una variante del método anterior en que la fase concéntrica de un levantamiento de 1RM o casi 1RM es completa; luego se permite que la barra vuelva a su posición de partida sin que su trayectoria descendente sea controlada por los músculos del levantador. En su variante halterófila, el levantador carga la barra con discos forrados con caucho a fin de poder dejarla caer sobre la tarima desde su posición final para evitar tener que ejecutar la fase de descenso excéntrica. En el culturismo, suele haber un compañero que ayuda al deportista en la fase de descenso (o excéntrica).
- *Ejercicios isométricos máximos*. Los ejercicios máximos lentos o explosivos (ver cap. 4) se ejecutan en series de una o varias repeticiones que duran unos 5 segundos con intervalos de descanso de 2 a 3 minutos entre las series.
- *Ejercicios excéntricos máximos*. Este método (ver cap. 4) consiste en levantar un peso excéntrico máximo (entorno a un 30-40% mayor que el levantamiento concéntrico máximo que uno pueda conseguir) del soporte o de una posición de partida en la cual el peso es levantado por un compañero. El peso se controla cuidadosamente en su trayectoria hasta alcanzar la posición final, tras lo cual el compañero lo vuelve a levantar a lo largo de la fase concéntrica. Señalemos que, aunque parecido al método de «repeticiones forzadas», el método excéntrico (o de «repeticiones negativas» como lo describen los culturistas) no exige que el deportista produzca ninguna contracción concéntrica. A menudo, el método excéntrico se considera como uno de los métodos «supramáximos» y, como tal, conlleva un mayor riesgo de lesionarse. Los ejercicios excéntricos se asocian con dolores musculares más fuertes que en la mayoría de los otros métodos, por lo que no hay que emplearlos con mucha frecuencia. Su peligrosidad se puede reducir mediante una cuidadosa selección de la magnitud de la carga y evitando los cambios repentinos en la trayectoria o en la velocidad de los movimientos.

Métodos supramáximos

- *Repeticiones forzadas*. Este método consiste en ejercitarse con una carga hasta no ser capaz de levantar un peso dado; a continuación, se realizan unas pocas repeticiones más con la ayuda de un compañero que proporciona la asistencia mínima necesaria para lograr

Urheberrechtlich geschütztes Material

que se complete con éxito la fase concéntrica. La fase concéntrica del ejercicio se realiza sin ayuda.

- *Repeticiones con amplitud restringida.* El deportista escoge un peso mayor que el máximo que pueda emplear durante el ciclo completo del ejercicio; a continuación, ejecuta unas cuantas repeticiones excéntricas y concéntricas de poca amplitud acercándose a la región más fuerte de acción de ese ejercicio. Cuando estas repeticiones se realizan al final de una serie excéntrica-concéntrica normal de 5 a 8 repeticiones –hasta el punto en que los músculos comienzan a «quemar»–, el método se conoce como repeticiones con sensación de quemazón entre la comunidad culturista. También se pueden ejecutar movimientos de amplitud restringida concéntricos o excéntricos con la ayuda de un compañero (al igual que en el método de repeticiones forzadas).

En la halterofilia y el powerlifting, los ejercicios se pueden realizar superando una amplitud específica con un peso mayor que el que el deportista puede manejar en la ejecución del movimiento completo, con lo cual el deportista rectifica cualquier déficit de fuerza en esa región. Ejemplos típicos de ello son los ejercicios de elevación con pesos entorno al nivel de las rodillas y la parte inferior de los muslos, las sentadillas o el press de banca hasta llegar al grado de «punto de fricción». El press militar contra rack y los plintos se suelen emplear para asegurar el peso en una posición de partida dada. Los ejercicios de amplitud restringida también se realizan con cargas máximas y submáximas, dependiendo del propósito del entrenamiento.

- *Series trucadas.* Este método consiste en utilizar el impulso, el contacto de la barra contra el cuerpo, el balanceo del cuerpo, ya mediante los músculos accesorios, ya completando un ejercicio con variantes del modelo tradicional. Se emplea para completar cualquier ejercicio realizado con pesas más pesadas que las de 1RM, o bien al final de una serie bastante dura que ha llevado al deportista hasta el punto de no poder levantar el peso. Hay formas seguras recomendadas de series trucadas y deben seguirse rigurosamente para evitar lesiones.
- *Ejercicios balísticos.* Este método se considera en ocasiones una forma de series trucadas y consiste en bajar o dejar caer con rapidez un peso para reclutar el reflejo de estiramiento muscular o reflejo miotático o para utilizar la energía elástica almacenada en los tendones y otros tejidos conectivos. Aunque este método se considera supramáximo, la carga de entrenamiento no tiene por que ser necesariamente supramáxima; sin embargo, es la tensión muscular resultante la que alcanza este nivel de intensidad.

Métodos cuasi-máximos

Estos métodos, que pueden incluir todos los métodos anteriores, consisten en entrenarse con cargas que se acerquen a 1RM (un 90-97,5% de 1RM). La diferencia esencial entre los métodos máximos y los cuasi-máximos es que los últimos se realizan con varias repeticiones sucesivas sin un intervalo de descanso prolongado.

Métodos submáximos

Los métodos de repetición o submáximos se caracterizan por consistir en un entrenamiento con cargas en torno a un 60-80% de 1RM; hasta el punto de no poder levantar el peso en la última serie. Las cargas menores permiten realizar el ejercicio con repeticiones múltiples, sobre todo en el culturismo, donde se desea conseguir hipertrofia o definición musculares.

A. *Régimen clásico del culturismo.* Éste es uno de los métodos culturistas elementales más famosos y

Urheberrechtlich geschütztes Material

comprende 3-5 series de 8-10 repeticiones con la misma carga, permitiendo un intervalo de descanso de 2 a 5 minutos entre las series. Se puede considerar como un caso particular del sistema de meseta (*Plateau*) de entrenamiento, cuya carga que no se modifica. Otro método clásico consiste en aumentar la carga en cada serie con el fin de que el deportista se vea obligado a disminuir progresivamente el número de repeticiones de 10 en la primera serie a 4-5 repeticiones en la última. El intervalo de descanso aumenta a medida que también aumenta la carga. Es una forma típica de entrenamiento del sistema piramidal.

B. *Régimen extensivo del culturismo*. Éste es un método de alto volumen que consta de 3-5 series de 15-20 repeticiones con una carga en torno al 60-70%. El intervalo de descanso entre series es de 2-3 minutos, pero aumenta a medida que se eleva la carga de una serie a otra.

C. *Régimen intensivo del culturismo*. Este método de intensidad elevada comprende 3-5 series de 5-8 repeticiones con una carga del 80-90% (ver figs. 1.8 y 1.9). Las cargas más fuertes implican que el intervalo de reposo entre las series sea de 2 a 5 minutos, y que aumente si se eleva la carga.

Cada una de las programaciones anteriores pueden recurrir a los métodos siguientes, que ya han sido definidos con anterioridad: repeticiones forzadas, series trucadas, ejercicios excéntricos (negativos), repeticiones con sensación de quemazón y ejercicios balísticos. Además de éstos está muy extendido el uso de los siguiente métodos:

- *Superseries*. Una superserie suele constar de dos ejercicios separados durante los cuales el deportista realiza la serie 1ª del ejercicio 1, pasa inmediatamente a la serie 1ª del ejercicio 2; luego realiza la serie 2ª del ejercicio 1, la serie 2ª del ejercicio 2 y así sucesivamente hasta completar el número elegido de series. Puesto que el fin de las superseries no es aumentar la fuerza, el deportista descansa poco entre las series. A veces, las superseries constan de más de dos ejercicios, en cuyo caso suele ser más adecuado referirse al método más extenso con el término multiseries. Un tipo muy conocido de multiseries es la serie gigante, que consta de 4-6 ejercicios diferentes realizados en un minicircuito.
- *Pre-fatiga*. Consiste en realizar un ejercicio que implique una sola articulación y que agote preferentemente uno de los grupos musculares que intervendrán en el siguiente ejercicio multiarticular. No sólo el grupo de músculos elegido realiza con intensidad este trabajo, sino que obliga a los otros músculos a trabajar más como músculos accesorios. Por ejemplo, si las aberturas con mancuernas en decúbito se realizan antes de un press de banca, los músculos pectoral y deltoides anterior alcanzan la pre-fatiga, y el músculo tríceps se ve forzado a intervenir con mayor intensidad.
- *Repeticiones hasta el fallo muscular*. Este método consiste simplemente en continuar el ejercicio hasta que sea imposible realizar otra repetición sin ayuda. Se suele emplear para el entrenamiento de la resistencia muscular o para aumentar la definición de los músculos.
- *Series partidas*. Este sistema consiste en dividir las prácticas en dos componentes diferentes, cada uno de los cuales se centra en el entrenamiento de una zona distinta del cuerpo en entrenamientos sucesivos. Por ejemplo, los ejercicios de la parte superior del cuerpo se pueden hacer un día y, al día siguiente, los ejercicios de la parte inferior. Otro sistema puede consistir en entrenar un día los músculos flexores y aductores, dejando para el día siguiente el entrenamiento de los músculos extensores y abductores. A veces, el deportista con nivel puede realizar una parte del entrenamiento a primera hora del día y la otra parte, más tarde. Las prácticas semanales par-

Urheberrechtlich geschütztes Material

tidas suelen prescribir un entrenamiento partido entre el lunes y el martes, con descanso el miércoles, entrenamiento partido el jueves y el viernes, para terminar con un fin de semana de resposo activo o pasivo.

- *Método de meseta.* Después de un calentamiento específico con pesos ligeros, la carga permanece constante durante 3-4 series (p. ej., 50 × 10, 70 × 6, 70 × 6, 70 × 6). Este método suele seguirse durante los estadios iniciales del entrenamiento de principiantes o en las fases de descanso activo de transición después de varias semanas de entrenamiento fuerte.
- *Método escalonado.* El número de repeticiones se mantiene fijo, mientras que la carga aumenta después de cada serie hasta que ya no se pueda mantener el número prescrito de repeticiones (p. ej., 60 × 3, 70 × 3, 80 × 3, 85 × 3).
- *Método de la pirámide doble* (series decrecientes). Consiste en realizar un trabajo progresivo con una carga cada vez mayor y con un número decreciente de repeticiones a la usanza de las pirámides hasta que se alcance la carga programada con unas 3-4 repeticiones. A continuación un compañero quita 5-10 kg. y el deportista sigue ejecutando el ejercicio hasta que falle un intento. Se quitan otros 5-10 kg y, una vez más, el deportista prosigue el ejercicio hasta volver a fallar. Este proceso suele continuar hasta llegar al peso inicial u otro inferior. Este método se usa habitualmente para entrenar la resistencia y la definición musculares. Si la pirámide ascendente permite al deportista alcanzar 1RM o 2RM con no más de 6 repeticiones por serie, la pirámide doble ofrece una forma lógica de desarrollar la fuerza y la resistencia musculares, ya que las series de repeticiones más altas son demasiado fatigosas para permitir que el deportista alcance 1RM real.
- *Método piramidal.* Este método consiste en realizar 4-5 series de un ejercicio donde la carga se aumenta de forma progresiva y el número de repeticiones disminuye en cada serie. Un ejemplo submáximo típico sería el 10 × 70% de 1RM, 6 × 85% de 1RM, 4 × 90% de 1RM, mientras que un ejemplo de fuerza máxima sería 6 × 85% de 1RM, 4 × 90% de 1RM, 2 ×97% de 1RM, 1 × 100% de 1RM (valores derivados de las ecuaciones relacionadas con la fig. 1.9). El intervalo de descanso entre series es 2-6 minutos según sean la carga empleada, el objetivo de la pirámide y el número de la serie (el descanso aumenta con la carga).

Hay que distinguir tres tipos distintos de pirámides: la piramidación de la carga (el método que acabamos de describir), la piramidación de las repeticiones, en la que el número de repeticiones con una carga fija aumenta una o dos repeticiones por serie (p. ej., de 4 iniciales hasta un máximo de 10), y la piramidación del descanso, en la que el intervalo entre las series con una carga dada disminuye progresivamente. En el último caso, es poco frecuente aumentar la carga de forma simultánea; cuando se hace, los incrementos son pequeños (2,5-5 kg). Otros métodos de entrenamiento que implican alguna forma de piramidación son el método de DeLorme y el método ERPA (ver cap. 5). Son pocos los deportistas que hoy en día usan el método de la piramidación; les resulta más beneficioso progresar con rapidez hasta ejercitarse con la carga de entrenamiento principal y trabajar con más repeticiones para luego ir reduciéndolas desde un máximo, cuando sea absolutamente necesario.

- *Método de la pirámide invertida.* Este método suele exigir al deportista alcanzar una serie final con un número concreto de repeticiones; a continuación, tiene que invertir la pirámide realizando el mismo número de repeticiones por cada una de las cargas usadas previamente en el entrenamiento ascendente. Es muy

Urheberrechtlich geschütztes Material

parecido al método de la pirámide doble, pero no le exige al deportista seguir hasta fallar un intento, al tiempo que la carga disminuye con cada serie.

- *Métodos de entrenamiento con intervalos*. Al igual que en el atletismo de pista, el objetivo primario del entrenamiento con intervalos suele consistir en desarrollar la fuerza-resistencia por medio de la alternancia sistemática de fases de trabajo y recuperación. La duración de los periodos de descanso (preferiblemente descanso activo) es insuficiente para permitir una recuperación completa, por lo que el deportista se ve forzado a adaptarse a un agotamiento cada vez mayor y, por lo tanto, a desarrollar la resistencia muscular. Como consecuencia del aumento del cansancio y de la posibilidad cada vez mayor de lesionarse en tales condiciones, no es recomendable hacer ejercicios que exijan niveles altos de técnica. Hay que darse cuenta de que gran parte del entrenamiento de halterofilia y powerlifting se basa en una forma específica de entrenamiento de la resistencia con intervalos, es decir, el uso de repeticiones únicas de pesos cuasi-máximos con pocos segundos de descanso entre las repeticiones. Así pues, hay que distinguir dos categorías amplias de entrenamiento de resistencia con intervalos: una consiste en aumentar la fuerza o la potencia, y la otra, en aumentar la resistencia. Por lo que se refiere a la última, hay dos métodos básicos de entrenamiento resistido con pesas a intervalos: entrenamiento extensivo y entrenamiento intensivo.

A. El entrenamiento extensivo con intervalos aumenta tanto la fuerza-resistencia de media duración-mediante cargas de intensidad de baja a media como la capacidad para recuperarse después de realizar dicha actividad. Puesto que la carga de entrenamiento es inferior al 40% de la carga máxima, el riego sanguíneo no se ve restringido por la contracción muscular y los procesos de energía «aerobia» predominan sobre los procesos «anaerobios». Las cargas de entrenamiento oscilan entre el 30 y el 40% de 1RM con 5-6 series de 20-30 repeticiones por serie, y con intervalos de descanso de 1-2 minutos. Los ejercicios más apropiados implican a los grupos musculares mayores, tal es el caso de los cuádriceps, los glúteos, los pectorales y el erector de la columna; ejercicios tales como las flexiones de bíceps, los ejercicios de gemelos y las flexiones de tríceps desempeñan un papel mínimo en el aumento de la frecuencia cardíaca encaminada a alcanzar el nivel recomendado para el acondicionamiento aerobio, p. ej., el 75% (220 - edad). Los programas de entrenamiento con circuitos especialmente diseñados pueden cumplir los requisitos de un entrenamiento extensivo con intervalos.

B. El entrenamiento intensivo con intervalos aumenta tanto la fuerza resistencia de corta duración–mediante cargas de intensidad media a relativamente alta– como la capacidad para recuperarse después de practicar tal actividad. Las cargas de entrenamiento más altas inhiben el riego sanguíneo, y los procesos de energía anaerobia predominan sobre los procesos aerobios. Las cargas de entrenamiento son el 50-60% de 1RM con 3-6 series, donde cada serie se ejecuta hasta fallar un intento y los intervalos de descanso duran 10-90 segundos dependiendo de los ejercicios, la carga, el nivel de forma física especial del deportista y la duración de las cargas. La intensidad elevada de carga puede aumentar rápidamente la frecuencia cardíaca por encima de 180 latidos/minuto. Se pueden diseñar circuitos especiales que ofrezcan este tipo de entrenamiento, en cuyo caso el intervalo de descanso entre los circuitos sucesivos es de 1-3 minutos.

- *Entrenamiento zonal*. Se refiere al entrenamiento de una parte específica del cuerpo dentro de una sesión de entrenamiento de forma que se pueda prolongar a lo largo de

Urheberrechtlich geschütztes Material

bina una arrancada desde el suelo con un squat, seguido por un tirón sobre la cabeza, es probablemente el ejercicio híbrido más conocido. Este levantamiento no sólo consiste en realizar estos movimientos, sino que también ejercita una extensa variedad de grupos musculares, entre los que se incluyen los cuádriceps, los glúteos, el erector de la columna, los trapecios, isquiotibiales, deltoides, gastrocnemio y tríceps. Es poco probable que haya alguna maniobra en cualquier otro deporte que rivalice con la arrancada en dos tiempos o con la cargada y press con empujón en reclutar la contracción máxima o cuasi-máxima de tantos grupos musculares en un periodo de tiempo tan corto (la tabla 3.12 muestra el consumo energético real de los levantamientos más importantes: la arrancada en dos tiempos consume más de 60 J por levantamiento máximo, superior al del resto de los levantamientos), lo cual se debe al hecho de que todos los ejercicios híbridos implican un mayor número de articulaciones corporales moviéndose con un número de grados de libertad superior. Su valor en la realización de una forma más concentrada de circuito de entrenamiento es, por tanto, obvio. En vez de realizar tres ejercicios separados en tres estaciones distintas, se pueden hacer todos con una única repetición o en una sola estación.

El método híbrido no sólo consiste en una única repetición constituida por varios movimientos distintos, sino también en una serie híbrida, que incluye un movimiento distinto para cada repetición de la serie.

Ejemplos de repeticiones híbridas:

- Flexiones con barra de pesas o mancuernas + press por encima de la cabeza y de pie (agarre normal o inverso).
- Sentadillas por delante o por detrás de la cabeza + press (o press con empujón o cargada).
- Sentadilla + «buenos días».
- Elevaciones laterales con mancuernas (palmas en pronación) + remo en posición vertical.
- Press banca con mancuernas + pullovers con los codos doblados (o aberturas).

Ejemplos de series híbridas:

- Repeticiones 1-5: press con mancuernas; flexiones con mancuernas; repeticiones 11-15: elevaciones laterales;
- Repeticiones 1-5: press banca con amplitud de agarre estrecha; repeticiones 6-10: press de banca con amplitud de agarre ancha;
- Repeticiones 1-5: sentadillas; repeticiones 6-15: gemelos;
- Repeticiones 1-5: sentadillas; repeticiones 6-10: press por encima de la cabeza o press con empujón;
- Repeticiones 1-5: press banca con mancuernas; repeticiones 6-10: aberturas con mancuernas y los codos doblados; repeticiones 11-15: pullovers con mancuernas y los codos doblados.

No es necesario hacer el mismo número de repeticiones en cada movimiento de una serie híbrida. Por ejemplo:

- Repeticiones 1-3: arrancada de fuerza desde el soporte (3 repeticiones).
- Repeticiones 4-8: sentadillas por delante de la cabeza (5 repeticiones).
- Repeticiones 9-10: press con empujón (2 repeticiones).

Según la convención expuesta en el capítulo 6 "Especialización funcional y estructural en el entrenamiento", este ejercicio se puede escribir como a continuación hacemos para una barra de pesas cargada con 80 kg, en una serie de 3 repeticiones:

Urheberrechtlich geschütztes Material

Power clean / sentadillas por delante / press con empujón:

$$80^{3}$$
$$3+5+2$$

Gran número de series y repeticiones híbridas pueden ser diseñadas por un entrenador con imaginación siempre y cuando siga ciertas pautas que eviten las lesiones durante la ejecución de este tipo de entrenamiento tan exigente. La carga debe ser seleccionada de tal forma que pueda levantarse sin un esfuerzo excesivo durante la ejecución de los movimientos más débiles de la serie híbrida. El orden de los movimientos siempre debe disponerse de forma que permita una ejecución segura y controlada sin causar agotamiento, empeoramiento de la técnica o sobrecargas.

Otros métodos. Además de los métodos descritos arriba, ya se expusieron con detalle en otro apartado otras variantes de entrenamiento, como son los métodos de DeLorme, McCloy y Oxford, y los ERPA dinámicos, y los métodos isocinéticos (cap. 4) y de electroestimulación (cap. 4).

Métodos reactivos

El fin de los métodos reactivos es el de desarrollar la potencia y la fuerza explosiva mediante la imposición de exigencias específicas sobre los procesos nerviosos. Uno de estos métodos, los ejercicios pliométricos, ya se expusieron a fondo en el capítulo 5. Esta categoría queda completa con otro grupo de métodos reactivos que se conocen con el nombre de métodos de contraste:

- *Liberación de carga.* Este método consiste en ejercitarse con una carga añadida, para luego quitarla repentinamente durante el levantamiento con el fin de que el contraste de estímulos registrado por el sistema nervioso genere una aceleración rápida. Un deportista, por ejemplo, puede ejecutar repeticiones de tríceps en paralelas o bien mentones con toda la potencia desarrollable mientras mantiene una carga sostenida entre las piernas; luego puede soltar dicha carga al comienzo de la siguiente repetición y acelerar el tirón hacia arriba del resto del movimiento. El método de la pirámide doble ya explicado en esta sección ofrece una variación no explosiva de este método. Como dijimos antes, el método de contraste se refiere también a la liberación repentina de un paracaídas que el deportista lleva puesto con un arnés mientras corre, nada o pedalea a gran velocidad.
- *Ejercicios neumáticos.* Este método es casi idéntico al método de contraste anterior. En vez de ejercitarse con un peso añadido, uno se entrena con una máquina de aire comprimido que ofrece resistencia al movimiento. Este sistema permite que la presión del aire aumente o disminuya con rapidez en cualquier estadio de un movimiento con sólo apretar un botón, lo cual le permite al deportista disminuir la resistencia con bastante rapidez, aunque no con la misma rapidez que con el método de liberación de carga. En los Estados Unidos, la marca Keiser fabrica toda una serie de este tipo de máquinas neumáticas.
- *Series ligeras-pesadas.* Este método consiste en realizar una serie pesada de repeticiones; disminuir la carga en torno a un 20%; descansar 10-20 segundos, y ejecutar una serie más ligera de 3-5 repeticiones con la mayor rapidez posible. El sistema nervioso sigue adaptado durante poco tiempo a la carga anterior más pesada cuando el intervalo de descanso es corto, y los músculos son temporalmente capaces de trabajar en un estado de superestimulación y producir contracciones muy rápidas y potentes con la carga más ligera.
- *Método estático-dinámico.* Este método aprovecha el hecho de que una tensión iso-

Urheberrechtlich geschütztes Material

métrica preliminar con una o muy pocas repeticiones puede aumentar la fuerza dinámica y la fuerza explosiva de una acción subsiguiente gracias al fenómeno de las derivaciones (ver cap. 3). La magnitud de las derivaciones depende de muchos factores, entre los que se incluyen la duración de la carga estática y el cansancio muscular, así como el intervalo entre el estímulo estático y la acción subsiguiente.

Métodos misceláneos

Existen multitud de distintos métodos dentro del culturismo que ofrecen formas interesantes e innovadoras para entrenar el cuerpo, sobre todo para aumentar la hipertrofia muscular. Aquí no se tratarán en profundidad porque su importancia es mínima en el desarrollo de la mayoría de las clases funcionales y específicas de fuerza requeridas para la práctica de los deportes de competición. Se expondrá tan sólo un resumen de algunos de los métodos culturistas más famosos con el fin de pertrechar a los entrenadores con definiciones sobre los métodos que podrían querer aplicar en una fase de hipertrofia dentro del entrenamiento de un deportista. La intención de la mayoría de estos métodos es introducir una variación que produzca un «shock» en un grupo muscular del deportista –puesto que difiere de cualquier estado usual de habituación o estancamiento–, con el propósito de favorecer la adaptación a un nivel superior de rendimiento.

- *Series exactas*. Seguramente el entrenamiento del culturismo más conocido son las series exactas, que incluyen cualquier serie realizada de una forma precisa y en la que no interviene ningún impulso ni desviación del patrón cinesiológico prescrito, ni forma alguna de «serie trucada». Lo mejor es que los principiantes aprendan primero, mediante estas series exactas, a crear patrones apropiados de control neuromuscular antes de pasar a otras variaciones.
- *Series para músculos prioritarios*. Son series organizadas con el fin de que los grupos músculares menos desarrollados se ejerciten al principio dentro de un entrenamiento para asegurarse de que el deportista tiene suficiente energía y motivación para dedicarse al desarrollo de los músculos relevantes.
- *Series para músculos principales y secundarios*. Este método consiste en ejercitar los músculos en una secuencia que comienza con los músculos mayores o más poderosos y que prosigue con los músculos menores o más débiles. Los instructores a menudo enseñan que ésta es la forma más eficaz de entrenar, lo cual suele ser verdad en el caso de los principiantes durante su fase de preparación general, pero no debe estipularse como un principio general para todo tipo de entrenamiento. Existen muchas razones para diferir de este orden, tal es el caso del entrenamiento de prefatiga para desarrollar músculos; o las series para músculos prioritarios como se ha expuesto en el párrafo anterior; o los ejercicios para facilitar la recuperación de unos músculos después de un entrenamiento duro en una sesión previa; o la compaginación de dos o más entrenamientos en un mismo día, o el cumplimiento de los principios de la prioridad funcional ya expuestos en este libro (p. ej., técnica > velocidad-fuerza > fuerza-velocidad > fuerza > fuerza-resistencia > resistencia general).
- *Series alternantes*. Son series alternantes de ejercicios para distintas regiones del cuerpo, cuyo objetivo son metas específicas de entrenamiento. Hay varias formas de emplear la alternancia: series para músculos principales y secundarios (escalonadas), series para la parte superior e inferior del cuerpo, y series para los músculos agonistas y antagonistas. Las series escalonadas son superseries en las que se alterna una serie para los grupos mús-

Urheberrechtlich geschütztes Material

culares principales con otra serie para los músculos secundarios, con el fin de aprovechar mejor los intervalos largos de descanso entre cada serie de ejercicios para los musculos principales. Las series para la parte superior e inferior del cuerpo, a veces llamadas inadecuadamente series de acción cardíaca periférica (ACP), alternan una serie para la parte superior del cuerpo con otra serie para la parte inferior. Este cambio alternativo de activación vigorosa de una parte del cuerpo a otra tiende a fomentar la relajación refleja de otra parte del cuerpo distante de la que trabaja, proceso que fue descrito por primera vez por Setchinov a comienzos de los años 90. Los defensores del concepto de ACP creen que este sistema evita que se produzca hiperemia en los músculos y favorece el desarrollo del sistema circulatorio. El hecho es que todo movimiento resistido, y no sólo la ACP, favorece la circulación periférica, y que la ACP no aporta ventajas circulatorias superiores a las de otros sistemas de entrenamiento de resistencia. Las series de músculos agonistas y antagonistas ejercitan los músculos agonistas de una articulación junto con los músculos antagonistas de la misma (p. ej., el tríceps y luego el bíceps), tanto en forma de superseries como de series sucesivas.

- *Series con cambio de tempo*. Estas series suponen cambiar el *tempo* (o ritmo) de un ejercicio durante cada serie para que cada repetición se ejecute más rápida o más lentamente que las otras; o con el objeto de que la duración de las fases concéntrica, isométrica y excéntrica de una repetición pueda sufrir cambios relativos respecto a las otras en cada repetición. Esta variación, al igual que otras formas de estimulación inesperada del cuerpo, es útil para prevenir la habituación o el estancamiento (ver fig. 1.32) tras largos periodos de entrenamiento.
- *Series decrecientes*. Este método consiste en intentar ejecutar un gran número de repeticiones (por lo general 100) con la misma carga y en las mínimas series posibles; todo ello con un periodo de descanso mínimo entre las series, por ejemplo 30-25-20-15-10. Quien empiece a practicar este método realizará un máximo de 10-12 series, si bien el objetivo final consiste más en reducir el número de series que en aumentar la carga. Cuando uno sea capaz de ejecutar 100 repeticiones distribuidas en 4-5 series, tendrá que aumentar la carga en el siguiente entrenamiento.
- *Series con pausas repetidas*. Este método consiste en hacer pausas cortas de descanso durante la ejecución de una serie con el fin de favorecer la recuperación, disminuir el dolor del esfuerzo y superar cualquier pérdida de motivación antes de terminar las repeticiones restantes.
- *Series de mantenimiento*. Este método consiste en mantener estáticamente el peso en un punto intermedio o al final de la trayectoria de un movimiento, tanto con el objeto de fortalecer isométricamente los músculos, tendones y cápsulas articulares, como para mejorar el equilibrio general en ciertos levantamientos por encima de la cabeza (p. ej., la cargada o el press).
- *Series acumulativas*. Este método consiste en comenzar con una serie de una repetición, para luego ir añadiendo una repetición en cada serie hasta llegar a una serie final en la que se falle un intento. Por lo general, en este método se ejecutan 10RM con 10 segundos de descanso entre cada serie.
- *Series de contracción pico*. Este método requiere terminar cada repetición en el punto de máxima contracción muscular (ver figs. 2.8 y 2,9) en vez de en el punto de mayor amplitud de movimiento –cuando ya la fuerza ha disminuido de forma significativa–. Por

Urheberrechtlich geschütztes Material

re que el terapeuta haga un uso continuado de señales verbales y no verbales, incluidos contactos con las manos u órdenes verbales muy específicas con el fin de dirigir, instruir y motivar al paciente. En ocasiones, la FNP pone en práctica otros métodos suplementarios distintos para aumentar la facilitación generada por otros medios primarios. Entre ellos se incluye el uso de vibraciones, masajes, hielo, calor, electroestimulación, ultrasonidos y masajes con golpes.

La FNP y los reflejos neuromusculares

La FNP hace un uso extenso de los distintos reflejos que sirven para proteger el cuerpo, estabilizarlo o ponerlo en movimiento bajo gran variedad de circunstancias (ver fig. 3.33). Como ya hemos aprendido, los métodos pliométricos reclutan el reflejo de estiramiento miotático para activar los músculos después de una fase de choque excéntrico fuerte. Hay muchos otros sistemas de reflejos en el cuerpo que median automáticamente en el curso de los movimientos para evitar respuestas potencialmente peligrosas o ineficaces que provocarían la dependencia de procesos voluntarios más lentos. El conocimiento de estos mecanismos reflejos es fundamental para el acondicionamiento musculoesquelético, hecho que se acentúa en la FNP.

La tendencia a centrarse en las técnicas culturistas o en las técnicas con pesas para el entrenamiento general subraya excesivamente el papel de las contracciones musculares, que en realidad es el producto final de la interacción de distintos procesos neuromotores reflejos y voluntarios. La FNP sirve para el valioso propósito de sacar a relucir que los mecanismos neuromusculares son la característica dominante de todo movimiento físico, rehabilitación o entrenamiento. La intensidad, la duración, la velocidad, las clases y los patrones de actividad muscular son ante todo una consecuencia de los procesos neuromusculares y de los reflejos relevantes del cuerpo.

Relación entre la FNP y el acondicionamiento físico

Se puede considerar que la FNP aporta un método altamente sistemático que mejora de forma directa ciertos factores de la forma física así como otras tantas cualidades físicas especializadas que se analizaron en el capítulo 1, con excepción de la resistencia cardiovascular y la capacidad psicológica.

La disciplina de la FNP enseña a los terapeutas a aplicar repeticiones de resistencia graduada; a incorporar fases de relajación; a reconocer los reflejos que facilitan la contracción y una mayor amplitud de movimiento; a imponer patrones específicos de movimiento activo o pasivo, y a emplear procedimientos suplementarios que mejoren el rendimiento y que estimulen de forma general todos los procesos neuromusculares relacionados con los movimientos voluntarios e involuntarios. A ningún otro método de entrenamiento se le puede pedir que ofrezca más que este repertorio, lo cual convierte en un sistema completo de acondicionamiento.

Fundamentos de la FNP

La FNP se puede categorizar con cinco factores: Principios, procedimientos, patrones, posiciones y posturas, a los cuales se suman como subcategorías importantes los pivotes articulares y el ritmo (cadencia). Los métodos que incluyen estos factores surgieron de hallazgos sobre el desarrollo neuromuscular tales como la evolución funcional de todo movimiento, desde la inmadurez motriz hasta la madurez motriz a lo largo del crecimiento de los niños o deportistas principiantes dentro de secuencias definidas que progresan de forma lógica de:

- totales a individuales;
- proximales a distales, distales a proximales;
- móviles a estables;
- indeterminados a selectivos;
- reflejos a deliberados;
- superpuestos a integrados;
- descoordinados a coordinados.

Urheberrechtlich geschütztes Material

Los principios de la FNP

Los principios básicos de la FNP se pueden resumir en los siguientes:

1. Empleo de patrones de movimiento espirales y diagonales.

2. Movimientos que cruzan la línea media sagital del cuerpo.

3. Reclutamiento de todos los componentes del movimiento, sobre todo:

flexión-extensión
aducción-abducción
rotación interna-externa.

4. Ejercitación de los grupos musculares relacionados.

5. Exteriorización acertada de los reflejos.

6. Movimientos indoloros, pero no exentos de esfuerzo.

7. Amplitud de movimientos completa y cómoda.

8. Aplicación de resistencias máximas a lo largo de toda la amplitud de movimiento no balístico.

9. Empleo de resistencias máximas para favorecer el desbordamiento (irradiación) de la actividad muscular partiendo de patrones de más fuerza hasta llegar a otros más débiles. En concreto, el empleo de la inducción sucesiva o contracción de los músculos agonistas justo antes de la contracción de los músculos antagonistas.

10. Empleo de articulaciones múltiples así como de la acción múscular.

11. Comienzo del movimiento con gran fuerza.

12. Empleo de procesos estáticos y dinámicos.

13. Posición adecuada de las articulaciones para optimizar el acondicionamiento.

14. Ejercitación de los músculos agonistas y antagonistas.

15. Contracciones repetidas para facilitar el aprendizaje, el acondicionamiento y la adaptación motora.

16. Selección de entradas sensoriales apropiadas (táctiles, auditivas, visuales) para facilitar las acciones.

17. Énfasis en la coordinación motriz visual y auditiva.

18. Empleo de secuencias de distal a proximal con personas de madurez neuromuscular.

19. Empleo de los músculos más fuertes para fortalecer los más débiles.

20. Progresión desde acciones sencillas hasta acciones complejas.

21. Planificación de cada fase para establecer las bases de la siguiente fase.

22. Todas las actividades están integradas y dirigidas a una meta.

23. Empleo de técnicas adyacentes (frío, electroestimulación, masajes, vibraciones, masajes con golpes).

Se puede percibir de forma inmediata que el empleo de cualquiera de estos principios en el entrenamiento implica la dependencia consciente o inconsciente de aspectos del sistema de la FNP.

Procedimientos de la FNP

Entre los procedimientos (o técnicas) de la FNP se incluyen:

1. Empleo de contactos manuales específicos con el cuerpo del deportista para favorecer y guiar los movimientos.

2. Aplicación de la resistencia máxima tolerada.

3. Empleo de órdenes verbales y no verbales para favorecer la ejecución de movimientos correctos.

4. Exteriorización de los reflejos de estiramiento máximos a lo largo de la amplitud de movimiento muscular aumentada (ley de Starling).

5. Empleo de un ritmo apropiado y disposición en secuencias de todas las acciones.

6. Aplicación de movimientos de tracción o aproximación (compresión) para estimular los receptores articulares.

7. Inclusión de movimientos de recuperación con el objeto de reducir o evitar el cansancio causado por la actividad resistida.

8. Empleo de técnicas de activación específicas

Urheberrechtlich geschütztes Material

Patrones de la FNP

Probablemente el aspecto de la FNP más descuidado por los entrenadores es el empleo de patrones específicos de movimiento articular y de los miembros para reclutar y acondicionar los músculos de la forma más eficaz o apropiada. Los fisioterapeutas invierten bastante tiempo en aprender las complejidades de los patrones con el fin de estabilizar algunas partes del cuerpo y activar otras partes mediante el uso de los procedimientos subrayados arriba.

Al acondicionar el desarrollo de los sistemas neuromusculares del paciente, el novato o el niño, siempre se hace hincapié en la progresión de lo sencillo a lo complejo, de lo general a lo individual, de lo móvil a lo estable, de lo reflejo a lo deliberado, de lo proximal a lo distal, y de lo descoordinado a lo coordinado. En contra de lo que comúnmente se cree, hay que enseñar a los novatos partiendo de una base de movilidad para progresar hacia la estabilidad, tal y como los bebés aprenden a andar practicando sus primeros movimientos, andando tambaleándose y explorando el entorno.

Los patrones de movimiento consisten en la aplicación de todos los principios de la FNP, tal es el caso de los patrones de movimiento espirales y diagonales, los movimientos que cruzan la línea media sagital del cuerpo, la exteriorización juiciosa de los reflejos y el hincapié puesto en las acciones musculares mediante el uso correcto del ritmo. El movimiento es ayudado por los ojos, que siguen a las extremidades, o por las extremidades, que siguen a los ojos.

Como todo acondicionamiento físico requiere una interacción constante de movilidad y estabilidad, todos los patrones implican varias partes del cuerpo para estabilizarlo y otras para hacer que se mueva. Por ejemplo, tanto la resistencia como la fuerza muscular estática deben desarrollarse en los músculos posteriores del deportista, mientras que la fuerza dinámica tridimensional, la resistencia muscular dinámica y la flexibilidad dinámica se desarrollarán en la parte superior de las piernas. Este tipo de acondicionamiento no se puede conseguir con máquinas, si bien se puede recurrir a un sistema de poleas para generar los patrones de movimiento apropiados para todo el cuerpo en conjunto. En otras situaciones, el objetivo del entrenamiento es prevenir el movimiento y estimular la estabilidad o el mantenimiento del equilibrio. Los movimientos compensatorios de grupos musculares adicionales pueden ser resistidos o exteriorizados por acciones repentinas y breves, o por desviaciones de los patrones óptimos.

La importancia de estos patrones no debe ser exagerada, ya que no pueden mejorar la eficacia de ninguna sesión de entrenamiento. Estimulan más a través de la participación y del desarrollo motor que de los patrones ni mucho menos óptimos impuestos por la abundancia de máquinas lineales o de levas en el mercado. Ninguna otra máquina que no sean las máquinas tradicionales de poleas permiten al usuario generar los patrones de la FNP.

Algunas máquinas como las de lumbares, las máquinas para la hiperextensión de la espalda, las máquinas de press sentados, las de sentadillas y las máquinas para extensión de piernas (por mencionar unas pocas) producen tales y tan cuantiosas desviaciones de los patrones de la FNP recomendados que pueden imponer cargas excesivas sobre ciertas articulaciones y sólo son adecuadas en una pequeña proporción para el entrenamiento de deportistas de nivel y forma física elevados. Incluso entonces, el entrenamiento con máquinas a menudo no es parecido desde el punto de vista funcional a los patrones naturales de movimiento de los ejercicios en los que se basa la FNP. Ello obliga a reunir un número desproporcionado de máquinas para aproximarse al entrenamiento que ofrecen las pesas libres y el entrenamiento con poleas en un espacio tridimensional y bajo condiciones de cadencia normal o ritmo (y sin embargo otro principio de la FNP). La cadencia normal se refiere a la cadencia de las fases de un movimiento o serie de movimientos que genera de forma

Urheberrechtlich geschütztes Material

natural una persona sin lesiones y que desarrolla una actividad dada con pericia y seguridad.

La FNP ofrece un enorme repertorio de patrones entre los que se incluyen los que se hacen con un asiento: incorporarse en el asiento, incorporarse y girar; ponerse de pie; arrodillarse; andar a gatas; elevaciones de cabeza; movimientos de brazos de arriba abajo y viceversa; elevar y bajar las piernas; movimientos de tronco en flexión, extensión y rotación; alzarse y agacharse. Hay patrones característicos para acciones desarrolladas con los miembros rectos, flexionados y extendidos.

Puesto que el entrenamiento con pesos apunta a conseguir el acondicionamiento máximo de los músculos por medio de técnicas que han sido experimentadas por halterófilos, culturistas y powerlifters a lo largo de muchos años y con cualquier tipo de aparato, no hay mejor contexto para aplicar la FNP modificada con el fin de mejorar el acondicionamiento general. Más adelante daremos breves ejemplos que muestran cómo la FNP se puede adaptar para su empleo en gimnasios (ver cap. 7), si bien el espacio de este libro no nos permite hacer una descripción completa que muestre la forma de integrar las técnicas de la FNP en la mayoría de los entrenamientos resistidos. Para saber más, se pueden consultar las cintas de vídeo sobre el entrenamiento con FNP preparadas por la NSCA (Siff, 1989).

Posiciones y posturas de la FNP

Las posiciones y posturas forman parte integral del empleo de los patrones de la FNP. El cuerpo y sus extremidades han de mantener posturas descritas cuidadosamente, donde se expliciten las posiciones que deben mantener articulaciones y extremidades o cómo moverlas de una posición a otra para establecer la estabilidad de algunos sistemas y la mobilidad de otros con el objeto de mejorar el desarrollo neuromuscular y la seguridad. En consecuencia, toda acción puede desarrollarse en torno a articulaciones específicas que actúan de pivotes.

Por ejemplo, una flexión con una mancuerna ejecutada con el codo pegado firmemente al costado generará patrones de activación y resultados que son bien distintos de los de las flexiones con mancuerna ejecutadas con el codo y el hombro libres para flexionarse, extenderse o girar. Además de la posibilidad de serie trucada y de que intervenga el trapecio en las flexiones con el codo exento, otra diferencia menos conocida entre los dos tipos de flexiones es que se puede producir una tracción hacia abajo de la articulación del hombro.

El ritmo en la FNP

La cadencia normal o ritmo alude a la cadencia de las fases de un movimiento o serie de movimientos que una persona sana genera de forma natural cuando desarrolla eficazmente y con seguridad una actividad prescrita. La cadencia óptima de cada fase de cualquier movimiento es vital para todo acondicionamiento neuromuscular, desarrollo de fuerza funcional y perfeccionamiento de la habilidad motora.

Modificaciones de la FNP

La FNP modificada consiste en la adaptación de la FNP clásica para su empleo en el acondicionamiento atlético o físico. No sólo modifica algunos estiramientos con asistencia para ser practicados a solas, sino que también incluye la aplicación o adaptación de cualquiera de los principios, procedimientos patrones, posiciones y posturas de la FNP dentro del ámbito normal de acondicionamiento.

Poleas y mancuernas son especialmente adecuadas para la aplicación de técnicas de la FNP con movimientos espirales, diagonales y que cruzan la línea media sagital del cuerpo. El ejercicio realizado de pie con un cable ejecutando cruces por encima de la cabeza de amplitud completa con rotación externa e interna de la articulación del hombro es sólo un ejemplo de un patrón adaptado de la FNP. Si bien el entrenamiento con barra de pesas proporciona menos oportunidades para aplicar la FNP, las

Urheberrechtlich geschütztes Material

anterior (parte superior).
- Depresión de la cintura escapular: trapecio (fibras inferiores) – y la gravedad.

Movimientos de la articulación del codo

- Extensión: tríceps, ancóneo.
- Flexión: braquial, supinador largo (braquiorradial) (sobre todo si el movimiento es rápido). También el bíceps (si hay supinación del antebrazo) y el músculo pronador redondo (si hay pronación del antebrazo).

Nota: La rotación aparente de la articulación del codo, en realidad, es producto de una rotación de la muñeca – el radio y el cúbito giran uno respecto al otro y, en conjunto, no hay rotación de la articulación del codo.

Movimientos de la articulación del tobillo

- Flexión plantar: gastrocnemio, sóleo, tibial posterior y flexor largo de los dedos, débilmente ayudado por los músculos plantar, peroneo largo y peroneo corto.
- Dorsiflexión: tibial anterior, peroneo tercero, extensor largo del dedo gordo y extensor largo de los dedos.
- Inversión: flexor largo de los dedos, flexor largo del dedo gordo y tibial anterior, ayudados por el extensor largo del dedo gordo.
- Eversión: extensor largo de los dedos, peroneo tercero, peroneo largo y peroneo corto.

Examen de algunas acciones articulares

La aplicación de las *matrices de movimiento* o del resumen anterior permite apreciar lo mal que han sido entendidos algunos ejercicios populares. Por ejemplo, se suele considerar que los ejercicios de elevación de gemelos o de talones desarrollan los músculos gastrocnemio y sóleo. Sin embargo, hay que señalar que la flexión plantar también implica la acción de los músculos plantar, flexor largo de los dedos, flexor largo del dedo gordo y tibial posterior. Además, la rotación o inversión hacia adentro del pie implica aún más la intervención de los tres músculos nombrados, por lo que las elevaciones de talones con inversión tienden a activar más todos los flexores plantares. El común hincapié en las elevaciones de talón hace olvidar la acción antagonista de dorsiflexores como el músculo tibial anterior. El resumen anterior muestra lo importante que es la dorsiflexión del tobillo con inversión y eversión cuando todos los dorsiflexores se ejercitan adecuadamente.

Es importante distinguir entre las acciones unilaterales y bilaterales de ciertos grupos musculares como el erector de la columna. Cuando actúan unilateralmente, sirven para extender lateralmente el tronco, mientras que, cuando actúan bilateral y simétricamente, extienden el tronco hacia atrás sin que se produzca ningún movimiento lateral. También hay que señalar que la acción lateral de los músculos largos de la espalda no genera rotación vertebral, y que el único músculo de la espalda que actúa en la rotación espinal es el multífido. Los músculos que más contribuyen a la flexión del tronco son los oblicuos del abdomen e interno del abdomen y, por tanto, su fortalecimiento es vital para todas las actividades deportivas que requieran hacer movimientos de rotación del tronco.

También hay que señalar que el músculo recto del abdomen, aunque debe considerarse un antagonista del erector de la columna, no produce ninguna acción lateral del tronco. Ambos grupos musculares oblicuos, que actúan bilateralmente, permiten la flexión del tronco y amplifican la acción del músculo recto del abdomen; así pues, es incorrecto afirmar que la flexión del tronco es simplemente el resultado de la contracción del músculo recto del abdomen. También es interesante señalar que en la ejecución de sentadillas, cuando se realizan con una flexión lateral del tronco, el músculo recto del abdomen no interviene apenas, y sí lo hacen los músculos oblicuos y el psoas.

Urheberrechtlich geschütztes Material

EMPLEO DEL COMPENDIO PARA EL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA

La clasificación e interrelación de esta multitud de medios y métodos para el entrenamiento de fuerza se halla aún en un estadio parecido al de la física atómica a comienzos de siglo cuando no se había creado un programa realmente coherente para dividir en categorías la lista en rápido crecimiento de partículas subatómicas. Las relaciones entre masas, cargas, números cuánticos y espines de partículas se establecían intuitivamente, sin ser formalizadas en la teoría o confirmadas experimentalmente.

De forma parecida, las revistas de culturismo y los competidores de todos los ámbitos del juego de hierro fueron descubriendo una colección imponente de técnicas y métodos de entrenamiento distintos, a la vez que los fisioterapeutas y otro personal médico desarrollaban independientemente sus propios planes de acondicionamiento físico sin que surgiera ningún macroplán general que integrase los dos sistemas con sus múltiples métodos de entrenamiento. En consecuencia, uno de los autores fue invitado a participar en la conferencia de 1989 de la NSCA (National Strength and Conditioning Association) en los Estados Unidos para mostrar cómo la FNP terapéutica podía emplearse como sistema de acondicionamiento completo para deportistas sin lesiones y cómo se relacionaba con los métodos existentes de entrenamiento de fuerza (Siff, 1989). Hasta ese momento, la FNP se consideraba, por lo general, un tipo especial de sistema de estiramientos que era útil para los entrenadores que hacían uso de él. Sin embargo, no se señaló que la FNP también puede servir como sistema de entrenamiento para todos los aspectos del acondicionamiento musculoesquelético de los deportistas de competición, como tampoco sabían muchos fisioterapeutas que algunos métodos halterófilos y culturistas eran valiosos para los cuadros de rehabilitación.

La visión de conjunto de esta exposición y taller de trabajo sirvió de base para el capítulo 7, que debe servir a los entrenadores a la hora de seleccionar y consultar la lista de principios, y aplicar aquellos procedimientos que mejor se ciñan a las necesidades de los deportistas en cada situación dada. Por ejemplo, en vez de prescribir pec decks para el acondicionamiento de los músculos pectorales y deltoides de un lanzador de béisbol o de jabalina, habría que recomendar el empleo de una máquina de poleas con un patrón espiral-diagonal específico (ver cap. 7) que cruzase la línea media sagital del cuerpo. El movimiento no debe superar una amplitud de movimiento completa y cómoda que implica la intervención de varias articulaciones además del hombro, y que hace que las articulaciones optimicen el fortalecimiento (p. ej., los principios de la FNP del cap. 7).

La eficacia de muchas otras actividades de entrenamiento en el mundo del deporte también se puede mejorar con la intervención de otros métodos de la FNP como los pre-estiramientos; la ejercitación de los músculos agonistas y antagonistas; el empleo de situaciones dinámicas y estáticas; las series trucadas para obligar a los músculos más fuertes a ayudar a los más débiles; un ritmo óptimo; el empleo de patrones específicos de amplitud total de movimientos espirales y diagonales (más detalles en Knott & Voss, 1977); la aplicación de resistencia máxima mediante movimientos no balísticos, y el inicio de los movimientos en la escala más fuerte. Tales principios de la FNP se integran con naturalidad en el vasto programa de los métodos del culturismo y la halterofilia y, por lo tanto, cubren toda la amplia serie de variaciones suplementarias de entrenamiento que pueden ser valiosísimas en todos los programas de cross training.

El interés por el aspecto neuromuscular de este conjunto integrado de métodos puede ser muy útil para mejorar el desarrollo funcional de la fuerza, la flexibilidad, la resistencia muscular y la velocidad de cualquier movimiento concreto. Por ejemplo, los ejercicios de estiramiento suelen ejecutarse estáticamente y separados de los ejercicios principales; sin

Urheberrechtlich geschütztes Material

CAPÍTULO 8

Diseño de programas para mejorar la fuerza específica de los deportes

La preparación para el deporte comprende dos aspectos diferentes: la preparación física y la ejercitación. A menudo se confunden estos aspectos, lo cual suele traducirse con frecuencia en sesiones de acondicionamiento estructuradas para la consecución de la preparación física y la ejercitación, que, por lo general, no suelen dar resultados óptimos.

La preparación física se refiere al proceso de mejora del estado físico y mental de los deportistas, mientras que la ejercitación abarca el proceso de perfeccionamiento de las habilidades técnicas necesarias para practicar un deporte en concreto. Tradicionalmente, en Occidente la «ejercitación» de muchos deportes ha incluido elementos para la mejora de la «forma física» mediante carreras en torno a la pista de entrenamiento, fondos y otras actividades castrenses previas a la práctica del deporte. Sin embargo, todo esto malgasta el tiempo y la experiencia del entrenador. Lo ideal es que el papel del entrenador consista en mejorar la técnica de los deportistas, mientras que la preparación de la forma física sea tarea de preparadores físicos especializados, tal y como está sucediendo rápidamente entre los deportes más populares de los Estados Unidos.

Al identificar la distinción entre preparación física y ejercitación, hay que recordar que la preparación física para un deporte específico unas veces es beneficiosa y otras perjudicial para el rendimiento, y que la ejercitación puede resentirse debido a una preparación inadecuada de la fuerza y la forma física. Esto es cada vez más normal porque el «cross-training» ha aumentado su popularidad entre los preparadores físicos con poca experiencia en su empleo, lo que ha dado lugar a combinaciones de dudoso cienticismo en ciclismo, circuitos de entrenamiento, trote y natación para los deportistas. El resurgimiento de la popularidad de los circuitos de entrenamiento dentro de la gimnasia comercial está contribuyendo a exacerbar el problema. Es aparente que los principios para la preparación de la fuerza específica de cada deporte han de ser mejor conocidos, en especial en Occidente.

Los rigurosos regímenes de preparación física de los gimnasios y deportes de campo no tiene por qué traducirse necesariamente en una capacidad competitiva superior. Todas las actividades suplementa-

Urheberrechtlich geschütztes Material

rias y los métodos de recuperación deben ser seleccionados, planificados y secuenciados cuidadosamente para asegurarse de que contribuyen de forma directa a mejorar el rendimiento deportivo. Incluso hay que cuestionarse si el tiempo empleado en una actividad suplementaria en concreto podría o no dedicarse a la ejercitación específica del deporte.

CONSIDERACIONES PRELIMINARES

Entre los factores más importantes para introducir el tema de la preparación física científica específica para cada deporte se encuentran los siguientes:

1. La preparación física debe estar integrada en un proceso de duración anual y englobada en otro multianual. Un descanso forzoso fuera de temporada seguido de al menos un mes de entrenamiento moderado de pretemporada puede ser una causa principal de los bajos niveles de forma física general entre los deportistas y del aumento de la incidencia de lesiones. El comienzo de la pretemporada es un periodo durante el cual el «cross training» es apropiado. Por lo general, la integración de un entrenamiento suplementario o de campo se hace cada vez más difícil a medida que avanza la temporada y la forma física o la técnica de los jugadores mejoran.

2. Los entrenadores especialistas son necesarios para desarrollar los distintos componentes de la preparación física de cada deporte. Muy pocos entrenadores son capaces de cubrir con sus conocimientos aspectos tales como las técnicas de estrategia, las técnicas de movimiento, la preparación física, la preparación psicológica, el análisis biomecánico, la valoración de la forma física y los ejercicios sistemáticos de rehabilitación. Al igual que hay un equipo integrado por jugadores, debe haber un equipo eficaz de preparadores y entrenadores que incluya a todos los expertos de importancia.

3. Los preparadores físicos con base científica tienen que integrarse en los programas de todos los deportistas. En concreto, no es posible mejorar de forma adecuada la fuerza, la hipertrofia, la velocidad y la flexibilidad sin el empleo de un entrenamiento de resistencia suplementario. Este tipo de entrenamiento se logra de forma óptima en un gimnasio equipado convenientemente y mediante el uso de ejercicios seleccionados con lógica y secuenciados cuidadosamente en términos de intensidad, volumen, grupos musculares, patrones de movimiento e intervalos de recuperación.

Como en pocos gimnasios el personal cuenta con una preparación formal para el diseño científico de prácticas suplementarias de preparación física, hay que proporcionar a los deportistas programas científicos preparados por equipos de expertos y supervisados por entrenadores deportivos acreditados. En un plano ideal, todo complejo deportivo importante debería contar con su propio gimnasio en donde centralizar todos los aspectos concernientres a la preparación de los jugadores en la pretemporada y la temporada.

4. Es necesario realizar pruebas científicas periódicas de los distintos componentes de la forma física de los deportistas. En un plano ideal, la temporada debería empezar con una fase de pre-test que durase unas pocas semanas seguida por una sesión discriminatoria de la forma física para valorar la fuerza, la velocidad, el tiempo de reacción, la resistencia muscular, la flexibilidad, la preparación psicológica y otros factores vitales para participar con éxito en la ejercitación de la técnica.

5. Las sesiones de preparación deportiva deben consagrarse en gran medida más a la mejora de las tácticas y la técnica que a la mejora de la forma física general. Si la preparación física ha de incluirse en las sesiones de preparación, ha de hacerse con el fin de mejorar las capacidades físicas específicas requeridas para las pruebas deportivas reales. Ello puede adoptar en la práctica la forma de partidos o competiciones, de tal modo que los jugadores realicen unas prácticas realistas en condiciones competitivas simuladas.

6. Regularmente hay que realizar un análisis tecnológico de los movimientos y la técnica deportiva,

Urheberrechtlich geschütztes Material

porque las limitaciones del rendimiento pueden deberse a una técnica imperfecta más que a deficiencias de la preparación física o mental. La proyección periódica de vídeos a cámara lenta de la técnica de los jugadores, acompañada de un análisis paso a paso de las grabaciones, puede proporcionar una enseñanza técnica valiosa. En un nivel más detallado, el análisis a cámara rápida, con plataformas de equilibrio y contrarresistencia, y las electromiografías proporcionan una información valiosísima.

En un plano ideal, los deportistas deberían adquirir a su tiempo la forma física necesaria preferiblemente bajo el control de un preparador especialista con el fin de no malgastar el tiempo de un entrenador técnico en la organización de cursillos acelerados de preparación física. Al diseñar cualquier programa de entrenamiento es importante fijarse en que la eficacia en el juego y la prevención de lesiones dependen de la adquisición de un nivel alto de técnica neuromuscular en cualquier tipo de movimientos necesarios o probables en la práctica de un deporte específico.

ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES Y MODELACIÓN DE LOS DEPORTES

El diseño de un programa de acondicionamiento para la mayoría de los deportes debería basarse en varios tipos de análisis, distintos pero relacionados:

- análisis del deporte;
- análisis de la prueba;
- análisis del partido;
- análisis de la posición del jugador;
- análisis del jugador;
- análisis de las lesiones;
- análisis del movimiento (cinesiología y análisis biomecánico);
- análisis anatómico y psicológico (para el deporte específico).

El *análisis del deporte* se refiere a la identificación de las cualidades físicas más importantes requeridas por cualquiera que practique con éxito un deporte dado. Dicho análisis examina el perfil de forma física específica para practicar con éxito un deporte. Se emplea el modelo piramidal de forma física (cap. 1) con el fin de identificar la combinación específica de factores de la forma física y el preciso tipo de capacidades relativas a la fuerza (p. ej., fuerza-velocidad, fuerza-resistencia o fuerza estática) que desempeñan un papel dominante en ese deporte. Los análisis del partido, del jugador y de su posición en el campo siguen el mismo enfoque general, pero se presta atención especial a los requisitos del partido, del jugador y del nivel de posición.

El *análisis de la prueba* se refiere al estudio de la competición específica en la que se especializa el deportista dentro de un deporte determinado, p. ej., el lanzamiento de pesos como prueba específica del atletismo.

El *análisis del partido* dentro de un deporte de equipo se refiere a las cualidades físicas específicas requeridas para jugar en una prueba particular en una cancha concreta bajo unas condiciones medioambientales y de público específicas.

El *análisis de la posición* se refiere a las cualidades específicas requeridas por un jugador para actuar con eficacia y seguridad en una posición o puesto específicos dentro de un deporte de equipo.

El *análisis del jugador* se refiere al equilibrio particular de factores físicos que caracterizan a un individuo, cuya constitución física junto con otras características determinan el tipo adecuado de forma física para ese jugador en una posición o con una función específicas. La prueba identificará las debilidades y puntos fuertes que permitan al entrenador diseñar un programa de preparación física adecuado para ese deportista.

El *análisis de las lesiones* investiga tanto las lesiones que se producen con mayor frecuencia como las que suele sufrir un jugador en concreto en ciertas posiciones en los deportes de equipo.

El *análisis (cinesiológico) del movimiento* examina los patrones de movimiento, las fuerzas, las

Urheberrechtlich geschütztes Material

velocidades y los ángulos articulares, e identifica los músculos y otras partes del cuerpo empleados para mover una articulación específica así como los movimientos conjuntos del cuerpo generados por los deportistas. Los patrones de movimiento dependen del desarrollo de un equilibrio apropiado entre la estabilidad de ciertas partes del cuerpo y la movilidad de otras. Esto significa que ciertos músculos son necesarios para producir niveles altos de fuerza estática, mientras que otros músculos son necesarios para producir niveles altos de fuerza-velocidad dinámica o de velocidad-flexibilidad.

Se emplea este análisis para determinar cuáles son los medios más seguros y eficaces en la producción de todos los movimientos ejecutados en un deporte concreto, así como para determinar la forma en que acondicionar los músculos y tejidos blandos más importantes de cada jugador. También sirve para identificar los puntos fuertes y débiles de una técnica determinada y para proporcionar retroalimentación instructiva y valiosa a entrenadores y jugadores.

El *análisis anatómico y específico* se refiere a la determinación de qué sistema energético, qué tipos de fibras musculares, qué régimen nutricional, qué consumo de oxígeno y qué otros procesos corporales son característicos del deportista. También abarca la cineantropometría, el estudio de las proporciones relativas de los componentes del cuerpo que contribuyen al rendimiento deportivo.

Selección de las necesidades de la preparación física

Una vez que se han realizado estos análisis, es posible diseñar una preparación física y unas sesiones de ejercitación más científicas para el deporte concreto en general y para cada uno de los jugadores específicos. En este punto hay que preparar para cada deportista un perfil de forma física multifactorial (PFM) derivado del modelo piramidal (tabla 8.1). Ello supone marcar en una escala de 1 a 5 los niveles relativos de cada factor físico requerido para obtener un rendimiento deportivo de nivel mundial, así como el nivel correspondiente mostrado por el deportista y basado en pruebas científicas de estas capacidades. Las pruebas deben incluir la medición de cualquier déficit de la fuerza con el fin de determinar si hay que prestar más atención a la hipertrofia o a la preparación neuromuscular (ver el capítulo 1). Si cualquier factor físico del deportista muestra una puntuación menor a la requerida para desarrollar un rendimiento máximo, es una señal de que hay que dedicar una preparación física especial para mejorar dicho factor. Por el contrario, la preparación física consagrada al desarrollo de un factor físico específico debe reducirse si su puntuación supera la requerida por el deporte.

Antes de preparar un programa de preparación física es importante recordar que la forma física es altamente específica y dependiente del contexto. Así, los ejercicios y su forma de ejecución dentro de un programa de preparación física deben prescribirse con un total conocimiento de la especificidad de los siguientes puntos (ver cap. 1):

- tipo de contracción muscular;
- patrón de movimiento;
- zona de movimiento;
- velocidad de movimiento;
- fuerza de contracción;
- reclutamiento de las fibras musculares;
- metabolismo;
- adaptación biomecánica;
- flexibilidad.

Esto significa que los ejercicios deberían escogerse no sólo sobre la base de qué músculos hay que entrenar sino también sobre características tales como la intensidad de la carga, la velocidad de cada fase del movimiento, las contribuciones relativas de la contracción concéntrica, excéntrica e isométrica, los patrones de los movimientos ejecutados en el deporte, el grado de movimiento funcional y los periodos relativos que hay que dedicar a la

Urheberrechtlich geschütztes Material

preparación de la fuerza y la resistencia muscular y cardiovascular durante cada fase.

Es importante que no se diseñe el programa de preparación física mediante la redacción de una lista de ejercicios para una sesión o semana dadas (microciclo), sino que se planifique una secuencia a largo plazo de ciclos de preparación física (macrociclo). Hay que trabajar partiendo de los objetivos a largo plazo hacia los objetivos a corto plazo, lo cual comprende la elaboración de una tabla periodizada cuidadosamente (ver cap. 6) que proyecta en una serie de etapas toda la preparación física de forma que los objetivos específicos de rendimiento se alcancen en momentos determinados del programa anual (p. ej., los campeonatos nacional y mundial) y multianual (p. ej., los Juegos Olímpicos). Este enfoque también permite identificar con mayor exactitud las cualidades específicas requeridas por los jugadores concretos en posiciones específicas en el deporte relevante.

Los métodos del análisis de las necesidades tratado arriba nos permite establecer un modelo de entrenamiento para el deporte y los jugadores concretos, un enfoque científico que se denomina modelación de los deportes (ver cap. 6). Se basa en el análisis de las necesidades y en las pruebas periódicas para diseñar modulos de preparación física y ejercitación a corto, medio y largo plazo, los cuales se centran en generar un tipo adecuado de forma física y mental para un deporte en concreto.

El programa de preparación final para cada miembro de un equipo se puede ahora establecer en un diario de entrenamiento que registre los objetivos cuantitativos a corto y largo plazo, y los ejercicios, así como los objetivos emocionales, subjetivos y psicológicos, y sus observaciones. Finalmente, se registra todo progreso, programa de recuperación y la lista de dolencias, lesiones y otros elementos negativos sin planificar. El propósito de este diario es permitir a los jugadores alcanzar o mantener un nivel pico a lo largo de la temporada y especialmente durante ciertas pruebas específicas.

A un nivel más detallado, la preparación física de un deporte concreto se considera en términos de factores de la forma física general requeridos por cualquier participante y factores de la forma física específica requeridos por los jugadores que desempeñan funciones concretas en posiciones o en momentos específicos.

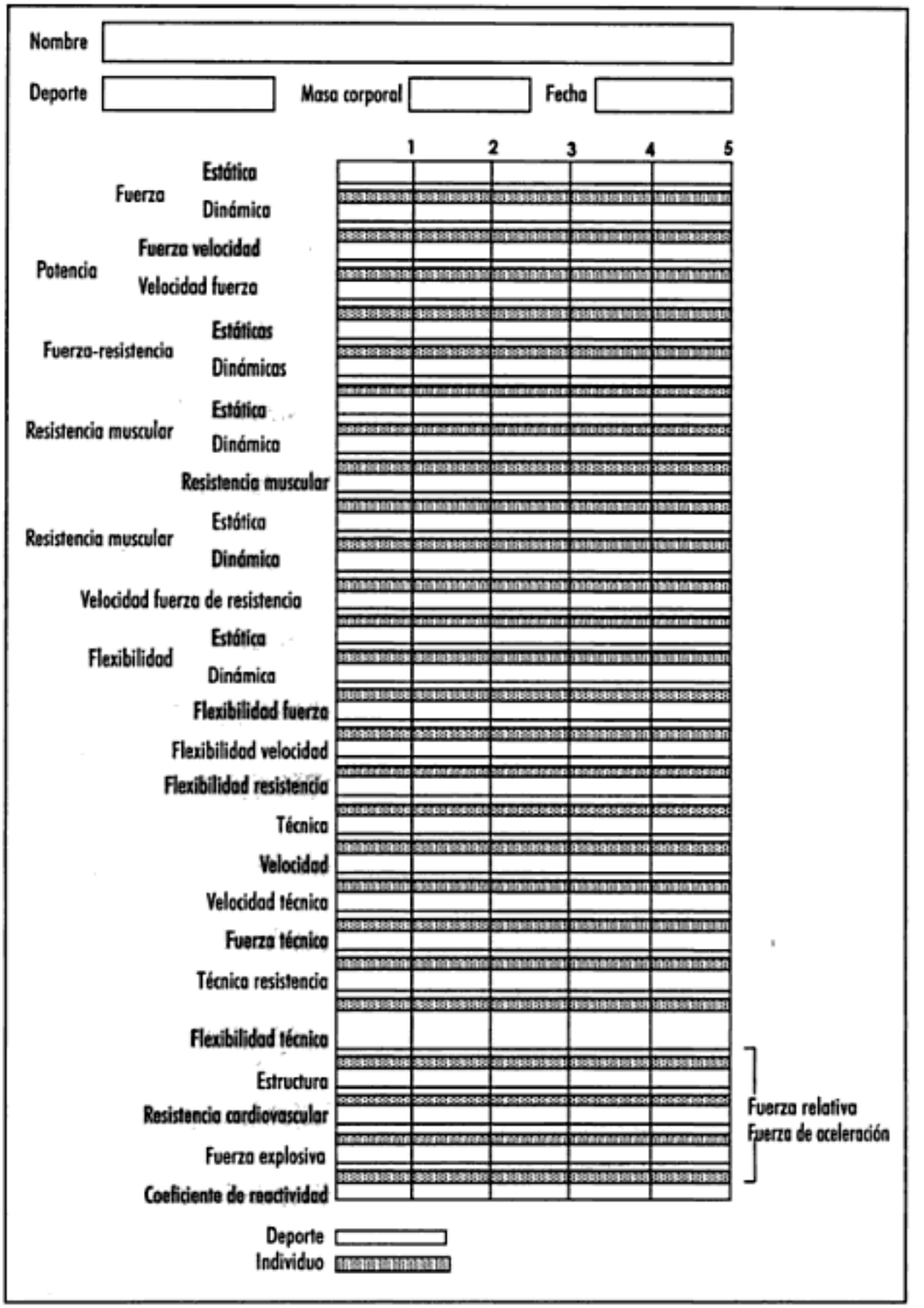
Cuestiones sobre la forma física general

Es de vital importancia diseñar un programa en el cual la preparación física de una capacidad motriz no interactúe negativamente con la preparación física de otras capacidades físicas. Por ejemplo, cualquier énfasis prolongado o innecesario en la preparación cardiovascular puede disminuir la fuerza, la hipertrofia y la potencia explosiva. En el entrenamiento individual, suele ser inadecuado realizar actividades de resistencia antes de entrenar la velocidad y la fuerza (fig. 1.7). Mientras que la recuperación de las series de actividad explosivas se puede facilitar en parte con los mecanismos circulatorio y cardiovascular del metabolismo a largo plazo, la mayor parte de la actividad de un deporte desarrollado en una cancha se basa predominantemente en los metabolismos no oxidativos a plazo corto o intermedio. El metabolismo a corto plazo (ATP-CP) proporciona energía para los esfuerzos explosivos de actividad que no duran más de 2 o 3 segundos, mientras que el metabolismo intermedio interviene sobre todo suministrando el aporte energético para casi cualquier actividad intensa que dure o ronde unos 45 segundos (ver cap. 1).

Una vez identificado el tipo de carrera o el entrenamiento del metabolismo necesario para mejorar la forma física de un deporte en concreto, podemos volver la atención al tipo de preparación física de la fuerza y la velocidad requeridas. Al hacerlo es útil examinar cuáles son los factores de la forma física que hay que entrenar y cuáles son los grupos musculares que necesitamos fortalecer en cada uno de los jugadores. La introducción de un entrenamiento más explosivo, sobre todo en lo que se refiere a los

Urheberrechtlich geschütztes Material

TABLA 8.1 *Perfil de forma física multifactorial (PFM).*



Urheberrechtlich geschütztes Material

métodos pliométricos, hay que hacerla con precaución y de forma progresiva y siguiendo las pautas que se dieron con anterioridad (ver cap. 5).

Lesiones

El análisis de las lesiones generales identifica las áreas problemáticas de un deporte y nos permite amoldar el programa de preparación física a las necesidades de ciertos jugadores. Además de las lesiones accidentales, se producen lesiones por sobreentrenamiento, que se dividen en dos clases: lesiones por sobrecarga 1 (causadas por cargas demasiado grandes en cualquier instante) y lesiones por sobrecarga 2 (causadas por la aplicación muy frecuente de una carga dada). Se producen en la ejercitación o en el gimnasio. Por ejemplo, las tibias o la espalda pueden sufrir una sobrecarga por una única acción forzada, o pueden desarrollar progresivamente lesiones por sobrecarga 2 durante un periodo prolongado de esfuerzo submáximo. Las lesiones por sobrecarga 1 iniciadas por la dureza del impacto del talón contra el suelo pueden disminuirse con el uso de plantillas de polimero viscoelástico, aunque primero hay que proceder con la corrección de los fallos técnicos y el acondicionamiento físico a estos impactos. En las instalaciones de «cross training», las cargas, los periodos de entrenamiento, los volúmenes y los periodos de descanso se tienen que planificar y sincronizar cuidadosamente con las prácticas deportivas para evitar ambos tipos de lesiones por sobreentrenamiento.

A veces, los programas de preparación física deben diseñarse para rehabilitar a los deportistas después de una lesión, tarea que suele dejarse al fisioterapeuta, quien a menudo tiene pocos conocimientos sobre la forma de reentrenar a un deportista que debe competir a gran nivel. La rehabilitación debe seguir los mismos estadios de entrenamiento periodizado como en los entrenamientos normales, usando los medios que se detallan a lo largo de este libro. Siempre es de vital importancia recordar que la vuelta a la disponibilidad competitiva nunca está completa hasta que el deportista siente que la lesión está totalmente curada, sin importar lo que indiquen las pruebas físicas sean cuales fueren.

Preparación física para evitar lesiones

Evitar ciertos ejercicios considerados potencialmente dañinos es en ocasiones desacertado, porque los mismos movimientos se ejecutan periódicamente en la práctica del deporte o durante la ejercitación. Este enfoque bienintencionado predispone a veces a los deportistas a sufrir lesiones, ya que no adquieren la técnica motriz involuntaria necesaria y precisa para que los deportistas minimicen las oportunidades de sufrir accidentes o lesiones. El entrenamiento de la capacidad de reacción es muy útil desde este punto de vista, aunque, por el contrario, son muchos los deportistas que fortalecen el cuerpo para alcanzar este objetivo. Sería mucho mejor que mejoraran la velocidad de reacción, la velocidad de los movimientos, la capacidad para anticiparse a los peligros inminentes y que aprendiesen a solucionar las situaciones peligrosas mientras están en curso. Es sorprendente cuán reducido es el número de jugadores de rugby y fútbol americano que han aprendido las técnicas para caer al suelo de sus colegas del yudo y la lucha libre, aunque las caídas y los contactos corporales violentos forman parte integral de estos deportes.

Preparación física de los tejidos blandos

Hasta el momento, sólo se ha hablado de la preparación física de los músculos. Sin embargo, todos los movimientos, sobre todo los que se ejecutan a gran velocidad, dependen del almacenamiento y la liberación de la energía elástica de los tendones. Además, la estabilidad pasiva, la flexibilidad y la protección de las articulaciones dependen de la integridad de los ligamentos y otros tejidos conectivos que rodean las articulaciones. Puesto que toda contracción muscular y todo movimiento articular implican el sistema nervioso, un entrenamiento neuromuscular apropiado basado en el reclutamien-

Urheberrechtlich geschütztes Material

Componentes del programa de entrenamiento

Antes de prescribir cualquier programa de ejercicios, es útil aplicar la siguiente lista:

¿Es el ejercicio y su método de ejecución:

- necesario?;
- suficiente?;
- apropiado?;
- eficaz?;
- un reto? (o interesante o divertido?);
- seguro?

Por lo demás, hay que examinar los siguientes factores para la prescripción de ejercicio:

- el propósito;
- la persona (jugador o deportista);
- el técnico (entrenador o instructor);
- los principios (de los medios y métodos del entrenamiento);
- los procedimientos (para el uso de métodos y ejercicios específicos);
- el periodo o la fase de entrenamiento;
- el lugar (y las instalaciones);
- la posición (del jugador o de las articulaciones);
- los pivotes (las articulaciones implicadas).

Una vez que se ha revisado esta lista con cuidado hay que preparar una enciclopedia de ejercicios de resistencia para un posible uso por parte de todos los jugadores. Estos ejercicios también deben incluir actividades de calentamiento y mejora de la flexibilidad funcional, porque los estiramientos estáticos por sí solos son inadecuados para conseguir el grado completo de movimientos dinámicos ejecutados según los patrones específicos contra una resistencia pesada y mediante el uso de métodos de sostenimiento-relajación o contracción-relajación tomados prestados de la FNP (ver el cap. 7). Ahora es el momento de establecer un programa de entrenamiento que incorpore los siguientes componentes que ya han sido tratados en los capítulos precedentes.

Componentes generales

1. Medios.
2. Métodos.
3. Ejercicios.
4. Técnicas.

Componentes específicos

1. El propósito de la preparación física (culturismo, halterofilia, entrenamiento suplementario, etc.).
2. Tipo de forma física (en términos del perfil de forma física).
3. Zonas del cuerpo.
4. Grupos músculares.
5. Tipo de tensión muscular (estática, dinámica, etc.).
6. Tipo de movimiento (extensión, flexión, aducción, etc.).
7. Tipo de modalidad de resistencia o aparato.
8. Los ejercicios específicos.
9. El método de los ejercicios (carga máxima, pirámides, superseries, repeticiones forzadas, etc.).
10. Variables de los ejercicios:

- velocidad de movimiento;
- aceleración;
- carga;
- repeticiones por tanda;
- número de tandas;
- series (grupos de tandas);
- intensidad de la resistencia (carga media por entrenamiento);
- volumen de resistencia (una medida del trabajo total realizado por entrenamiento);
- densidad de los ejercicios (una medida del número de ejercicios por unidad de tiempo);
- secuencia de ejercicios;
- frecuencia de los entrenamientos;

Urheberrechtlich geschütztes Material

- patrón de movimiento;
- grado de movimiento;
- duración del movimiento, tanda o serie;
- periodos de descanso (entre movimientos, series y entrenamientos);
- duración de los entrenamientos;
- número de ejercicios por entrenamiento;
- variación de la técnica;
- actividades de calentamiento y estiramiento;
- deportes suplementarios o trabajo manual;

11. Organización del programa de entrenamiento:

- sesión de entrenamiento;
- día de entrenamiento;
- medios y métodos para la recuperación;
- cargas concentradas/distribuidas;
- microciclos;
- mesociclos;
- mesociclos largos;
- macrociclo;
- macrociclo largo.

Ejercicios de resistencia típicos

A continuación se incluye una minienciclopedia tradicional y típica de ejercicios, con algunos de los músculos principales (primarios y auxiliares) que intervienen. En algunos casos, los músculos estabilizadores que no se han identificado se contraen con tanta fuerza que se están entrenando con eficacia al mismo tiempo que los músculos principales. Por ejemplo, los levantamientos pesados por encima de la cabeza, las sentadillas y las flexiones de tríceps pueden generar mayores niveles de tensión en los músculos abdominales (estabilizadores del tronco) que las sentadillas.

Esta categorización de los ejercicios según cuáles sean los músculos principales que se mueven y que se ejercitan en un ejercicio de resistencia dado ha servido muy bien a los culturistas durante muchas décadas, si bien hay que examinar un enfoque más exhaustivo, lógico y educativo:

- Qué articulaciones se mueven a lo largo del ejercicio.
- Qué articulaciones permanecen estabilizadas a lo largo del ejercicio.

Una vez hecho esto, hay que identificar que tipo de acción articular (flexión, aducción o rotación media) interviene en cada caso. A continuación, si uno se remite al sistema matriz de movimientos, se pueden ver en las tablas el conjunto de grupos musculares correspondientes que producen estas acciones articulares. De esta forma, se puede deducir qué grupos musculares son los responsables de todas las acciones estabilizadoras y motoras de cualquier ejercicio.

Pecho

- Press de banca (agarre amplio: músculo pectoral mayor, parte anterior del deltoides, tríceps).
- Press de banca (agarre estrecho: tríceps, pectoral mayor, parte anterior del deltoides).
- Banca inclinada (porciones superiores de los pectorales, deltoides, tríceps).
- Press de banca declinado (porciones inferiores de los pectorales, deltoides, tríceps).
- Aberturas en decúbito con mancuernas o (lentamente con los codos doblados: pectorales, parte anterior del deltoides).
- Pullovers en decúbito con los brazos (parte lateral de los pectorales, músculo redondo mayor).
- Pec decks (pectoral mayor, parte anterior del deltoides).
- Cruzamientos sobre el pecho con cable (pectorales, parte anterior del deltoides).

Piernas

- Sentadillas frontales y posteriores (cuádriceps, gluteos, erector de la columna, aductores de los muslos).

Urheberrechtlich geschütztes Material

- Extensión de piernas con maquina o poleas (cuádriceps, aductores de la pierna).
- Máquina de press de pierna (cuádriceps, glúteo mayor).
- Máquina o polea para flexiones de pierna (isquiotibiales).
- Barra entre las piernas (cuádriceps, glúteos, músculos de la pantorrilla, isquiotibiales).
- Pesos muertos y «buenos días» (isquiotibiales, músculos de la parte inferior de la espalda).
- Barridos de pierna sentados o de pie mediante polea (hacia adentro: aductores de la pierna).
- Barridos de pierna sentados o de pie mediante polea (hacia afuera: abductores de la pierna).
- Barridos de pierna de pie mediante polea (hacia atrás: glúteos).
- Barridos de pierna de pie mediante polea (hacia delante: flexores de la cadera).
- Gemelos (de pie: flexores plantares y músculos de las pantorrillas, sobre todo el gastrocnemio).
- Gemelos (sentados o con las rodillas flexionadas: flexores plantares y músculos de las pantorrillas, sobre todo el músculo sóleo).
- Elevaciones de gemelos llevando a un compañero a caballito (gastrocnemio o sóleo o ambos, dependiendo del ángulo de la rodilla).

Espalda

- Peso muerto; cargada con sacudida (rodillas dobladas: erectores de la columna, isquiotibiales, cuádriceps).
- «Hiperextensiones» (lentamente hacia arriba y hacia abajo: erectores de la columna, glúteo)
- Remo erguido (parte superior de la espalda y hombros: trapecio, deltoides, flexores del codo).
- Encogimiento de hombros (parte superior de la espalda: trapecio, romboides).
- «Buenos días» (amplitud corta, espalda plana, rodillas dobladas: erectores de la columna, isquiotibiales, glúteos).
- Dorsales laterales con máquina (músculos de la parte superior de la espalda: dorsales, redondo mayor).
- Remo doblado (espalda plana; rodillas dobladas: dorsales, parte posterior del deltoides, flexores del codo).
- Dorsales laterales con agarre de flexiones
- Dorsales laterales con agarre de flexiones (dorsales, bíceps y otros flexores del codo).
- Remo de poleas sentado (dorsales, redondo menor, trapecio, deltoides, flexores del codo).

Hombros

- Elevaciones laterales con mancuernas o poleas (deltoides, trapecio, romboides).
- Elevaciones frontales (deltoides, trapecio).
- Remo erguido (trapecio, deltoides, flexores del codo).
- Encogimiento (trapecio, romboides, elevador de la escápula).
- Press sentado o de pie (deltoides, tríceps).
- Aberturas boca abajo o horizontal pull-backs con cable (infraespinoso, trapecio, romboides).
- Elevaciones de brazos frontales (parte frontal y media del deltoides).
- Flexiones de tríceps (pectorales, parte frontal del deltoides, tríceps, parte superior del trapecio, parte anterior del serrato).

Brazos

- Flexiones (barra de pesas, mancuernas o poleas: bíceps y otros flexores del codo).
- Pull-ups con agarre de flexiones (bíceps y otros flexores del codo, dorsales).
- Tríceps (con poleas: tríceps).
- Extensiones de tríceps (por detrás o a los lados de la cabeza: tríceps).
- Press de banca con agarre estrecho (tríceps, pectorales).
- Extensiones de tríceps (con mancuernas o poleas: tríceps).

Urheberrechtlich geschütztes Material

- Flexiones con el agarre inverso (bíceps y otros flexores del codo, músculos del antebrazo).
- Medios giros de muñeca con mancuernas o escoba (hacia arriba, hacia abajo, hacia los lados o en círcurlos: músculos de la muñeca).

Sección media

- Abdominales con las rodillas dobladas (pies libres, espalda sobre la cochoneta: abdominales, oblicuos).
- Abdominales con las rodillas dobladas (pies fijos: abdominales, oblicuos, flexores de las caderas).
- Abdominales con giros y las rodillas dobladas (lentos con giro desde el comienzo: músculos abdominales).
- Inclinaciones laterales (con mancuernas o poleas: oblicuos, cuadrado lumbar, erectores de la columna).
- Abdominales laterales (oblicuos, cuadrado lumbar, erectores de la columna).
- Pull-ins de piernas sentado o colgado (abdominales inferiores, flexores de las caderas).
- Elevación de piernas colgado (flexores de las caderas, abdominales, recto femoral).
- Elevación de piernas tumbado con inclinación pélvica posterior y el tronco ligeramente flexionado hacia arriba.
- Flexiones de tronco desde las nalgas, con las manos cogidas a unos agarres para estabilizar los hombros.

Uso de múltiples músculos

- Cargada desde el suelo hasta la parte frontal de los hombros.
- Cargada de fuerza desde el suelo hasta los hombros.
- Cargadas desde el soporte hasta los hombros
- Sacudidas altas desde el suelo.
- Arrancada de fuerza desde el suelo o el soporte.
- Press con empujón o envión con empujón por encima de la cabeza.
- Arrancada en dos tiempos o cargada y press con empujón.
- Sacudidas desde el suelo con un encogimiento de hombros y levantándose sobre los dedos de los pies.

Ésta no es una lista completa con todos los ejercicios posibles ni una lista de los todos los ejercicios que debe realizar un deportista. Sólo es un compendio de ejercicios de los cuales se pueden escoger unos cuantos de cada grupo para entrenar los músculos necesarios de un jugador. Una forma de comprender que esta breve lista de ejercicios se puede incrementar muchísimo es prescribiendo cualquiera de estos ejercicios dentro de un programa de entrenamiento, para lo cual es importante reconocer que se pueden dividir en tres amplias categorías en la mayoría de los deportes:

- Ejercicios de competición. Son ejercicios que se realizan durante la competición.
- Ejercicios de la preparación física especial. Estos ejercicios pueden ser parecidos a los movimientos de la competición o bien ejercicios en gran medida distintos que desarrollan las capacidades motrices específicas requeridas en un deporte.
- Ejercicios de la preparación física general. Estos ejercicios suelen ser distintos de los movimientos de la competición en el tipo, el patrón, el modo de ejecución y la velocidad, y se emplean para el desarrollo general y para establecer la base para los estadios posteriores del entrenamiento.

La capacidad para incluir todos los ejercicios (y las distintas técnicas para su empleo) dentro de estas categorías permite evitar graves errores al seleccionarlos para conseguir un propósito especí-

Urheberrechtlich geschütztes Material

fico en el entrenamiento en un estadio dado de un programa de periodización.

CLASIFICACIÓN DE LOS EJERCICIOS PARA EL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

Principios de la clasificación de los ejercicios

En Rusia no sólo se dividen todos los entrenamientos en los periodos preparatorio general, preparatorio especial y periodo de competición, sino que todos los ejercicios se clasifican de forma parecida en diferentes grupos y subgrupos para su empleo en la educación física general y en cada deporte específico. Este proceso global de clasificación, que sigue sin estar sistematizado en Occidente, ha sido aplicado en gran medida en la URSS sobre todo gracias a uno de los fundadores de la teoría de la educación física en Rusia, A. Novikov (1949), que consideraba que los ejercicios debían clasificarse uniformemente en todos los aspectos de la educación física para no derrochar su potencial científico y práctico. Hizo hincapié en que la clasificación de los ejercicios, el fundamento más importante de la educación y el entrenamiento, era uno de los principios básicos del sistema de la educación física.

Matveyev (1977) señaló que la interrelación de los medios y métodos de entrenamiento deportivo constituye un sistema de ejercicios de entrenamiento. El siguiente extracto revisado del capítulo 2 de la complicada traducción de su libro al inglés, The Fundamentals of Sport Training (Fundamentos del entrenamiento deportivo) (1981), es importante en este sentido:

Una de las esenciales distinciones que hay que hacer al clasificar los ejercicios empleados en el entrenamiento deportivo son sus parecidos y diferencias comparados con los movimientos específicos que caracterizan a un deporte dado. Según esta distinción, los ejercicios se subdividen en ejercicios de competición y ejercicios preparatorios, y éstos, a su vez, en preparatorios especiales y preparatorios generales.

Los *ejercicios* de *competición*: Éstos son los ejercicios reales empleados en la competición deportiva y realizados de la misma forma que durante ella. Los ejercicios de competición de un deporte dado desempeñan un papel extremadamente importante en el entrenamiento, porque sin ellos es imposible dotar al deportista de los requisitos específicos de un deporte dado ni estimular el desarrollo de una preparación específica. Los ejercicios preparatorios especiales constan de elementos propios de las acciones de la competición así como de variaciones y accciones parecidas a ellas por lo que respecta a la forma y al carácter de las capacidades desarrolladas. Según el énfasis primario de los ejercicios preparatorios especiales, se distingue entre los ejercicios preliminares (que ayudan al deportista a dominar el movimiento) y los ejercicios de desarrollo (que desarrollan las capacidades físicas). Ambas clases de ejercicio se introducen en los distintos periodos del entrenamiento en proporciones desiguales.

Los *ejercicios preparatorios generales*. Los ejercicios de este grupo son los medios prácticos fundamentales para que el deportista logre la preparación general. En principio, su alcance es mucho más amplio y son más variados que los de los otros grupos de ejercicios. La lista de estos ejercicios es en teoría ilimitada, aunque en la práctica su empleo se restringe por el tiempo que se invierte en detrimento de otros medios de entrenamiento y por la viabilidad del equipo. Son importantes dos requisitos para la selección de los ejercicios preparatorios generales: en primer lugar, el deportista debe contar con una preparación general de educación física multifacética. En segundo lugar, los contenidos de la preparación general del deportista deben reflejar los aspectos específicos del deporte.

Los ejercicios preparatorios generales cumplen varias funciones:

a) Formar, fortalecer y recuperar las capacidades motrices que desempeñan un papel auxiliar en el perfeccionamiento deportivo.

Urheberrechtlich geschütztes Material

b) Aprender técnicas desarrolladas insuficientemente en el deporte dado, aumentar la capacidad de trabajo general o preservarla.
c) Proporcionar descanso activo, favorecer la recuperación después de una carga intensa y contrarrestar la monotonía del entrenamiento.

Estas funciones definen el papel de los ejercicios preparatorios generales dentro del programa de entrenamiento del deportista.

Su clasificación de los ejercicios de competición muestra la atención meticulosa prestada a los detalles en el sistema ruso de entrenamiento y educación física (tabla 8.2).

Clasificación de los ejercicios de halterofilia

Es instructivo estudiar el enfoque empleado para categorizar la forma en que se clasifican los ejercicios de entrenamiento en la halterofilia olímpica en Rusia. Se puede aplicar un enfoque parecido en otros deportes si empleamos este modelo como guía. La clasificación de los ejercicios de halterofilia sigue los mismos principios empleados en otros deportes (Medveyev, 1986):

- El grupo 1 consta de ejercicios de competición (en la halterofilia, la arrancada y la arrancada en dos tiempos)
- El grupo 2 combina ejercicios preparatorios especiales, dividiéndolos en varios subgrupos:
  –ejercicios de arrancada auxiliares
  –ejercicios de arrancada en dos tiempos auxiliares
  –ejercicios auxiliares para las piernas, espalda (torso), brazos y cintura escapular.
- El grupo 3 consta de ejercicios preparatorios generales; p. ej., ejercicios para el entrenamiento físico general.

Hay que tener en cuenta dos factores al examinar los medios de la preparación especial y de la competición. Por ejemplo, todos los ejercicios, dependiendo de su estructura coordinativa, método de entrenamiento y cantidad de resistencia, desarrollan en mayor o menor medida las capacidades físicas necesarias y contribuyen (también en mayor o menor medida) a perfeccionar la maestría técnica. Por tanto, es apropiado dividir todos los ejercicios del primer y segundo grupo en dos partes independientes.

El grupo 1 combina los medios de la preparación especial (auxiliar) y los de la competición. Una mayoría aplastante de estos ejercicios sigue la técnica de la arrancada clásica y la arrancada en dos tiempos clásica. Además de esto, los deportistas levantan grandes pesos en estos ejercicios y trabajan ejerciendo muchísima potencia, por lo que este grupo de ejercicios constituye el grupo fundamental del entrenamiento de halterofilia.

Los ejercicios preparatorios especiales (de desarrollo) se concentran en el grupo 2. Se ejecutan con barras de pesas sobre aparatos de entrenamiento, con barras de bolas y otras resistencias. En su mayoría estos ejercicios tienen un efecto local. Se realizan con pesos relativamente ligeros y, debido a su diversa estructura técnica, la potencia desarrollada con estos ejercicios es relativamente pequeña. Los ejercicios mencionados antes en este grupo pueden ser muy diferentes en su técnica a los ejercicios de competición. Los ejercicios de desarrollo sirven como un medio adicional para preparar a los halterófilos; sin embargo, la función de estos ejercicios no se limita a este papel.

Los ejercicios adicionales, ejecutados con gran amplitud en las articulaciones, tienen un efecto positivo en el desarrollo de tendones y ligamentos. Es necesario tener en cuenta que la fuerza mecánica de los tendones y ligamentos aumenta lentamente en comparación durante el entrenamiento. El desarrollo forzado de la velocidad-fuerza puede crear una discrepancia entre la capacidad de velocidad-fuerza de los músculos y la fuerza de los tendones y ligamentos, lo cual genera lesiones. Por

Urheberrechtlich geschütztes Material

TABLA 8.2 *Categorización de los ejercicios de competición en los distintos tipos de deporte.*

Agrupamiento general	Grupos	Subgrupos y tipos de ejercicios
Ejercicios monoestructurales (formas relativamente estables)	1. Ejercicios de fuerza y velocidad	**A.** Saltos **B.** Lanzamientos (pesos, jabalina.) **C.** Levantamiento de pesos **D.** Esprints
	2. Resistencia cíclica	**A.** Pruebas de resistencia de gran intensidad **B.** Resistencia de intensidad media y baja
Ejercicios poliestructurales (formas variables)	1. Deportes de equipo	**A.** Intervalos de intensidad alta **B.** Continuado y relativamente prolongado
	2. Combates deportivos	**A.** Sin contacto físico (esgrima, etc.) **B.** Contacto físico (boxeo, lucha libre, etc.)
Complejos de ejercicios	1. Pruebas duales y combinadas con un contenido estable	**A.** Pruebas duales y combinadas homogéneas (4 pruebas de patinaje, 3 pruebas de esquí alpino, etc.) **B.** Pruebas duales y combinadas variables (decatlón, pentatlón, esquí dual, etc.)
	2. Pruebas duales y combinadas con un contenido renovado periódicamente	**A.** Deportes estéticos (gimnasia deportiva, salto de trampolín, patinaje, acrobacias, etc.)

tanto, es necesario dedicar tiempo al fortalecimiento de los tendones y los ligamentos mediante trabajo de volumen alto e intensidad baja. Lo deseable es que los movimientos se ejecuten con la amplitud articular máxima y en todas direcciones. Los ejercicios adicionales cumplen estos requisitos.

Así pues, y con el fin de valorar y calcular con mayor objetividad la influencia del entrenamiento, los deportistas realizan los ejercicios del grupo 1, cuya carga se considera fundamental, mientras que la carga de los ejercicios del grupo 2 se considera adicional. Finalmente, es importante calcular y analizar por separado las cargas fundamentales y adicionales del entrenamiento.

Categorización de los medios fundamentales y adicionales

Los medios fundamentales se dividen en 12 grupos y los ejercicios adicionales, en 4 grupos.

Categorización de los medios fundamentales

1. Arrancada clásica.

2. Arracada con sentadilla: desde distintas posiciones iniciales, empleando regímenes diferentes de trabajo muscular, etc.

3. Arrancada de fuerza: desde distintas posiciones iniciales, empleando regímenes diferentes de trabajo muscular, etc.

4. Arrancada con sacudida: con todas las variaciones enumeradas en el ejercicio precedente.

5. Arrancada en dos tiempos clásica: arrancada en dos tiempos al estilo de sentadilla

6. Cargada con sentadilla: con todas las variaciones enumeradas en el ejercicio 2 (la arrancada con sentadilla).

7. Envión: desde el soporte, tras nuca, envión con empujón, medio envión, combinaciones, enviones con distintos regímenes de actividad muscular.

8. Cargada de fuerza: con todas las variaciones enumeradas en el ejercicio 3.

Urheberrechtlich geschütztes Material

9. Cargada con sacudida: con todas las variaciones enumeradas en el ejercicio 3.

10. Sentadillas con barra de pesas: sobre los hombros, sobre el pecho, con la barra sobre los brazos extendidos por encima de la cabeza, combinaciones, con distintos regímenes de actividad muscular, etc.

11. «Buenos días»: la barra de pesas sobre los hombros, con las piernas flexionadas, con un salto vertical, buenos días con polea (agarre de cargada y de arrancada).

12. Press: press de pierna, press con empujón desde el pecho y por detrás de la cabeza, press con empujón por detrás de la cabeza con un press de banca con agarre de arrancada, combinaciones, etc.

Categorización de los medios adicionales

13. Ejercicios para las piernas: barra entre las piernas, saltos con una barra sobre los hombros (la barra cogida con las manos), press de piernas, etc.

14. Ejercicios para la espalda (torso): buenos días con las piernas extendidas, buenos días con otras formas de resistencia sobre los hombros, hiperextensiones, etc.

15. Ejercicios para los brazos y la cintura escapular: todo tipo de ejercicios de remo, press por detrás de la cabeza, arrancada (de pie, en cuclillas), press sentado, press con barra en banca inclinada, etc.

16. Arrancada y arrancada en dos tiempos con pesos por debajo de un 60%.

Ejercicios preparatorios generales en la halterofilia

Este grupo de ejercicios ha sido extraído de las siguientes disciplinas deportivas:

1. Atletismo: carreras de aceleración: 400-1.000 m., todo tipo de ejercicios de salto, lanzamiento de martillo, de disco (distintos pesos), de pesos (distintos pesos), lanzamiento de una barra de bolas hacia atrás (distintos pesos), carrera 1-3 km de cross.

2. Gimnasia deportiva.

3. Acrobacias.

4. Deportes de pelota: voleibol, baloncesto, fútbol.

5. Deportes de movilidad.

6. Ciclismo.

7. Remo.

8. Natación.

9. Deportes de invierno: esquí, patinaje.

10. Excursionismo.

De todos estos tipos de deporte, los siguientes son apropiados para deportistas adolescentes: gimnasia deportiva, acrobacias, deportes de movilidad, patinaje, carreras de medio fondo.

Ejercicios para el entrenamiento de halterofilia

Se seleccionaron 100 ejercicios de halterofilia distintos para diseñar los programas multianuales. Los ejercicios de halterofilia se enumeran según el sistema de Medvedev de clasificación y categorización.

Ejercicios fundamentales

Ejercicios de arrancada

Grupo 1

1. Arrancada clásica desde el suelo.

Grupo 2

2. Arrancada, comenzando con la barra por debajo de las rodillas.

3. Arrancada, comenzando con la barra a nivel de las rodillas.

4. Arrancada, comenzado con la barra por encima de las rodillas.

5. Arrancada, las piernas rectas, el torso inclinado hacia delante.

6. Arrancada, desde una posición inicial de pie y erguido.

7. Arrancada, estando de pie sobre un bloque.

Grupo 3

8. Arrancada de fuerza, desde el suelo.

9. Arrancada de fuerza, comenzando con la barra por debajo de las rodillas.

10. Arrancada de fuerza, comenzando con la barra al nivel de las rodillas.

11. Arrancada de fuerza, comenzando con la

Urheberrechtlich geschütztes Material

barra por encima de las rodillas.

12. Arrancada de fuerza, con las piernas rectas, el torso inclinado.

13. Arrancada de fuerza, estando de pie sobre un bloque.

14. Arrancada de fuerza, seguido por una sentadilla por encima de la cabeza.

Grupo 4

15. Arrancada con sacudida, desde el suelo.

16. Arrancada con sacudida, comenzando con la barra por debajo de las rodillas.

17. Arrancada con sacudida, comenzando con la barra a la altura de las rodillas.

18. Arrancada con sacudida, comenzando con la barra por encima de las rodillas

19. Arrancada con sacudida, hasta el nivel de las rodillas.

20. Arrancada con sacudida, estando de pie sobre un bloque.

21. Arrancada con sacudida, hasta que las piernas estén rectas, y el torso inclinado hacia adelante.

22. Arrancada con sacudida con lentitud, seguido de una sacudida rápida.

23. Arrancada con sacudida hasta las rodillas, seguido de una arrancada con sacudida.

24. Arrancada con sacudida, lentamente, seguido por el descenso lento de la barra.

25. Arrancada con sacudida, junto con una arrancada con sacudida desde debajo de las rodillas, más una arrancada con sacudida desde por encima de las rodillas.

26. Arrancada con sacudida con paradas de 4 y 3 segundos (en el momento de la separación del suelo, a la altura de las rodillas, por encima de las rodillas, con los talones levantados).

27. Arrancada con sacudida, con cuatro paradas, se baja lentamente, seguido de una arrancada con sacudida rápida.

28. Arrancada con sacudida, seguido de una arrancada clásica..

Ejercicios de arrancada en dos tiempos

Grupo 5

29. Arrancada en dos tiempos clásica desde el suelo.

Grupo 6

30. Arrancada en dos tiempos comenzando con la bara por debajo de las rodillas.

31. Arrancada en dos tiempos comenzando con la barra al nivel de las rodillas.

32. Arrancada en dos tiempos comenzando con la barra por encima de las rodillas.

Grupo 7

33. Arrancada de fuerza desde el suelo.

34. Arrancada de fuerza comenzando con la barra por debajo de las rodillas.

35. Arrancada de fuerza comenzando con la barra a la altura de las rodillas.

36. Arrancada de fuerza comenzando con la barra por encima de las rodillas.

37. Arrancada de fuerza, sentadilla y envión.

38. Arrancada de fuerza, envión con empujón y sentadilla por encima de la cabeza.

39. Envión con empujón, despues de una arrancada de fuerza.

40. Envión con empujón se coge la barra del soporte.

41. Envión con empujón, seguido de un envión; se coge la barra del soporte.

42. Envión con empujón, desde por detrás de la cabeza, seguido de una sentadilla por encima de la cabeza.

43. Medio envión, seguido de un envión; se coge la barra del soporte.

44. Envión, se coge la barra del soporte.

45. Envión, desde por detrás de la cabeza.

46. Sentadilla, seguida de un envión por detrás de la cabeza.

47. Sendilla frontal, seguida de un envión.

Grupo 9

48. Cargada con sacudida desde el suelo.

49. Cargada con sacudida comenzando con la barra por debajo de las rodillas.

50. Cargada con sacudida comenzado con la barra al nivel de las rodillas.

51. Cargada con sacudida comenzado con la barra por encima de las rodillas.

Urheberrechtlich geschütztes Material

52. Cargada con sacudida a nivel de las rodillas.

53. Cargada con sacudida estando de pie en un bloque.

54. Cargada con sacudida, hasta que las piernas estén rectas.

55. Cargada con sacudida, primera sacudida lenta seguida de una segunda sacudida rápida.

56. Cargada con sacudida, sacudida normal hacia arriba, descenso lento de la barra.

57. Cargada con sacudida, lentamente hacia arriba.

58. Cargada con sacudida con cuatro paradas en la trayectoria ascendente.

59. Cargada con sacudida con cuatro paradas, seguidas de una cargada con sacudida completa y rápida.

60. Cargada con sacudida con un espaciado entre las manos.

61. Cargada con sacudida, a la altura de las rodillas, seguido de una cargada con sacudida completa.

62. Cargada con sacudida, seguido de una cargada con sentadilla.

Sentadillas

Grupo 10

63. Sentadilla tras nuca.

64. Sentadilla post nuca.

65. Sentadilla tras nuca, lentamente y levantando el peso rápidamente.

«Buenos días»

Grupo 11

66. Sacudida con una polea, agarre de arrancada.

67. Buenos días con las rodillas flexionadas.

68. Buenos días con las rodillas flexionadas, seguido de un salto vertical.

Press

Grupo 12

69. Press, con un agarre de cargada o ligeramente más amplio.

70. Press con empujón.

71. Press con empujón, seguido de una sentadilla por encima de la cabeza.

72. Press con empujón, tras nuca, seguido de una sentadilla por encima de la cabeza (agarre de cargada).

73. Press con empujón, tras nuca, espaciado de manos de arrancada, más una sentadilla por encima de la cabeza.

74. Press partiendo de una posición de arrancada con sentadilla, agarre de arrancada o de cargada amplio.

75. Press de banca, agarre de cargada.

Ejercicios de carga adicional

Grupo 13: Ejercicios para las piernas

76. Sentadillas tras nuca, con los talones levantados (de pie sobre la parte delantera de los pies).

77. Press de piernas, en una máquina de prensa de piernas.

78. Sentadillas, la barra de pesas sobre los hombros.

79. Sentadillas, la barra sobre el pecho.

80. Barra entre las piernas.

81. Salto vertical, comenzando con la barra por debajo de las rodillas, agarre de arrancada.

82. Salto horizontal.

Grupo 14: Ejercicios para la espalda

83. Hiperextensión, barra tras nuca.

84. Buenos días con las piernas estiradas.

85. Buenos días sentado en el suelo.

86. Buenos días sentado en un banco.

Grupo 15: Ejercicios para los brazos y la cintura escapular

87. Press tras nuca, con un agarre de arrancada.

88. Press tras nuca con un agarre de arrancada, más sentadilla por encima de la cabeza.

89. Press tras nuca manteniendo una posición de sentadilla, agarre de arrancada.

90. Press sentado.

91. Press en banca inclinada con barra de pesas.

92. Ejercicio de estiramiento (arrancada desde el suelo sin agacharse por debajo), con agarre de cargada.

93. Ejercicio de estiramiento, con agarre de arrancada.

Urheberrechtlich geschütztes Material

94. Ejercicio de estiramiento, con espaciado de manos de cargada, seguido de una sentadilla por encima de la cabeza.

95. Ejercicio de estiramiento, comenzando con la barra a nivel de las rodillas, con agarre de cargada.

96. Ejercicio de estiramiento, con la barra a nivel de las rodillas empleando un agarre sin posar los pulgares.

97. Ejercicio de estiramiento comenzando con la barra por encima de las rodillas, agarre de cargada.

98. Ejercicio de estiramiento comenzando con la barra por encima de las rodillas, agarre de arrancada.

99. Ejercicio de estiramiento, empezando con las piernas y el torso rectos, agarre de cargada.

100. Ejercicio de estiramiento, comenzando con las piernas y el torso rectos, agarre de arrancada.

Ejemplos de otros ejercicios con resistencia

Variaciones del press de banca

1. Press de banca, agarre de arrancada con barra de pesas.

2. Press de banca, agarre estrecho.

3. Press de banca, agarre de envión.

4. Press de banca, tocándose las manos.

5. Press de banca, comenzando en reposo desde el pecho (diferentes espaciados en el agarre).

6. Press de banca, con rebote en el fondo, la barra roza ligeramente el pecho.

7. Press de banca, lento hacia abajo, rápido hacia arriba.

8. Press de banca, lento hacia abajo y hacia arriba.

9. Press de banca rápido hacia abajo, rápido hacia arriba.

10. Press de banca, parte inferior del pecho.

11. Press de banca, parte media del pecho.

12. Press de banca, hasta las clavículas.

13. Press de banca, agarre invertido (las palmas hacia abajo).

14. Press de banca, agarre sin pulgares.

15. Press de banca, los codos cerca del cuerpo, los brazos giran lateralmente (todas las variaciones).

16. Press de banca, los codos giran lejos del cuerpo, los brazos giran medialmente (todas las variaciones).

17. Press de banca, amplitud limitada ente los puntos seriados en el press militar contra rack (barra de pesas, mancuernas, máquinas).

18. Press de banca, isométrico, presionando contra una barra fija en un punto seleccionado.

19. Press de banca, impulsión hacia arriba con paradas en el press militar contra rack, luego ejerciendo una presión isométrica.

20. Press de banca, repeticiones forzadas con un compañero que ayuda en el punto de tensión máxima.

21. Press de banca, repeticiones continuadas sin descanso arriba o abajo.

22. Press de banca, poniendo la barra en el soporte entre cada repetición.

23. Press de banca, sólo excéntrico (levantada la barra por un compañero).

24. Press de banca, sólo concéntrico (bajada la barra por un compañero).

25. Press de banca, los pies en la banca (todas las variaciones).

26. Press de banca, desde distintos puntos iniciales en plintos.

27. Press de banca, se quita la carga en un punto seleccionado.

28. Press de banca, empuje pliométrico en un punto dado contra una carga ligera.

29. Press de banca, empleando una máquina convencional (con todas las variaciones anteriores).

30. Press de banca, empleando una máquina de resistencia variable.

31. Press de banca, aguantando la barra en distintos estadios del camino hacia arriba o hacia abajo o en ambas direcciones.

32. Press de banca con mancuernas (con todas las viariaciones anteriores).

33. Press de banca con mancuernas, las mancuernas giran de camino hacia arriba y hacia abajo.

34. Press de banca sentado (pecho), empleando una máquina (todas las variaciones).

Urheberrechtlich geschütztes Material

35. Press de banca, sobre una banca declinada (todas las variaciones).

36. Press de banca, sobre una banca inclinada (todas las variaciones).

Variaciones de las sentadillas

1. Sentadillas tras nuca de halterofilia (sentadillas completas, la barra alta sobre los hombros, el torso bastante erecto).

2. Sentadillas tras nuca de powerlifting (medias sentadilla), la barra baja sobre los hombros, abertura amplia entre los pies, las nalgas se impulsan hacia atrás.

3. Sentadillas post nuca.

4. Sentadillas tras nuca (halterofilia o powerlifting), los talones levantados sobre el tablón.

5. Sentadillas tras nuca (halterofilia o powerlifting), sobre los dedos de los pies sobre el tablón.

6. Sentadillas tras nuca (halterofilia o powerlifting), amplitud reducida entre los pies.

7. Sentadillas tras nuca (halterofilia o powerlifting), los pies paralelos.

8. Sentadillas tras nuca (halterofilia o powerlifting), los pies giran hacia atrás.

9. Sentadillas tras nuca (halterofilia o powerlifting), lentas hacia abajo, rápidas hacia arriba.

10. Sentadillas tras nuca (halterofilia o powerlifting), rápidas hacia abajo, lentas hacia arriba.

11. Sentadillas tras nuca (halterofilia o powerlifting), continuadas sin parar arriba o abajo.

12. Sentadillas tras nuca (halterofilia o powerlifting), colocando la barra en el soporte entre cada repetición.

13. Sentadillas tras nuca (halterofilia o powerlifting), seguida de un impulso sobre los dedos de los pies.

14. Sentadillas tras nuca (halterofilia o powerlifting), sólo concéntricas, la barra es bajada por un compañero.

15. Sentadillas tras nuca (halterofilia o powerlifting), sólo excéntricas, la barra es levantada por un compañero.

16. Sentadillas tras nuca (halterofilia o powerlifting), desde distintas posiciones iniciales.

17. Sentadillas tras nuca (halterofilia o powerlifting), impulso hacia arriba para ejercer una fuerza isométrica con paradas en el press militar contra rack.

18. Sentadillas tras nuca (halterofilia o powerlifting), amplitud limitada entre los dos niveles de series en el press militar contra rack.

19. Sentadillas tras nuca (halterofilia o powerlifting), repeticiones forzadas ayudando un compañero en el punto de tensión máxima.

20. Sentadillas tras nuca, la barra se mantiene por encima de la cabeza con un agarre de arrancada.

21. Sentadillas con impulsos de cadera, hacia adelante con rapidez y basculando sobre los dedos de los pies al final de las sentadillas.

22. Sentadillas con cuclillas, la barra se sostiene con un agarre de arrancada, envión por encima del a cabeza mientras el cuerpo se pone de cuclillas.

23. Sentadillas, parte de la amplitud de movimiento en una máquina de gemelos, terminando con elevaciones de gemelos.

24. Sentadillas, de pie en una banca, el peso sostenido entre las piernas, suspendido de las caderas.

25. Sentadillas, equilibrándose sobre el antepié durante todo el movimiento.

26. Sentadillas, de pie sobre una barra de equilibrio, carga ligera o moderada.

27. Sentadillas sobre una pierna, con mancuernas

28. Sentadillas, empleando máquinas (todas las variaciones).

29. Sentadillas tras nuca (halterofilia o powerlifting), se quita la carga o se libera en un punto específico.

30. Sentadillas de halterofilia, con press levantando la barra posada en los hombros al final de las sentadillas.

31. Sentadillas de halterofilia, con envión levantando la barra posada en los hombros al final de las sentadillas.

32. Sentadillas, seguidas de un salto con una mancuerna en cada mano, se tiran las mancuernas antes de tocar suelo.

Urheberrechtlich geschütztes Material

hallar un nivel de esfuerzo óptimo y emplear la energía de adaptación con un ritmo y en una dirección ajustados a la estructura innata del cuerpo y la mente. No es fácil [... Cuesta mucha práctica y un autoanálisis casi constante» (Selye, 1956). Esta afirmación resume lo que constituye un programa de entrenamiento eficaz, una secuencia cuidadosamente diseñada de esfuerzos físicos y mentales en sesiones de acondicionamiento dadas, donde el estado del deportista se monitoriza constantemente y se planifica la recuperación de forma y con un ritmo apropiado al nivel actual de esfuerzo.

Hablando en términos del modelo bifactorial (forma física-cansancio) de entrenamiento (ver cap. 1), parece claro que hay que monitorizar los efectos negativos del cansancio junto con los aumentos positivos en la forma física obtenidos con el entrenamiento a corto y largo plazo. Ésta es una de las razones por las que se ha puesto gran énfasis con anterioridad (cap. 6) en monitorizar los efectos de los distintos medios y cargas sobre los indicadores funcionales y los resultados deportivos. En este contexto, es necesario recordar que la preparación es el resultado de la suma de los efectos retardados y opuestos de la forma física y el cansancio (ver cap. 1).

RECUPERACIÓN Y TRATAMIENTO DEL ESFUERZO

La recuperación forma parte integral del entrenamiento y la práctica generales, por lo que debe aplicarse teniendo siempre presentes los objetivos a corto y largo plazo. Los programas de entrenamiento global alternan distintas técnicas de entrenamiento con medios de recuperación adecuados. La individualización del enfoque es vital como la variación, aunque no sólo por esta razón. La recuperación completa a veces no es deseable y algunos expertos rusos hacen hincapié en la importancia de entrenar periódicamente sobre la base de la falta de recuperación (Siff y Yessis, 1992).

El empleo inmediato de medios artificiales que faciliten la recuperación puede debilitar la capacidad natural del cuerpo para recuperarse y mejorar la supercompensación. Los masajes no son suficientes; las saunas no mejoran esta perspectiva; la reflexología es limitada; todas las modalidades individuales son insuficientes para garantizar una recuperación óptima en el deporte moderno. Con el empleo prolongado de cualquier medio de recuperación, disminuye el efecto de recuperación, por lo que los expertos rusos suelen recomendar no aplicar los mismos medios de recuperación una o dos veces por semana en la misma forma. Consideran que al aplicar procedimientos de efecto local, lo aconsejable es dejar un día de descanso tras dos días de aplicación. En concreto, el cuerpo se adapta con mayor rapidez a un medio de recuperación de efecto local que a un medio de recuperación general (Siff y Yessis, 1992).

Las revistas deportivas y de culturismo de Occidente suelen repetir que los deportistas rusos y de la Europa del Este se entrenan hasta cinco veces al día. Se citan los resultados de los programas de entrenamiento «soviéticos» y los deportistas occidentales los siguen muchas veces al pie de la letra, prestando poca atención a los contenidos y a la estructura de las fases entre ejercicios y sesiones de entrenamiento. De ahí que haya una tendencia a desarrollar una acción constante, sin que se aprecie la importancia de los episodios con un objetivo de inacción, conocidos y formalizados durante miles de años por los sabios indios y chinos.

Todo método de meditación o hipnosis es calificado como peligroso por aquellos que no conocen su naturaleza. Gran parte de los análisis científicos innovadores de estas disciplinas del Este han sido desarrollados por investigadores occidentales, pero de alguna forma sus métodos pocas veces se han aplicado al deporte, en parte por el sambenito que siguen colgándoles los tradicionalistas. Estas técnicas han sido adoptadas con eficacia por los rusos, a pesar de que hayan sido conocidas por pertenecer a todos los pueblos primitivos del mundo. Hasta hace

Urheberrechtlich geschütztes Material

TABLA 8.3 *Comparación sintomática de los tipos A y B de sobreentrenamiento.*

Variables	Sobreentrenamiento A	Sobreentrenamiento B
1. Tensión arterial	Aumento diastólico por encima de 100 mm Hg durante y después del esfuerzo físico	Ligero aumento
2. Coordinación	Empeora	Empeora, con aumento del tiempo de reacción
3. Masa corporal	Normal	Disminuye
4. Resistencia	Ligero aumento del cansancio	Tendencia a cansarse con facilidad
5. Necesidad de dormir	No aumenta	Aumenta
6. Pulso en reposo	Lento	Rápido
7. Temperatura corporal	Normal	Ligero aumento
8. Apetito	Normal	Disminuye
9. Metabolismo	Normal	Alterado, aumento de la tendencia a sudar; aumento anormal de la frecuencia respiratoria al hacer esfuerzo
10. Sensibilidad dolorosa muscular general	Poca o ninguna	De media a pronunciada, con tendencia a sufrir rigidez y dolores musculares
11. Resistencia general	Normal	Tendencia a padecer cefaleas, resfriados, fiebre, ampollas, recuperación prolongada
12. Tiempo de recuperación	Normal o con un ligero aumento	Aumenta
13. Cambios psicológicos	Ninguno, ligero pérdida de la motivación	Nerviosismo, motivación escasa, inquietud, posibles depresiones

poco, la ciencia consideraba estas artes milenarias como fenómenos supersticiosos carentes de valor, y la adaptación que de estos métodos han hecho los practicantes occidentales de la Nueva Era o los terapeutas alternativos suelen convertirlas en objeto de burla.

Está claro que muchas de estas técnicas funcionan porque son placebos que hacen que sus usuarios crean en ellas. Sin embargo, ésta es de por sí una buena razón para no despreciarlas. Si la mente puede centrarse por medio de un concepto estúpido o ilógico y el deportista logra hazañas poco corrientes en el rendimiento o la recuperación, entonces es muy importante descubrir los principios fisiológicos subyacentes que hacen del efecto placebo (o «factor de la fe») algo tan poderoso. Los placebos producen efectos positivos o negativos; es tarea de la ciencia examinar cuidadosamente si son útiles o peligrosos.

El efecto placebo también puede confundir la validez de muchas técnicas de recuperación, que no funcionan por poseer méritos especiales, sino porque el practicante persuade al deportista de su valor. Por tanto, hallaremos que un terapeuta jura que la aromaterapia aplicada con cierta fragancia es útil, mientras que otro afirma lo contrario. Otro alabará las virtudes del masaje transverso profundo para lograr clientes, mientras que otro tendrá el mismo éxito con el masaje terapéutico. Virtualmente toda afirmación de un terapeuta masajista se enfrentará con la de otro «experto». El mundo de la terapéutica está lleno de afirmaciones y réplicas sobre la eficacia de remedios específicos, en gran medida porque la curación física y mental están unidas inextricablemente. A menudo, no se puede separar la terapia del terapeuta, porque la terapia muchas veces tiene éxito debido al entendimiento entre el terapeuta y el

cliente. Esto precisamente es lo que hace tan difíciles las investigaciones científicas, porque hay que tener muchísimo cuidado al seleccionar los grupos experimentales y de control y hay que excluir en lo posible todos los factores de confusión como el efecto placebo y la interacción humana. Sin embargo, en la recuperación deportiva este conocimiento tiene gran importancia. El entendimiento entre el cuidador y el deportista es vital para el éxito de la terapia o, dicho de otro modo, la confianza depositada por el deportista en el cuidador y la terapia aplicada por éste (y en ocasiones una fuerza externa, según cuál sea el sistema de creencias) constituyen parte integral de una recuperación con éxito.

Al integrar las investigaciones y la práctica como parte de un sistema de entrenamiento de gran éxito, los rusos suelen reconocer tres clases de recuperación (Siff y Yessis, 1992):

- Recuperación pedagógica (entrenador), que emplea programas cuidadosamente periodizados para optimizar el equilibrio entre el esfuerzo desarrollado en el entrenamiento y los procesos de recuperación natural. En esta categoría se incluyen tanto los entrenamientos combinados, conocidos en Occidente como «cross training», como el reposo activo. También las actividades cíclicas de baja intensidad, rítmicas o cardiovasculares son muy útiles para favorecer la recuperación después de sesiones de entrenamiento intensas. La organización del entrenamiento en microciclos, mesociclos y macrociclos, junto con un periodo preparatorio dividido en la preparación física general y la preparación física especial, se realiza específicamente para favorecer la supercompensación mediante fases adecuadas de carga, y regímenes de recuperación (ver cap. 6). El empleo de otras fases intermedias como la estabilización, la transición y la conversión forman parte de este programa.
- Recuperación médico-biológica, que cubre un amplio espectro de medidas terapéuticas ofrecidas por médicos y fisiologos. A veces, esta categoría se subdivide en medidas fisioterapéuticas y medidas farmacológicas, e incluye masajes, digitopuntura, terapias tecnológicas y fototerapia. Algunos investigadores subdividen las medidas físicas en medidas naturales (p. ej., masajes, duchas, calor, luz solar y entrenamiento en el bosque) y medidas adicionales (electroestimulación, diatermia, acupuntura, ultrasonidos y cámaras de presión). De forma parecida, los medios farmacológicos se pueden subdividir en medios naturales y medios sintéticos.
- Recuperación psicológica, que consiste en dirigir el estado mental. Las técnicas incluyen la hipnosis, la autohipnosis, la autosugestión, la autogenia, la visualización, la relajación progresiva, la imaginación guiada, la terapia musical y las técnicas de aprendizaje. Algunas de estas técnicas se basan en el empleo de aparatos electrónicos como las máquinas de retroalimentación, la terapia musical, los aparatos electrodérmicos y los juegos de ordenador. El sistema de recuperación ruso reconoce la especificidad de cada técnica o secuencia de técnicas en un deporte concreto, en una fase del entrenamiento, en cada deportista, hora del día, tipo de esfuerzo o tipo de forma física. Se aplican técnicas distintas antes, durante, poco después y mucho después del entrenamiento o la competición. Se hacen registros meticulosos que reflejan las variaciones diarias en el estado físico y psicológico, proceso que implica una estrecha cooperación entre deportistas, entrenadores y terapeutas. A menudo se anima al deportista a depender del terapeuta y a aprender procedimientos de autorrecuperación (Siff y Yessis, 1992).

No es raro que los deportistas rusos de élite se sometan a más de una hora de recuperación diaria, en donde se hace una alternancia regular de méto-

Urheberrechtlich geschütztes Material

TABLA 8.4 *Funciones afectadas por el esfuerzo fisiológico y psicológico.*

Frecuencia cardiaca	Digestión, acidez gástrica
Tensión arterial	Secreción endocrina
Tensión muscular	Respuesta inmune
Irritabilidad muscular	Control motor preciso
Umbral de dolor	Tiempo de reacción
Ritmos cerebrales	Posturas
Patrones respiratorios	Tamaño de las pupilas (de los ojos)
Patrones del sueño	Irritabilidad general, humor, estabilidad
Temperatura corporal	Reparación y crecimiento tisular
Concentración y estado de alerta	Secreción de opiáceos endógenos

dos individualizados y un entrenamiento periódico superpuesto a un estado de recuperación. Se establece una distinción clara entre la recuperación y la rehabilitación. La recuperación forma parte integral del programa de entrenamiento global, planificado para ajustarse a los periodos más eficaces o apropiados del entrenamiento. La rehabilitación comprende la recuperación de un deportista lesionado hasta que recobra su capacidad funcional completa. Muy a menudo, la necesidad de someterse a una terapia de rehabilitación es consecuencia de una recuperación inadecuada, sobre todo de una recuperación pedagógica imperfecta; p. ej., un programa de entrenamiento que genera sobreentrenamiento. Aunque se producen accidentes que en gran medida escapan al control de los deportistas, la esencia del entrenamiento es obtener un rendimiento máximo y minimizar las lesiones, el dolor o la sensibilidad dolorosa.

El esfuerzo y las medidas de recuperación

En la tabla 8.3 se identificaban algunos de los síntomas del sobreentrenamiento. Estos síntomas reflejan una serie de cambios experimentados por el cuerpo como respuesta a un esfuerzo excesivo. Por lo general, el esfuerzo produce efectos agudos (a corto plazo) y crónicos (a largo plazo) sobre variables que incluyen las que se enumeran en la tabla 8.4. Hay muchas pruebas estándar y maneras de observar la mayoría de los indicadores del esfuerzo; la preparación general del deportista exige la aplicación regular y apropiada de intervenciones para la recuperación.

Aplicación de medidas de recuperación

La aplicación de medidas de recuperación o técnicas para el tratamiento del estrés, al igual que cualquier otra terapia, debe hacerse conociendo las siguientes características de la prescripción terapéutica:

- indicaciones;
- contraindicaciones;
- efectos;
- efectos secundarios;
- dosis;
- indicaciones para el uso;
- precauciones especiales;
- síntomas de un uso indebido;
- tratamiento de un uso indebido;
- dependencia de la terapia.

Al tratar el estrés, sea éste causado por un deporte o por la vida diaria, es importante analizar el efecto de los siguientes elementos sobre el paciente:

- percepción del esfuerzo y sus efectos;
- actitud ante el esfuerzo;
- entradas sensoriales relacionadas con el esfuerzo;
- actividad motriz y su efecto sobre el esfuerzo;
- respuesta del cuerpo y la mente ante el esfuerzo;
- jerarquías de distintos esfuerzos que actúan en cualquier momento;
- intensidad o calidad del esfuerzo;

Urheberrechtlich geschütztes Material

TABLA 8.5 *Categorías de los distintos medios de recuperación en el deporte y el ejercicio.*

Medios físicos	Medios médicos	Medios psicológicos
Pasivos Activos Combinados	Farmacológicos Psiquiátricos Quirúrgicos Nutricionales Combinados	Administrados por terapeutas Autoadministrados combinados

- volumen o cantidad del esfuerzo;
- densidad o concentración de esfuerzos en un momento;
- duración del esfuerzo;
- comienzo del esfuerzo.

Una vez que se han seguido estas pautas, es útil examinar cuidadosamente los siguientes factores antes de emprender cualquier tipo de terapia:

- tipos de terapia;
- propósito de la terapia;
- personas;
- practicante;
- lugar;
- periodo;
- dolor/placer.

Luego hay que plantearse las siguientes preguntas: ¿Es...

- apropiado?;
- eficaz?;
- suficiente?;
- seguro;
- placentero?

Una vez que se ha aplicado esta lista, hay que seleccionar los medios y métodos de recuperación apropiados para una persona concreta en un momento dado. Es importante apreciar la distinción entre los medios y métodos de recuperación, porque estos conceptos a menudo se confunden o se emplean de forma intercambiable. Los medios se refieren al tipo general y amplio de medidas de recuperación (p. ej., masajes), mientras que el método alude a la técnica específica elegida (p. ej., amasamientos) que entra dentro de ese medio. Dicho de otro modo, cada medio comprende muchos métodos distintos cada uno con sus propias técnicas y variaciones de técnicas.

Medios de recuperación

Como ya se trató con anterioridad, los rusos reconocen las siguientes amplias categorías entre los medios de recuperación:

- pedagógicos/del entrenador;
- biológicos/médicos;
- psicológicos.

La metodología pedagógica/del entrenador/del entrenamiento y los principios de la periodización que subyacen en toda preparación deportiva con éxito están fuera del alcance de este libro. El lector que esté implicado directamente en todo el proceso del entrenamiento, debe familiarizarse con los libros rusos que cubren estos temas en detalle porque complementan el material ofrecido aquí. Los medios principales de recuperación (distintos de los pedagógicos) se incluyen en las siguientes categorías:

- medios físicos;
- médios médicos;
- medios psicológicos.

Estas categorías se pueden subdividir aún más como se aprecia en la tabla 8.5, si bien esta categorización no debe considerarse definitiva o exclusiva. Por ejemplo, también se pueden reconocer medios fisioterapéuticos, aunque esta disciplina se

Urheberrechtlich geschütztes Material

TABLA 8.6 *Medios físicos de la recuperación.*

Medios físicos pasivos	Medios físicos activos
Masajes clásicos	FNP (medios neuromusculares)
FNP (medios neuromusculares)	Automasajes (activos/pasivos)
Masajes de los puntos gatillo miofasciales	Estiramientos
Digitopuntura/shiatsu	Actividad física
Hidroterapia	Deportes recreativos
Técnicas de estiramiento	Trabajos manuales
Flotación	Danza
Aromaterapia	Juegos
Tacto terapéutico	Realineamiento postural
Tecnología electrónica	Regímenes respiratorios
Laserterapia	Relajación progresiva
Máquinas pasivas	Tai Chi
Vibromasajes	Yoga
Baroterapia (presión)	
Balneoterapia (baños)	
Reflexología	
Aromaterapia	

considere parte de los medios médicos. También incluye los medios activos, los medios físicos y otros, por lo que ésta y otras especializaciones profesionales no han sido etiquetadas como medios únicos restringidos. Se podrían ofrecer categorías incluso más detalladas de cada medio, como se resume en las secciones siguientes.

Algunos de los medios físicos principales de recuperación aparecen enumerados en la tabla 8.6, mientras que los medios principales de recuperación psicológica aparecen en la tabla 8.7. Después de una selección cuidadosa para ajustarse al deportista y a la situación, será un terapeuta o el mismo deportista quien se lo administre, tras haber aprendido la técnica de un entrenador o un terapeuta experimentados.

Antes de emplear cualquiera de estos medios de recuperación enumerados u otros diferentes, es importantísimo considerar el historial y las actitudes del deportista, porque estos factores tienen un profundo efecto sobre la eficacia de cualquier régimen. Puesto que estamos tratando con la mente humana, nunca hemos de centrarnos por completo y solamente en los temas físicos, porque hay estados mentales subsconscientes, emocionales y poderosos no reconocidos, como el efecto placebo, que pueden retrasar o favorecer la recuperación del proceso de entrenamiento.

La popularidad de los masajes exige que se aporten más detalles sobre sus distintos métodos (tabla 8.8).

Métodos de masaje

Al aplicar los masajes se presentan muchas otras variables que hay que tener en cuenta, como las que aparecen detalladas en la siguiente tabla 8.9.

Variables del masaje

El punto de contacto de los masajes tiene especial importancia. Se aplican masajes con muchas partes del cuerpo, incluidas las manos, los nudillos, codos, pies o talones. Las manos y los dedos también se emplean en multitud de formas, principalmente con las palmas, las yemas de los dedos, los nudillos de las falanges, los nudillos de la mano, amasamientos con las dos manos, con el canto de la mano, con los pulpejos de los dedos, con el pulgar, con el pulpejo del pulgar, con tijeras entre el pulgar y los otros dedos y con los puños. Aunque se emplean los pies o partes de los pies en Oriente, no se suelen usar en Occidente, sobre todo por la percepción del paciente y por nuestro concepto particular del profesionalismo.

El modo en que se practican los movimientos

Urheberrechtlich geschütztes Material

TABLA 8.9 *Principales variables en la aplicación de masajes.*

Medios	Duración
Métodos	Tempo
Aparatos	Medio ambiente
Contacto con la mano u otro medio para masajear	Estado psicológico
Profundidad	Dirección
Frecuencia	Intervalos de descanso
Presión	Terapeuta: características personales
Lubricantes	Cliente: características personales
Posición	Variación
	Ética, intimidad, respeto

indicadores básicos no son otros que la mejora del rendimiento y la reducción del número de lesiones.

Finalmente, todas las formas de recuperación deben respetar un código de conducta profesional que asegure que los clientes reciben un tipo de terapia que sin duda mejora su calidad de vida y tiene en cuenta factores y necesidades humanos como la intimidad, la confianza, la higiene, el recato, la integridad, la dignidad, el respeto y la educación.

El practicante siempre debe ser consciente de cualquier limitación personal que tenga y ser lo bastante profesional como para pedir ayuda a alguien que esté mejor preparado en ciertos campos. Esto nunca rebaja la integridad o el estatus propio; al contrario, mejora el profesionalismo en conjunto y su credibilidad.

EMPLEO DE PRUEBAS

El empleo de pruebas adecuadas ya ha sido mencionado a lo largo de todo el libro, un empleo basado en el conocimiento de las diferencias entre las pruebas de laboratorio sobre la capacidad de trabajo y las pruebas de campo funcionales sobre la forma física o el nivel de preparación (ver cap. 1). También se ha aclarado que la prueba más específica de todas es el rendimiento en las pruebas deportivas reales. Todas las otras pruebas tienen un grado distinto de correlación con el rendimiento o acciones seleccionadas del deporte practicado.

Es importante resumir lo que nuestro colega canadiense el doctor Duncan McDougall ha dicho sobre el valor de las pruebas adecuadas y bien planificadas (McDougall y otros, 1982):

1. Identifican los puntos fuertes y débiles a nivel individual y se proporcionan datos para determinar la línea principal de los programas de entrenamiento.

2. Proporcionan retroalimentación sobre la eficacia de los programas de entrenamiento.

3. Proporcionan información sobre el estado de salud del deportista.

4. Proporcionan un proceso educativo que enseña a los deportistas a conocer de forma más competente las exigencias del deporte que practican.

Es igualmente importante prestar atención a sus afirmaciones sobre el alcance y las limitaciones de las pruebas, porque suelen ser ignoradas por los científicos del deporte cuyo principal papel parece ser más la publicación de investigaciones que la aplicación práctica de los datos:

«Las pruebas de laboratorio no son una herramienta mágica para predecir quiénes serán los futuros medallistas de oro. Presentan arduas limitaciones para identificar potenciales talentos porque los científicos siguen sin saber cómo determinar los "límites genéticos" y, por tanto, siguen sin poder predecir el potencial. Por ejemplo, el recurso de las biopsias musculares para calcular el tipo de fibra muscular y así predecir el rendimiento, la resistencia o la potencia es muy cuestionable...

«El rendimiento total de cualquier deportista es un compuesto formado por muy distintos factores de los cuales la función fisiológica es sólo uno. Por tanto, es poco aconsejable intentar predecir el rendimiento con una sola prueba fisiológica o con una batería de tests psicológicos, sobre todo en deportes en los que los componentes técnicos, tácticos y psicológicos pueden relegar la fisiología a un pues-

Urheberrechtlich geschütztes Material

to secundario. De forma parecida, a la hora de seleccionar a deportistas para la competición o para integrarse en equipos, los tests psicológicos sólo aportan información obtenible en pruebas reales o en las observaciones de campo.»

Además, McDougall ha identificado siete características que debe poseer todo programa eficaz de pruebas (McDougall y otros, 1982):

1. Las variables que se prueban deben ser directamente relevantes para el deporte que se practica.

2. Las pruebas deben ser válidas, fiables y reproducibles.

3. Los procedimientos de la prueba deben ser tan específicos del deporte como sea posible.

4. La situación de la prueba debe ser controlada estrechamente.

5. La prueba tiene que repetirse con intervalos regulares y apropiados.

6. Los pruebas deben respetar los derechos humanos de los deportistas (incluyendo aspectos éticos, íntimos y riesgos).

7. Los resutados deben interpretarse con un lenguaje comprensible para deportistas y entrenadores.

No se trata aquí de volver a repetir lo que ya han dicho distintas autoridades sobre las pruebas de campo. En vez de eso, animamos al lector a consultar libros como los de McDougall y sus colegas para conocer más detalles de los tipos más corrientes de pruebas deportivas (McDougall y otros, 1982). Sólo deseamos proporcionar información que no está disponible en este momento.

TABLA 8.10 *Contraindicaciones para la aplicación de masajes.*

Tejidos rotos o sangrantes
Tejidos inflamados, magullados o hinchados
Esguinces, distensiones, desgarros tisulares
Venas varicosas
Regiones doloridas o hipersensibles
Flebitis (inflamación de venas)
Trombosis (coágulos)
Hinchazones, bultos, lunares, verrugas
Fracturas
Artritis con inflamación
Área del estómago durante el embarazo
Área del estómago con náuseas, vómitos, diarrea, trastornos gástricos
Tejidos con hemorragia
Ictericia
Masajes en los muslos, caderas y glúteos durante la menstruación
Dermatitis, urticarias o irritaciones o alergias en la piel
Enfermedades contagiosas
Tejidos malignos

La prueba del salto vertical

Esta prueba tan conocida se aplica de varias formas. Siempre es necesario que el deportista salte sin carrerilla agachándose para coger impulso y toque un aparato de medición con su mano dominante. Si recordamos la especificidad del entrenamiento, es importante señalar que los resultados de esta prueba establecen una correlación con condiciones que son muy parecidas a las de la prueba. Por tanto, es útil repetir la prueba con la mano no dominante o en un plano frontal empleando el deportista las dos manos para alcanzar la meta.

Además, hay varias condiciones iniciales distintas a la hora de ejecutar esta prueba:

1. Comenzar estáticamente con las rodillas en una posición flexionada sin balancear los brazos.

2. Comenzar estáticamente con las rodillas en una posición flexionada balanceando los brazos.

3. Comenzar estáticamente con las rodillas en una posición flexionada óptima sin balancear los brazos.

4. Comenzar estáticamente con las rodillas en una posición flexionada óptima balanceando los brazos.

La principal diferencia entre los dos primeros métodos estriba en que la intención de saltar sin

Urheberrechtlich geschütztes Material

TABLA 8.11 *Parámetros de la fase de envión de la arrancada en dos tiempos olímpica (Vorobyev, 1978).*

Peso de la barra (kg)	Duración del agachamiento (seg)	Profundidad del agachamiento (cm)	Duración de la pausa en el agachamiento (seg)	Duración del envión (seg)
120-140	0,15-0.20	5- 8	0,00-0,15	0,15-0.20
160-180	0,20-0.30	8-10	0,00-0,20	0,20-0.25
200-220	0,40-0.50	10-15	0,00-0,25	0,25-0.35

balancear los brazos se centra sobre todo en el papel desempeñado por la extensión de las extremidades inferiores y el tronco, sin que los datos resulten confundidos con el uso del impulso de los brazos. La diferencia principal entre los inicios estático y dinámico se reduce a la ausencia de un agachamiento inicial brusco para centrarse más en la fuerza inicial y en el papel desempeñado por el componente contráctil (actina-miosina) del complejo muscular, en vez de en la acción con rebote, más pliométrica, que resulta de agacharse. Esto a veces sirve para ayudar a determinar si un deportista necesita más entrenamiento de fuerza (o hipertrofia funcional) o más pliometría y entrenamiento del sistema nervioso.

TABLA 8-12 *Comienzo dinámico medio en el salto vertical de los halterófilos olímpicos (Vorobyev, 1978).*

Clase de los levantadores	Salto vertical (cm)
Principiante	57,3
Clase III	58,1
Clase II	65,3
Clase I	67,8
Maestría deportiva	72,3
Élite	85,5

También es útil realizar pruebas estáticas partiendo de distintos ángulos iniciales con las rodillas flexionadas para obtener un perfil de las características individuales de los saltos. Por ejemplo, si el salto vertical máximo se consigue con un ángulo articular grande, que se asocia con un tiempo de salto general más lento desde el comienzo hasta el final de la acción, entonces está claro que el deportista tiene que concentrarse en modificar su ritmo y velocidad de producción de fuerza máxima.

En la tabla 8.11 aparecen unas pautas sobre la profundidad de los agachamientos con las rodillas cargadas. Esto muestra que el agachamiento es más profundo con cargas o personas más pesadas y que en todos los casos la pausa invertida en agacharse no debe durar más de 0,25 segundos. En ello radica la ventaja de realizar movimientos de envión o envión contra el rack con distintos pesos como una forma de entrenamiento pliométrico suplementario. Después de todo, el entrenamiento pliométrico tiene poco valor si no logra mejorar la fuerza explosiva o la potencia dentro de los límites requeridos para una actividad dada. El empleo de ejercicios que no guardan una correlación estrecha con las necesidades funcionales de un deporte dado constituyen uno de los errores más frecuentes en el entrenamiento pliométrico popular.

Dentro del contexto de la investigación anterior, es importante señalar que las mediciones se llevaron a cabo con el empleo de la barra de levantamientos olímpicos, por

Urheberrechtlich geschütztes Material

lo que los valores de los parámetros durante la pausa y la fase de envión diferirán de los obtenidos con otras barras de entrenamiento. Se ha hallado que la interacción óptima entre la barra y el levantador se produce cuando la frecuencia de oscilación de la barra dobla la del movimiento del levantador (Vorobyev, 1978).

En la tabla 8.12 aparecen pautas sobre la altura del salto vertical entre los distintos niveles de levantadores de competición. Los resultados individuales de algunos deportistas son dignos de notar. El antiguo récordman mundial Valery Brumel consiguió un mejor salto vertical de 102 cm. a pesar de su enorme masa corporal. Dicho de otro modo, estos competidores realizaron saltos verticales absolutos excepcionales, realizaron saltos verticales relativos excelentes (altura por unidad de masa corporal) y mostraron gran potencia en las piernas.

Ratios (relaciones) de fuerza muscular

Algunas pruebas examinan la fuerza de ciertos grupos musculares «agonistas-antagonistas» emparejados en un intento por identificar posibles desequilibrios musculares, siendo la más mencionada la relación 60:40 de la fuerza de extensión de rodilla respecto a la fuerza de flexión (p. ej., los músculos extensores son 1,5 veces más fuertes que los músculos flexores). Las limitaciones relacionadas con este tipo de medición ya se han tratado con anterioridad (cap. 4). Sólo queda añadir que estas relaciones no sólo varían con el ángulo articular, la velocidad articular y el tipo de movimiento, sino también según cuál sea el grupo muscular y el tipo de deportista del que se trate. Por ejemplo, la fuerza isométrica relativa (por 1 kg. de masa corporal) de los músculos extensores más grandes de los halterófilos olímpicos es 11,51 + 1,78, y para los músculos flexores principales es 4,02 + 0,69 (Vorobyev, 1978). Por lo general, los músculos extensores principales de estos deportistas se muestran 2,86 veces (media) más fuertes que los músculos flexores principales, cifra que es muy distinta del valor isocinético 1,5 citado por los fisioterapeutas deportivos respecto a las personas normales (sea cual sea esta entidad).

La fuerza relativa máxima de los músculos extensores respecto a los flexores entre los mejores halterófilos rusos es la siguiente: brazos 1,6:1; tronco 4,3:1; muslos 4,3:1; piernas 5,4:1. La aplicación de estos datos en el deporte o en la rehabilitación es incompleta y debe acompañarse del perfil de la fuerza producida en cada uno de los ángulos articulares más importantes de un deporte concreto, según el principio de la correspondencia dinámica, sobre todo en la región donde se acentúe la producción de fuerza (cap. 4).

PRINCIPIOS DE LA SEGURIDAD EN EL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA

El diseño de cualquier programa de ejercicios estará incompleto si no se presta especial atención a todos los aspectos relacionados con la seguridad en el entrenamiento, incluyendo la seguridad de los medios y métodos de entrenamiento, los ejercicios individuales, la combinación de ejercicios, la intensidad y volumen de los ejercicios, la regulación de las cargas de entrenamiento y los periodos de recuperación (entre repeticiones, series y sesiones). El valor de cualquier programa de entrenamiento es de escaso valor si provoca lesiones entre los deportistas. Las lesiones pueden tener su origen en accidentes o en un problema de sobreentrenamiento. El primer caso suele depender de factores que están fuera del control del deportista y son peligros que surgen de forma inesperada en el contexto o a través de las acciones de otros competidores. Sin embargo, la preparación física, un análisis inteligente de la situación, el entrenamiento de la capacidad de reacción, la interpretación eficaz de la retroalimentación de las acciones de otros jugadores o del medio ambiente, así como una buena anticipación pueden ser valiosísimos para reducir los riesgos de accidente.

Urheberrechtlich geschütztes Material

El sobreentrenamiento es un proceso totalmente controlable por el deportista y éste debe evitarlo mediante el reconocimiento de sus dos manifestaciones:

- Sobreuso o imposición de una carga excesiva respecto a la duración o al volumen.
- Sobrecarga o imposición de una carga excesivamente pesada o gran intensidad en el ejercicio.

Ambos tipos de sobreentrenamiento se pueden evitar si el deportista se acuerda de planificar, registrar y monitorizar el volumen (repeticiones, series y periodos de descanso en el entrenamiento con resistencia; duración y distancia en las carreras y otras actividades cíclicas) y la intensidad (máximo peso usado; tiempo o velocidad de carrera, etc.).

Las causas biomecánicas generales de las lesiones se resumen de la forma siguiente:

1. El componente de fuerza o tensión (fuerza por área de unidad tisular) de alguna parte del cuerpo es excesivo en una dirección concreta.

2. El momento o impulso sobre cierto pivote o articulación son excesivos.

3. El impulso es demasiado grande para emplearse o disiparse de forma adecuada.

4. La carga o la energía de trabajo implicada en un periodo dado son excesivas.

5. La potencia generada por los músculos es excesiva en un momento dado.

6. La tensión (cambio en la fuerza relativa, L/L) en los tejidos es excesiva).

7. Las propiedades mecánicas de un tejido dado son inadecuadas para sobrellevar una carga.

8. Las fuerzas de fricción son demasiado grandes (quemaduras producidas por el roce con la colchoneta o la ropa) o muy pequeñas (resbalones).

Estas categorías generales se pueden ampliar e identificar algunas causas más específicas de las lesiones:

- Calentamiento o estiramientos inapropiados.
- Patrones de movimiento inapropiados o ineficaces.
- Empleo poco seguro del impulso para ejecutar un movimiento.
- Amplitud excesiva de movimiento en una articulación concreta.
- Fases inadecuadas de tensión o relajación musculares.
- La Magnitud de la aceleración o la desaceleración es demasiado grande.
- Imposición de una carga excesiva en cualquier parte del cuerpo.
- Empleo de secuencias de ejercicios inapropiadas.
- Esfuerzos excesivos, agotamiento, dolores, enfermedades o lesiones.
- Descansos, tiempo o métodos de recuperación inadecuados.
- Empleo de un equipamiento inapropiado o malo.
- Fuerzas de impacto excesivas sobre el cuerpo cuando éste contacta con un objeto o una superficie.
- Patrones respiratorios ineficaces o inadecuados.
- Duración excesiva de una actividad.

Por lo que se refiere a las lesiones producidas por patrones ineficaces de movimiento, hay que tener en cuenta que los desvíos de los patrones normales pueden estar causados por:

- Dolor, sensibilidad dolorosa, rigidez o malestar.
- Debilidad o desequilibrio musculares entre grupos musculares.
- Cualquier limitación de la amplitud de movimiento de una articulación.
- Falta de coordinación en los movimientos.
- Cambios musculoesqueléticos.
- Cansancio.
- Cambios en la superficie, el calzado, el equipo o el medio ambiente.

Urheberrechtlich geschütztes Material

nervioso y el cerebro para responder con acciones contingentes y eficaces siempre que se den imperfecciones en el movimiento o se produzcan accidentes. Por ejemplo, no es raro que los halterófilos rusos sostengan la barra por encima de la cabeza en una arrancada agachados y moviéndose en distintas direcciones para que la barra adopte posiciones inestables, con lo cual se ven obligados a controlar el desequilibrio haciendo ajustes en la postura.

Por lo general, la seguridad en el ejercicio es en gran medida consecuencia del desarrollo de la técnica (eficacia neuromuscular) y puede mejorarse imponiendo actividades que integren mediante una progresión factores como la complejidad, el volumen, la velocidad, la amplitud de movimiento, la duración, la variedad, el nivel de cansancio y el estado mental.

SEGURIDAD E INDUMENTARIA EN EL ENTRENAMIENTO

Levantamientos: cinturones y respiración

El empleo de cinturones pélvicos en la halterofilia ha persistido desde que ésta surgió como deporte olímpico. Los que los emplean afirman que sirven de apoyo a la espalda; los que no, afirman categóricamente que la espalda tiene fuerza suficiente para no tener que depender de ayudas externas. Muchos levantadores creen que el cinturón sólo es necesario para la arrancada en dos tiempos, aunque en la arrancada la espalda tiene que soportar más de tres cuartos del peso que se levanta con el envión. Algunas autoridades en el tema consideran que los beneficios del cinturón son sobre todo psicológicos. ¿Qué es lo correcto? ¿Cuál es la verdad? Para contestar estas preguntas es necesario analizar la fisiología y la biomecánica del tronco durante el levantamiento, así como el diseño tradicional de los cinturones.

Algunos levantadores afirman que el cinturón les ayuda a mantener la espalda recta, lo cual no es exacto ni preciso, porque los levantadores arquean la espalda incluso cuando emplean grandes cinturones pélvicos. Son los músculos y no los cinturones los que mantienen la curvatura de la espalda. Es la relajación de los músculos de la espalda la que provoca que los ligamentos y los discos intervertebrales soporten mayor tensión, y ningún cinturón por firme que sea puede resolver este problema.

Sin embargo, en cierto sentido los cinturones pueden ayudar a mantener firme la espalda no como soportes sino haciendo al levantador consciente de la dirección de la curvatura de la parte inferior de la espalda. Con ello se consigue activar el sexto sentido, el sentido denominado propiocepción por los fisiólogos. Este sentido proporciona información sobre la posición del cuerpo y sus partes; la tensión de los músculos, tendones y otros tejidos blandos; la presión sobre la piel, y el equilibrio físico. Cuando un levantador se pone un cinturón, la presión ejercida sobre la piel y los músculos aporta mucha información sobre la tensión de los músculos, la presión sobre el abdomen y la curvatura de la espalda. Sólo por esta razón es quizás una buena idea llevar este cinturón, aunque no lo es llevarlo sin aprender antes a mantener la espalda en una posición correcta y a tensar los músculos precisos en el momento adecuado.

¿Qué sucede con la controversia de si los cinturones prestan o no sujeción a la espalda? Los cinturones desempeñan un papel insignificante por lo que se refiere a la sujeción directa de cualquier carga que se levante por encima de la cabeza, a no ser que limiten la tendencia a hiperextender la región lumbar de la columna durante el levantamiento. Son los músculos los que realizan esta labor manteniendo el esqueleto en una postura correcta y distribuyendo la fuerza por las articulaciones (incluidos los ligamentos, cartílagos y discos) hasta la tarima. El aire contenido en los pulmones desempeña un papel vital en este proceso.

Muchas autoridades médicas afirman que nunca se debe aguantar la respiración al entrenar con pesos. Este consejo bien intencionado pero falso

Urheberrechtlich geschütztes Material

puede provocar lesiones graves. Si bien es aconsejable inhalar aire durante muchos ejercicios antes de hacer un esfuerzo y exhalar durante éste sin aguantar la respiración, es importante aguantar un poco la respiración mientras se levanta la carga estando de pie. Como ya se dijo con anterioridad (cap. 3), esto es esencial porque la maniobra de aguantar la respiración (o de Valsalva) aumenta la presión del abdomen y sirve de apoyo a la parte inferior de la columna. Sin aguantar la respiración, es mucho mayor la presión sobre las estructuras vulnerables de la columna lumbar, en concreto los discos y ligamentos intervertebrales. Aguantar la respiración demasiado tiempo (más de unos pocos segundos) produce un incremento espectacular de la tensión arterial, seguido por una bajada repentina de está después de exhalar el aire, por lo que no es aconsejable para nadie, sobre todo para las personas mayores y las que padecen enfermedades cardiovasculares.

¿Qué tiene todo esto que ver con el cinturón pélvico? Sin el cinturón, la presión del abdomen estimula la actividad de ciertos músculos del estómago que actúan como una contención externa de la presión abdominal. Dicho de otro modo, el cinturón aguanta más el estómago que la espalda; sin embargo, al sujetar el tronco mientras se aguanta la respiración, también aguanta indirectamente la espalda.

Hay que añadir que no se trata simplemente de aguantar la respiración de forma arbitraria, porque el grado en que esto sucede está muy relacionado con el tipo de trabajo realizado. En los deportes de velocidad-fuerza, se ha hallado que la producción mayor de fuerza sucede cuando los pulmones están llenos en torno al 75% de su capacidad máxima durante el corto intervalo en que la tensión muscular es máxima (Vorobyev, 1978).

También hay que decir algo sobre el papel de los músculos abdominales en los levantamientos. Al contrario de lo que suele creerse, los músculos abdominales (recto del abdomen) no se contraen significativamente durante el levantamiento o el empuje. Los estudios sobre la actividad eléctrica del estómago demuestran que son sus músculos más profundos (los oblicuos interno y externo) los que se muestran más activos durante el levantamiento. El endurecimiento aparente de los «abdominales» al realizar el esfuerzo está causado por el aumento del volumen pasivo de estos músculos y sus vainas. El único momento en que los abdominales se contraen con fuerza estando de pie es durante la expulsión explosiva del aire contenido en los pulmones o durante la extensión hacia atrás del torso. Esto implica que los ejercicios abdominales deben incrementarse con actividades de inclinaciones laterales, levantamientos pesados o ejercicios con resistencias para fortalecer todos los distintos grupos musculares que contribuyen a la estabilidad del estómago y el torso.

Estos hechos nos permiten rediseñar el cinturón para mejorar su eficacia. Al igual que el cinturón del powerlifting, la porción frontal del cinturón de halterofilia modificado debe ser más amplia para distribuir la presión abdominal con mayor eficacia, pero no tanto como para que sea molesto o impida el movimiento de las regiones abdominal y coxal. Al mismo tiempo, la hebilla debe colocarse a un lado para levantar la barra cerca del cuerpo sin que se produzca el contratiempo bastante habitual de que golpee la parte frontal del cinturón.

Calzado y seguridad

Los fabricantes de calzado hacen creer a los deportistas que la solución de la mayoría de las lesiones deportivas pasa por llevar un calzado caro. Lesiones como el síndrome del compartimiento tibial, el síndrome de la banda iliotibial y el dolor perirrotuliano se atribuyen a la carga de impacto excesiva de los miembros, a la pronación o supinación.

Sin embargo, las investigaciones muestran que pocas lesiones se producen entre los deportistas que llevan calzado de suela fina y que la mayoría del

Urheberrechtlich geschütztes Material

calzado deportivo es incluso lesivo (Robbins y otros, 1988). La observación paradójica de que se haya registrado una incidencia menor de lesiones en carrera entre las personas descalzas implica que el calzado moderno para correr produce lesiones que no deberían producirse sin su uso (Robbins & Hanna, 1987). Además, el calzado para correr parece relacionarse con un número menor de lesiones entre las clases de forma física que el «calzado de aeróbic». Nigg (1986) ha descubierto que, en las colchonetas firmes que absorben los impactos, la diferencia en la fuerza de golpeo de los talones es mínina entre ir con los pies descalzos o ir con un calzado fino u otro de suela gruesa. Nigg también destaca que el empleo de calzado suele aumentar la tendencia del pie a la pronación, sobre todo si las fuerzas de impacto son menores.

Además, varios estudios han demostrado que no existe correlación alguna entre el grado de acolchamiento protector del pie y la absorción del impacto por parte del calzado durante la locomoción (Robbins y otros, 1988; Clarke y otros, 1982). De forma parecida, los estudios epidemiológicos han fracasado en su intento de aportar pruebas de que el calzado moderno mejora la protección ante las lesiones de las extremidades inferiores (Caspersen y otros, 1984; Powell y otros, 1986). Por tanto, parece que la seguridad de las extremidades inferiores no sólo es consecuencia de llevar un calzado adecuado, sino de aprender a mover el cuerpo con eficacia mientras se lleva un tipo específico de calzado.

Diseño de calzado

Está claro que la ciencia del diseño de calzado deportivo está lejos de ser exacta. Por ejemplo, el enfoque actual se centra en la pronación de los pies y pasa por alto otras posibles causas de lesión como el movimiento tridimensional de los dedos de los pies, los tobillos, las rodillas y las caderas. Además el diseño de calzado se basa casi exclusivamente en modelos teóricos que postulan que la carga de impacto y la incapacidad de la anatomía humana para adaptarse a esta carga son la causa primaria de las lesiones que se sufren al correr. Esto se hace evidente con las afirmaciones de los fabricantes de que sus zapatillas corrigen la pronación excesiva, controlan el retropié, ofrecen un arco plantar superior o absorben los impactos con eficacia. Este calzado no modifica las fuerzas de impacto durante la locomoción, lo cual arroja serias dudas sobre la filosofía del acolchamiento que constituye la base del diseño de calzado actual.

Los estudios de Robbins y otros (1988) han demostrado que la planta del pie descalzo ofrece una superficie protectora que reduce la carga plantar del contacto con el suelo, lo cual disminuye el riesgo de sufrir daños por sobrecarga durante la locomoción. Sus estudios también demostraron que esta respuesta no es tan aparente entre las personas

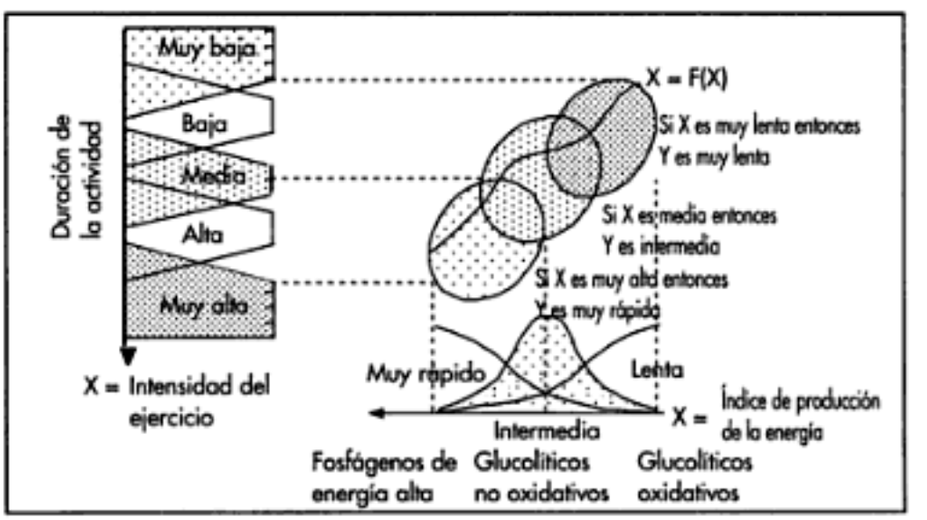


FIGURA 8.2 *Aplicación de la lógica incoherente a la comprensión de la dependencia entre la intensidad (o duración) de cualquier ejercicio y los tres procesos metabólicos principales. El método emplea reglas que relacionan las series incoherentes de los índices de producción de energía «muy rápida» con las series incoherentes de ejercicios de duración «muy corta». La relación entre las series X e Y genera una cadena de manchas incoherentes, que pueden aproximarse a una curva de rendimiento Y = F(X).*

Urheberrechtlich geschütztes Material

que siempre llevan calzado, sobre todo calzado de gran absorción de impactos como el que llevan los corredores. Llegaron a la conclusión de que esta respuesta protectora previene las lesiones al reducir la rigidez, lo cual a su vez disminuye la fuerza pico durante el impacto del pie con el suelo. La falta de una respuesta protectora entre las personas que llevan calzado se debe aparentemente a la reducción de la retroalimentación sensorial plantar, es probable que combinada con la interferencia mecánica desviada por los cordones, los refuerzos de los talones y los soportes del arco (Robbins y otros, 1988). Parece ser que habría que seguir una actividad motriz habitual con los pies descalzos para mantener la sensibilidad del reflejo protector plantar y que hay que poner menor énfasis en el diseño de calzado que absorba los impactos y modifique la pronación de los pies.

Pocos estudios se han realizado que relacionen las lesiones de las extremidades inferiores con factores antropométricos como la masa corporal, la altura o longitud de las piernas y otros factores como el nivel deportivo, la intesidad del movimiento, la distribución de fibras musculares, los patrones de actividad EMG, los procesos de retroalimentación o la densidad ósea. Ninguna investigación ha estudiado el calzado de aeróbic o «cross training» con este grado de profundidad, ni se han llevado a cabo estudios tridimensionales completamente satisfactorios sobre todos los factores físicos que influyen en la eficacia del movimiento corporal desde el comienzo hasta el final de la acción locomotriz, en concreto por lo que respecta al diseño óptimo de calzado.

Independientemente de la calidad del diseño del calzado, debe buscarse la corrección en los movimientos. Al hacer esto hay que ser conscientes de que el calzado siempre reduce la sensibilidad táctil y propioceptiva con la superficie sobre la que se emplea.

Hay otro reflejo que merece la pena señalar. Las fuerzas ejercidas sobre el calzado sufren un retraso en su transmisión a través de la suela antes de llegar al pie. La reacción refleja de soporte positivo (ver cap. 3), que normalmente se muestra eficaz cuando tenemos los pies descalzos y produce una extensión refleja poderosa de las piernas y estabiliza el cuerpo, se retrasa cuando se trata de facilitar un control cibernético rápido y de corregir los movimientos poco seguros llevando calzado. En concreto, el punto de aplicación de la presión sobre la suela del pie determina la posición hasta la que se extenderá la pierna (Guyton, 1984), razón por la cual una geometría inapropiada del calzado puede alterar notablemente el patrón de reclutamiento de los músculos de las extremidades inferiores.

Como contraste, llevar los pies descalzos sobre colchonetas firmes y de espuma de gran densidad durante las clases normales de forma física preserva la eficacia propioceptiva, reduce el centro de gravedad del cuerpo y, a diferencia del calzado, no aumenta la longitud de palanca comprendida desde el punto de contacto del talón con la articulación del tobillo, lo cual reduce el impulso de la fuerza en todas las articulaciones de las piernas.

El calzado en las instalaciones de halterofilia

Resulta interesante examinar el papel del calzado en los gimnasios para el entrenamiento con pesos. En particular, las zapatillas para correr o cualquier otro calzado que tenga capacidad para absorber shocks y sea apropiado para clases de aeróbic es poco seguro para los gimnasios. Por ejemplo, la compresión de cualquier parte de la suela durante las sentadillas, pesos muertos, ejercicios de press de pie, buenos días, arrancada, flexiones y otros ejercicios que se ejecutan de pie generan inestabilidad general y, por consiguiente, lesiones. Además, una altura inadecuada respecto al suelo de los talones puede desplazar el centro de gravedad del cuerpo hacia adelante, con lo que aumenta la tensión sobre la articulación de las rodillas y se alteran los patrones óptimos de movimiento para hacer levan-

Urheberrechtlich geschütztes Material

- Las máquinas para press de piernas verticales o en decúbito inclinado suelen permitir doblar las rodillas hasta que la parte superior de los muslos toca con el abdomen y provoca una flexión lumbar forzada: hay que oponerse a esta tendencia; limitar cuidadosamente el grado de flexión de las rodillas y realizar el movimiento con lentitud.
- Las máquinas de flexión de piernas boca abajo, cuyo banco es plano o ligeramente redondeado suelen obligar a que la columna lumbar adopte una postura de hiperextensión. Hay que colocar un rollo de material esponjoso y firme o una toalla enrollada debajo de la articulación de las caderas y concentrarse en evitar que las nalgas se impulsen hacia arriba.
- Las máquinas de sentadillas hack pueden imponer fuerzas de cizallamiento excesivas sobre la rodilla y son un sustituto malo y poco seguro de las sentadillas de pie y con pesos libres: si se recurre a ellas, hay que asegurarse de que un compañero ayuda a iniciar el movimiento y que las rodillas se mantienen extendidas y se controla el movimiento con cuidado en todo momento.
- Virtualmente, todas las máquinas de press de banca obligan a comenzar desde una posición biomecánica muy débil con la barra de pesas a nivel del pecho, que no permite comenzar con un preestiramiento en la posición más baja: un compañero tiene que ayudar a levantar la barra para comenzar con los codos extendidos.
- Los pec decks suelen obligar a empezar en una posición biomecánica débil en la que las articulaciones de los hombros tienden a girar externamente: un compañero debe tirar de los agarres hacia adelante para poder comenzar con los brazos juntos delante de la cara. Mientras uno se mueve tiene que oponer resistencia a la rotación externa excesiva de la articulación de los hombros y a la tendencia del impulso de la carga a forzar los hombros más allá de la amplitud normal máxima de movimiento.
- Las máquinas para gemelos a menudo obligan a la región lumbar de la columna a flexionarse, sobre todo cuando las cargas son pesadas. Siempre hay que mantener la curvatura normal de la región lumbar y evitar impulsar la carga demasiado rápido hacia arriba.
- Las máquinas de extensión de espalda en posición sentado, en las que el usuario se inclina hacia adelante y luego empuja las resistencias acolchadas de los brazos hacia atrás, suelen obligar a comenzar con la región lumbar de la columna flexionada y a finalizar con un movimiento de hiperextensión cargado. Siempre hay que realizar una amplitud de movimiento pequeña hacia adelante y hacia atrás, y nunca comenzar desde una posición de inclinación pronunciada hacia adelante. Este ejercicio puede imponer una carga transversa y compresiva sobre las estructuras inferiores de la columna mayor que un ejercicio de peso muerto equivalente, ya que la posición sentado no permite que las articulaciones de la cadera y la rodilla tengan libertad alguna para modificar la magnitud o dirección de la carga sobre la parte inferior de la espalda.
- Las máquinas de giros de columna en posición sentado a menudo permiten flexionar la columna lumbar mientras el tronco gira, así como imponer una carga de torsión escesiva sobre los ligamentos espinales: siempre hay que mantener una postura erguida y limitar mucho el grado y velocidad de la rotación. Las máquinas de giros de columna o de cadera en posición de pie pueden imponer una carga de torsión excesiva sobre la rodilla y la parte inferior de la columna y son poco más que inservibles para «trabajar la cintura».
- Muchas máquinas de abdominales proporcionan un apoyo que permite agarrarse con los talones, pantorrillas o muslos, con lo cual

Urheberrechtlich geschütztes Material

piernas después de completar el ejercicio. Las personas con una tensión arterial muy baja o muy alta deben evitar el uso de estos aparatos.

- Hay que señalar que cualquier máquina que obligue a sentarse impide el uso de las aticulaciones de las caderas, rodillas y tobillos para absorber el impacto o redistribuir las cargas. La postura de inclinación pélvica neutra estable se hace más difícil de mantener en el ejercicio; se produce con mayor facilidad la hiperextensión o hiperflexión de la columna, y la tensión sobre ésta se vuelve mucho más probable.
- Las máquinas se suelen emplear en circuitos que obligan a correr contra el reloj, lo cual hace más probable que los deportistas no se tomen el tiempo debido en estabilizar el cuerpo, en emplear una técnica correcta o en evitar servirse del impulso. Sólo los deportistas de competición tienen que entrenarse compitiendo contra el reloj; los clientes normales de los gimnasios están allí para mejorar la forma física o el tipo y deben evitar estar acuciados por el reloj o el instructor. Los entrenamientos en circuito con intervalos (ECI), cuando se hace una utilización más lenta de cargas más pesadas y se intercalan periodos de descanso entre las estaciones, tienden a ser más seguro que los entrenamientos en circuito continuo (ECC) de intensidad menor y ejecutados con prisas.
- Las máquinas que no han sido bien diseñadas, en mal uso o mal lubricadas pueden imponer grandes cargas o patrones de resistencia impredecibles sobre el cuerpo: hay que dar parte de ello al supervisor del gimnasio y evitar su empleo hasta que estén en buen uso.
- Muchas máquinas obligan a comenzar el ejercicio con los miembros y articulaciones en una posición vulnerable o biomecánicamente débil (p. ej., el press sentado, el press de piernas sentado, las máquinas de press de banca y las maquinas Smith). Si éste es el caso, hay que pedir siempre a un compañero que ayude a comenzar el ejercicio en una posición más segura y que «vigile» durante su ejecución.
- Es importante saber que, si una máquina impide el movimiento de una articulación, por lo general aumenta la tensión sobre las articulaciones adyacentes. Por ejemplo, las máquinas de extensión de piernas en posición sentado tienden a inmovilizar la articulación de las caderas, por lo que recae mayor tensión sobre la articulación de las rodillas. De forma parecida aumenta la tensión sobre la columna en todas las máquinas que obligan a empujar una carga en posición sentado. Además de pasarse a los ejercicios con pesos equivalentes, se puede controlar cuidadosamente la velocidad y aceleración de transición en estos ejercicios.

Esta lista, aunque no es en absoluto exhaustiva, es suficiente para aumentar el grado de conciencia sobre el hecho de que las máquinas no son por naturaleza más seguras que los pesos libres, y que todos los tipos de entrenamiento de resistencia requieren aprender la técnica apropiada para trabajar con eficacia y seguridad. El instructor debe advertir a los deportistas de este hecho y nunca debe asumir que los clientes no necesitan una supervisión de cerca en todo momento, incluso cuando empleen máquinas. Siempre debe considerar que la observación y vigilancia continuas son tan importantes en el uso de máquinas como en los ejercicios con pesos libres si quiere que la seguridad tan alabada por los fabricantes de máquinas sea una realidad en la práctica.

PROTECCIÓN EJERCIDA POR LOS MÚSCULOS

Los libros sobre ejercicio afirman que el entrenamiento con resistencias es valioso porque los músculos más fuertes evitan que las articulaciones sufran lesiones. Los estudios electromiográficos sobre muchas actividades corrientes muestran que

Urheberrechtlich geschütztes Material

cansancio en la espalda, las piernas y los pies experimentado al estar de pie no es un fenómeno muscular.

Basmajian se cuestiona asimismo la validez de los «reflejos protectores musculoligamentarios», porque la actividad refleja de los músculos no suele producirse cuando un miembro soporta una carga. En apariencia, todavía queda mucho por aprender sobre los mecanismos de las acciones neuromusculares.

DE CAMINO HACIA EL FUTURO

De forma gradual están comenzado a aparecer los fundamentos científicos sobre el entrenamiento de la fuerza especial; sin embargo, hay muchas preguntas que siguen sin recibir respuesta, por lo cual los autores tienen en cuenta el posible disgusto de los lectores que esperasen hallar la respuesta precisa a esta pregunta en este libro: con todo este análisis tan complicado, ¿cómo se desarrolla la fuerza específica de un deporte? Esperamos que los lectores reparen en las complejidades de esta pregunta y en la futilidad de intentar hacer una descripción exacta en cada caso basándonos en la diversidad de variaciones que determinan el método de entrenamiento de cada persona. El diseño de programas para el entrenamiento especial de la fuerza sigue dependiendo de la armonía en la combinación de la experiencia práctica, la investigación científica y la intuición. Basarse en uno solo de estos factores no permite formular programas definitivos para el entrenamiento de la fuerza específica en el mundo del deporte.

Factores extrafísicos

Al mismo tiempo, nunca hay que olvidar el papel central desempeñado por los factores extrafísicos. El entrenamiento autogéno, la visualización, la hipnosis, la retroalimentación, las técnicas de motivación y otros métodos psicológicos han formado durante muchos años parte del entrenamiento en Rusia y los países de la Europa del Este. Aunque algunos de estos métodos han sido mencionados a lo largo de este libro, sería aconsejable para el lector que consultara libros especializados en estos campos como la revisión de Murphy y White (1978) sobre los estados alterados en relación con el rendimiento excepcional en distintos deportes. Un conocimiento mayor de los procesos mentales hará apreciar que incluso la prescripción más meticulosa de todo método o medio de entrenamiento descrito en este libro no garantiza el éxito a menos que la mente permita al cuerpo utilizar su completo potencial durante el entrenamiento, la recuperación y la competición.

Por ejemplo, se ha demostrado repetidas veces que la actitud personal durante el entrenamiento o la competición tiene un profundo efecto sobre el rendimiento físico, siendo éste un factor complicado cuando se intenta comparar la investigación realizada con personas distintas y por científicos diferentes en condiciones diversas. Los deportistas muy motivados suelen mostrar un rendimiento superior, sobre todo cuando hay espectadores. El aumento de la agresividad producida por los esteroides anabólicos también se considera una de las razones por las que estas drogas mejoran el rendimiento. Las técnicas de visualización que exigen que el deportista se concentre en la aceleración de la carga de entrenamiento pueden aumentar la potencia y velocidad de movimiento. Otra investigación en la que los deportistas ejecutaban movimientos de levantamiento de pesos sin cargas y con una escoba mientras se imaginaban que levantaban cargas máximas registró asimismo mejoras de la fuerza y la técnica (Kovalik, 1978). Cuando se extienda el uso de este tipo de visualización motivada y motivadora con objetivos específicos, sin duda llegará a reconocerse como parte vital del entrenamiento moderno.

La carencia de ese estado mental durante todos los ejercicios es una razón por la que los clientes normales de los gimnasios no mejoran al mismo ritmo que los deportistas de élite. Leer libros,

Urheberrechtlich geschütztes Material

mirarse en el espejo, charlar, escuchar música, ver la televisión, admirar a miembros del sexo opuesto en las instalaciones deportivas son todas ellas actividades que interrumpen o interfieren con el estado mental requerido para obtener resultados óptimos y son factores importantes a la hora de escoger ejercitarse en un gimnasio corriente.

Por lo que se refiere al papel de los factores psicológicos en la determinación de la excelencia deportiva, hay que resaltar que esto no implica recurrir a las nociones inciertas del poder de la mente sobre el cuerpo que están ayudando a vender cientos de cursos de autodesarrollo de dudosa validez. El hecho de que muchos de estos cursos tengan éxito, sin importar lo indignantes o acientíficos que sean sus metodologías, tiene mucho que ver con el efecto placebo (o factor de la fe). Dicho de otro modo, ciertos métodos de entrenamiento mental o físico o de trabajo curativo desprecian los métodos reales y tienen éxito en gran medida porque sus seguidores están persuadidos de su eficacia y creen en ellos. Las investigaciones sobre el efecto placebo y la influencia de la mente sobre la salud, la enfermedad y la recuperación han llevado al establecimiento de disciplinas como la psicofarmacología y la psiconeuroinmunología con el fin de discernir las teorías verdaderas de las falsas. Este concepto no es original, porque ya se conocía hace miles de años: «así piensas, así eres»; todo lo que se ha estado haciendo es analizarlo en términos aceptables desde el punto de vista científico. A medida que las investigaciones prueban todo esto y consiguen entenderse con las teorías y hallazgos emergentes, algunos de los dichos antiguos se reivindicarán y aplicarán, mientras que el resto serán descartados.

Los paradigmas aceptables en las comunidades científicas en las que se llevan a cabo las investigaciones siempre tienen un profundo efecto sobre la aprobación, fundamentación y aplicación de la investigación. Por consiguiente, Occidente con su adhesión al modelo de pensamiento aristotélico positivo-negativo, binario y lineal ha preferido ignorar gran parte de las investigaciones hechas por investigadores en campos poco acreditados como el de la parapsicología. En el Este, este campo ha formado parte del tronco común de la psicología en mayor medida que en Occidente. La psicología deportiva occidental ha aplicado cuestionarios, perfiles del estado del comportamiento, estrategias de motivación, técnicas de visualización pasiva y unas cuantas técnicas de relajación, mientras que los científicos rusos han aplicado métodos parecidos, pero de forma más integrada mediante el uso de instrumentos especiales empleados en la medicina y la ingeniería.

Por tanto, indicadores como el nivel de entrenamiento, el estado de preparación, la respuesta a la tensión, la memorización de técnicas, el carácter dominante de la forma de andar, la capacidad de razonamiento, el estado de atención, el humor, la agresividad, la capacidad motriz y de reacción, han sido monitorizados con mediciones de la impedancia electrodérmica (para el estrés), los campos cuasi estacionarios del sistema nervioso central (Siff, 1977), la fase de impedancia electrocardiográfica, seismotonográfica (para medir la tensión muscular), el temblor muscular, el parpadeo, el tiempo de reacción y la fuerza de prensión de inercia baja.

Cuando uno de los autores visitó (Siff) en 1991 el laboratorio de psicodiagnóstico de la sección de psicología deportiva del Instituto de Investigación sobre educación física, preguntó si los estudios de neurocientíficos rusos como Aladjalova (sobre los potenciales infralentos y los potenciales cerebrales de corriente continua) se habían aplicado al entrenamiento deportivo. Visiblemente complacidos de que un occidental estuviese familiarizado con el trabajo insólito de su colega, estos científicos le respondieron pasando bastante tiempo explicándole y mostrándole sus métodos. Al hacerlo, consideraron inadmisible que en Occidente no se hubiera empleado el trabajo original de científicos como Becker, que había manipulado los potenciales de

Urheberrechtlich geschütztes Material

azúcar en la sangre. El hecho es que existe una variación considerable en todas estas medidas de una persona a otra y de una situación a otra.

En este sentido es importante recordar que se conocen varios tipos de equilibrio o estabilidad: estable, inestable, metaestable y multiestable. De hecho, la estabilidad a largo plazo es muy rara porque el cuerpo siempre está corrigiendo los procesos fisiológicos y, por tanto, éstos sobrepasan o descienden continuamente ciertos niveles, que por sí solos aumentan o disminuyen en torno a un nivel medio imaginario. Sin embargo, empleamos el término «estable» para referirnos al mantenimiento de cierto estado durante un periodo prolongado al que se vuelve después de que algo haya turbado la estabilidad inicial. El término «inestable» se refiere simplemente a la falta del mantenimiento de un estado durante un periodo considerable; cualquier trastorno provoca que el sistema pase a otro estado incontrolado. El término «metaestabilidad» se refiere a un estado que persiste hasta que se produce un trastorno que hace pasar a otro estado de estabilidad. La «multiestabilidad» se refiere a un sistema que muestra estabilidad no en uno, sino en varios estados diferentes.

Por tanto, al teorizar sobre el equilibrio en los procesos fisiológicos, en la adaptación y la forma física, es importante considerar siempre la posibilidad de que haya más de un tipo de estabilidad durante y después del entrenamiento y que los cambios en un estado esperado no tienen por qué ser necesariamente indeseables o peligrosos. No debemos sorprendernos tampoco de los repentinos cambios de estado ni de las transiciones ondulantes que ya han sido tratadas en detalle en este libro. La mayoría de los deportistas están familiarizados con la rápida pérdida e inexplicable de la forma o la presencia de saltos excepcionales en el rendimiento que se producen unas cuantas veces en la vida (como los récords en salto de longitud de Bob Beamon y Mike Powell). Un mayor conocimiento de estas excepciones en el estado de la forma física puede verse favorecido por la aplicación de la teoría del caos y de la catástrofe, cuyo objetivo es producir condiciones de entrenamiento que hagan más probables estos hechos.

En este sentido tiene un valor especial el trabajo sobre los sistemas de no equilibrio del premio Nobel de 1997 Ilya Prigogine. Este investigador demostró que la falta de equilibrio puede ser una fuente de orden inminente (Prigogine y Stengers, 1984). Todos los sistemas incluyen subsistemas en un constante estado de fluctuación en el que una o más fluctuaciones pueden alterar por completo la organización existente y producir un salto impredecible hacia el «caos» o hacia un nivel superior y más diferenciado de organización (conocido como estructura disipante, porque requiere más energía para mantener este estado). Uno de los aspectos más controvertidos de este concepto es que Prigogine mantiene que el orden se produce espontáneamente o por casualidad mediante un proceso de autoorganización. Las investigaciones sobre la forma en que los patrones específicos de entrenamiento o los estados mentales favorecen las condiciones para mejorar la autoorganización pueden ser entonces beneficiosas en la búsqueda de la excelencia deportiva.

Forma física incoherente

A pesar de lo moderno y excitante que pueda parecer el mundo de la ciencia del ejercicio, sigue dominando un tipo de pensamiento que ha sido reverenciado y promulgado por los griegos de la Antigüedad, sobre todo Aristóteles y Platón. Este modelo de pensamiento se basa en el concepto de que todo puede ser polarizado en categorías tales como claro u oscuro, todo o nada, positivo o negativo, par o non, activo o inactivo, fuerte o débil, correcto o incorrecto, blanco o negro, derecho o izquierdo, arriba o abajo, frío o caliente y así sucesivamente. Todo pertenece a una categoría o a otra, pero no a las dos a la vez.

En el mundo del entrenamiento de la forma física hallamos una serie de estas polaridades, como

Urheberrechtlich geschütztes Material

entrenamiento aerobio frente a anaerobio, entrenamiento cardiovascular frente a entrenamiento de la fuerza, entrenado frente desentrenado, músculos de contracción lenta frente a músculos de contracción rápida, músculos estáticos frente a músculos dinámicos, músculos impulsores frente a músculos estabilizadores, y físico frente a mental. La acción potencial propagada por los nervios está causada por las neuronas activas o desactivadas, con fluctuaciones potenciales no propagadas por debajo del umbral que suelen ignorarse.

El entrenamiento cardiovascular se considera como puramente cardiovascular, con procesos pulmonares y cardíacos que no implican el metabolismo anaerobio. La flexibilidad se desarrolla mejor con estiramientos lentos y estáticos. La hipertrofia muscular se desarrolla mejor con 8-12 repeticiones del entrenamiento con resistencia; la fuerza, con 3-5 repeticiones; la potencia, con 1-3 repeticiones. Los ejercicios específicos contraindicados provocan lesiones específicas. El entrenamiento aerobio se produce por debajo del punto de inflexión o umbral de lactato, mientras que el entrenamiento anaerobio se produce por encima de esta zona. En la periodización hay un tipo de entrenamiento para la fase preparatoria y otro para la fase de competición. En cada caso se define el territorio. Las pruebas, el entrenamiento y las investigaciones se producen de forma invariable dentro de unos límites numéricos bien definidos; el reconocimiento dado a la vaguedad o la incoherencia es escaso.

Durante la década de 1920, el lógico polaco Lukasiewicz desarrolló un sistema lógico de valores múltiples en el cual las proposiciones podían asumir cualquier valor fraccionario entre 0 y 1. En 1937, Max Black escribió un artículo titulado: «Vaguedad: ejercicio de análisis lógico» en la revista Philosophy of Science, en el que aplicó la lógica de los valores múltiples a series de objetos, tras lo cual desarrolló las primeras curvas de valores múltiples (incoherentes). El mundo científico tomó escasa nota de estos trabajos iniciales hasta que en 1965 Lofti Zadeh en la Universidad de California, Berkeley, publicó su artículo «Series incoherentes» en la revista Information and Control, en el que aplicó la lógica de Lukasiewicz a cada elemento de una serie.

Sin embargo, no fue hasta mediados de la década de 1970 cuando se llevó a la práctica la lógica incoherente gracias a Ebrahim Mamdani, del Queen Mary College de Londres, para lo cual diseñó un controlador incoherente para una máquina de vapor. Desde entonces, sobre todo los japoneses han aplicado la lógica incoherente para controlar cientos de productos electrónicos, aplicaciones caseras y redes de transporte en lo que se ha convertido en una industria multimillonaria.

La lógica incoherente es un sistema lógico basado en el reconocimiento de que todo es cuestión de grados. Por ejemplo, un escrutinio riguroso de las investigaciones muestra que ninguna actividad muscular es aerobia o anaerobia al 100%. En cualquier momento, la actividad conlleva un porcentaje de ambas. La lógica incoherente es un sistema que permite tratar las sombras, incertidumbres y vaguedades que tipifican muchos aspectos de la vida.

Dentro de la fisiología del ejercicio, actuar con cautela nos evitará aplicar con rigidez conceptos tales como «umbral de lactato» o cualquier otro umbral o punto de inflexión, pues ello implica que, hasta alcanzar ese nivel, el contenido de lactato es mínimo y que una fracción por encima de ese nivel, el nivel de lactato es repentinamente abundante. En múltiples situaciones fisiológicas, la identificacion de cambios de estado que se producen en niveles cuantitativamente precisos oculta el hecho de que los cambios se producen dentro de un amplio grado que desarrolla una pendiente relativamente empinada o gradual. Así pues, un deportista que compita en una distancia calcula su paso considerando la facilidad o dificultad que siente en mantenerlo. Nunca actúa según mediciones absolutas, cálculos precisos o aumentos del porcentaje que aseguran que su pulso es exactamente 145 latidos por minu-

Urheberrechtlich geschütztes Material

to. En muchos aspectos de la vida controlamos procesos según cómo nos parecen que pueden ser, desde imponer una presión apropiada al pedal del freno para parar un coche a tiempo hasta lanzar una pelota con precisión en la práctica del béisbol.

Los científicos consiguen realizar análisis muy precisos en condiciones de laboratorio, pero los deportistas no pueden conseguir un rendimiento concreto mediante la estipulación los valores exactos de todo lo que hacen. Un powerlifter que compita en una prueba de arrancada tiene que juzgar cuándo la duración de la sentadilla es suficiente para pasar la aprobación de los jueces, lo cual determina por medios subjetivos basados en la experiencia. Está claro que los deportistas emplean de forma continuada conceptos vagos como «demasiado rápido», «demasiado lento» o «que está bien» para lograr la excelencia deportiva. Ningún análisis biomecánico o fisiológico ha tenido éxito hasta el momento a la hora de medir todas las variables implicadas en la consecución de récords mundiales o para enseñárselas a los deportistas con el fin de mejorarlas. Dicho de otro modo, el rendimiento deportivo es más propio de la lógica incoherente e incierta que de fórmulas matemáticas precisas.

La esencia de la lógica incoherente es la de permitirnos emplear descripciones inexactas o aparentemente vagas sobre procesos para mejorar el rendimiento actual de sistemas que emplean inadecuadamente una precisión injustificada en sus sistemas de control.

En la figura 8.2 aparece un ejemplo del empleo de la lógica incoherente para explicar la relación entre la duración (o intensidad) de una actividad en cualquier momento y las contribuciones de los tres procesos energéticos principales del cuerpo (ver cap. 1). Este modelo hace hincapié en que la eficacia óptima de la duración (o intensidad) de un ejercicio depende de las distintas contribuciones concurrentes de los sistemas de energía a corto, medio y largo plazo. Esto nos permite pensar menos en que una actividad es aerobia y otra anaerobia, y planificar el entrenamiento de modo que el equilibrio dinámico entre los tres mecanismos de energía se incline hacia la dirección más apropiada en cualquier deporte dado.

Aplicación de nuevos métodos

Al ensalzar los méritos del empleo de ideas innovadoras, al aplicar los hallazgos de las nuevas investigaciones y al usar la tecnología moderna en el entrenamiento, es importante dar ciertos consejos para actuar con cautela. Con la popularización de estos métodos, siempre existe la posibilidad de que la comercialización, los éxitos individuales a corto plazo y la atención de los medios de comunicación provoquen la adhesión de los deportistas a estos métodos sin observar suficiente circunspección hacia ellos. Por ejemplo, Occidente se está haciendo más consciente del valor de los masajes, de las sustancias biológicamente activas (SBA), de los adaptógenos (sustancias naturales empleadas para facilitar la adaptación al estrés), los alimentos o fármacos, la electroestimulación y la terapia de los puntos de presión en el entrenamiento, sobre todo a medida que los profesionales de la forma física han empezado a reconocer su potencial comercial.

Al aplicar estos métodos es vital recordar que todas estas modalidades de recuperación y estimulación no deben aplicarse de forma aislada, sino integrada en un programa de entrenamiento general. Siempre existe una interacción entre todos los efectos producidos por el cuerpo mediante estimuladores beneficiosos o perjudiciales, razón por la cual se pone mucho énfasis en el tema de los efectos retardados, parciales y acumulativos del entrenamiento en el capítulo 6.

A los entrenadores rusos se les enseña que la dependencia continua de un medio cualquiera para mejorar el rendimiento y acelerar la adaptación es poco recomendable, porque el sistema se acomoda y tiende a perder su eficacia (ver fig. 1.32). Los masajes básicos parecer ser completamente ino-

Urheberrechtlich geschütztes Material

cuos, sobre todo si uno «se siente bien» después del ejercicio, pero su empleo constante y de la misma forma puede disminuir sus efectos beneficiosos e incluso inhibir el rendimiento. Por consiguiente, los entrenadores rusos recomiendan una recuperación parcial y masajes de zonas limitadas, al mismo tiempo que hablan de forma regular con los especialistas en masajes que trabajan con sus deportistas. Estos especialistas pueden detectar manualmente en los tejidos blandos de los deportistas pistas para un diagnóstico temprano de un sobreentrenamiento o un entrenamiento desequilibrado.

Una implicación importante de esto es que todo el personal que trabaja con deportistas debe mantener contacto regular para que haya seguridad de que todos los programas de entrenamiento se monitorizan y modifican adecuadamente cuando es necesario. Es interesante señalar que todos los entrenadores rusos dedican entre 700 y 900 horas semestrales a aprender y practicar masajes deportivos, lo cual nos da idea de otra área a la que los entrenamientos deportivos de Occidente deben prestar atención.

Los entrenadores rusos ya han criticado el uso indiscriminado de ayudas ergogénicas nutritivas promovido por las compañías farmacéuticas occidentales desde que las pruebas antidopaje se hicieron más rigurosas. Consideran que la ingestión de la mayoría de los suplementos de aminoácidos, bebidas minerales y de hidratos de carbono son poco aconsejables o inútiles, sobre todo porque ninguno de estos suplementos se ha integrado en un programa de entrenamiento periodizado cuidadosamente. También destacan que el uso de sustancias biológicamente activas debe ser seleccionado sobre la base de un conocimiento profundo de la crononutrición para evitar las interacciones negativas y los efectos perjudiciales de un uso prolongado. También hacen hincapié en que la adaptación provocada por el empleo crónico de estas sustancias puede producir un efecto de entrenamiento inferior que un entrenamiento sin estos suplementos.

Innovaciones en las pruebas

Mientras que gran parte de las pruebas que se hacen en Occidente se basan en el empleo de aparatos costosos como los dinamómetros isocinéticos, las plataformas de contacto y contrarresistencia, los vídeos de alta velocidad y los analizadores de gas, los científicos rusos suelen fabricar aparatos de bajo coste o inventan pruebas de campo que son útiles para los entrenadores que trabajan fuera de los laboratorios. Además, tienden a emplearlos más en condiciones deportivas reales que en laboratorios con ergómetros y tapices rodantes, para lo cual emplean aparatos telemétricos que transmiten la información a una estación cercana.

Por ejemplo, las pruebas invasivas sobre los cambios metabólicos son reemplazadas o complementadas mediante el empleo de la seismotonografía, un sistema que emplea recursos mecánicos para medir la tensión muscular (rigidez) y la relación de amortiguamiento (Siff, 1986). Estas medidas proporcionan mucha información, porque los cambios en el tono muscular durante y después del entrenamiento facilitan información por lo que respecta a si el entrenamiento es suficiente o excesivo, a si los distintos medios de recuperación son eficaces y a si un deportista se ha recuperado lo suficiente como para reanudar el entrenamiento. Este método, junto con otros métodos auxiliares como la electromiografía y la pletismografía (para medir el riego sanguíneo), se aplica sobre todo para valorar la presencia de una hipertrofia excesiva, lo cual puede reducir el metabolismo muscular, el drenaje de metabolitos, el crecimiento equilibrado de los tendones y otros tejidos conectivos, la capacidad de trabajo y la fuerza relativa. El cálculo del déficit de fuerza de los tejidos contráctiles y no contráctiles forma parte de este análisis con el que se valora si el entrenamiento debe centrarse en la mejora de los cambios hipertróficos o nerviosos del cuerpo (ver cap. 1).

También se incluyen entre las múltiples y sencillas pruebas que emplean los entrenadores rusos las

Urheberrechtlich geschütztes Material

innovadoras mediciones de la frecuencia cardíaca y respiratoria antes, durante y después del ejercicio, tras rápidos cambios de postura, antes y después de aguantar la respiración; así como las pruebas específicas de equilibrio con y sin los ojos cerrados.

Muchas de estas pruebas han constituido recientemente la base de la investigación biomecánica y de la preparación de proyectos para estudiantes de ingeniería mecánica de la Universidad de Witwatersrand, en Sudáfrica, y algunas las emplean con éxito deportistas, lo cual es una prueba de que con la improvisación de bajo coste se puede complementar fácilmente cualquier programa de entrenamiento deportivo, incluso en los países llamados del Tercer Mundo.

Manipulación cinestésica y educación

Tradicionalmente se ha considerado que los seres humanos tenían cinco sentidos, refiriéndose con el «sexto sentido» a cierta capacidad psíquica de alcance nebuloso. En realidad tenemos seis sentidos: el sexto es el sentido cinestésico, mediante el cual sabemos dónde está el cuerpo y sus partes en el espacio y en el tiempo. Para conseguirlo, este sentido se sirve de los propioceptores de los músculos, del tejido conectivo y las articulaciones, e integra la información procedente de estas áreas con los sentidos del equilibrio y el tacto, así como con los mecanismos de control sutil de la respiración. Cualquier contacto con objetos externos como aparatos deportivos, un contrincante, la ropa o el calzado puede influir profundamente en el rendimiento mediante el efecto del sentido cinestésico.

Esto se produce inconscientemente durante toda actividad deportiva tanto para mejorar como empeorar el rendimiento. Por ejemplo, la flexión hacia adelante del cuello durante la realización de una sentadilla, una cargada o un peso muerto puede generar una relajación refleja de la columna vertebral, alterar el patrón óptimo del levantamiento y poner en peligro al levantador. Como ya se dijo con anterioridad, el calzado altera la sensibilidad propioceptiva del pie y los distintos reflejos de control de las extremidades inferiores, con lo cual se alteran la forma de andar y otros patrones de movimiento. El cinturón pélvico proporciona un cojín neumático para el tórax; favorece la retroalimentación propioceptiva en toda la superficie del tronco y ayuda a proteger la columna de lesiones.

En un contexto terapéutico, los fisioterapeutas aprenden la importancia del contacto manual entre terapeutas y pacientes durante la aplicación de la FNP (cap. 7). También aprenden a masajear la superficie de la piel, a hacer vibrar las articulaciones y a ejercer presión sobre los puntos gatillo miofasciales para tratar la fatiga musculoesquelética, el dolor y otros problemas. Durante miles de años se han aplicado en el Extremo Oriente técnicas de presión, técnicas de masaje, la manipulación postural y otros métodos de manipulación cinestésica. Estas técnicas se han estudiado en Rusia y la Europa del Este para integrarlas en la metodología global con el fin de lograr éxitos deportivos a escala nacional.

Se descubrió que el tacto, el masaje, las señales visuales, el bosquejo de movimientos y otros estudios cinestésicos no sólo eran útiles en el ámbito terapéutico, sino que también mejoraban la técnica del entrenador y el rendimiento deportivo. Por tanto, los especialistas en masajes empleaban sus manos para palpar los músculos y otros tejidos blandos con el fin de identificar patrones de tensión y desarrollo en el cuerpo de los deportistas, al tiempo que los científicos aplicaban mediciones obtenidas con miotensiometría, la electromiografía y la impedancia zonal del cuerpo para hacer lo mismo a nivel cuantitativo. Los resultados eran facilitados a los entrenadores para que mediante el tacto, golpeo o presión de las áreas apropiadas lograran que los deportistas se relajaran, para estimularlos, para retrasar la aparición del cansancio o servirles de guía durante el entrenamiento. El entrenador aprendía a manipular o sostener partes del cuerpo para facilitar el aprendizaje de movimientos, mejorar la «visualización» (mapa mental) de los patrones y

Urheberrechtlich geschütztes Material

características de los movimientos, y para aumentar la fuerza de músculos estabilizadores e impulsores específicos. Por ejemplo, la manipulación de la espalda, la cabeza y las nalgas se empleaba para enseñar a los principiantes las posiciones de partida o impulsión en los levantamientos olímpicos, así como muchas maniobras de la gimnasia deportiva, danza, atletismo y natación.

Las descripciones de estas técnicas han aparecido durante décadas en publicaciones rusas como *Legkaya Atletika* (Deportes ligeros), *Tyezhelaya Atletika* (Halterofilia), y *Teoriya i Praktika Fizischeskoi Kultury* (Teoría y práctica de la cultura física). También han formado parte de toda la filosofía básica del entrenamiento enseñada a todos los estudiantes de educación física rusos, tal como se vio en el capítulo 1 de este libro con los principios de la conciencia y la visualización.

Las técnicas de presión de los puntos neurolinfáticos, plexos nerviosos, regiones motrices y puntos de la digitopuntura, así como las técnicas de alisamiento de tejidos y las técnicas de percusión sobre el cuerpo en movimiento o relajación han sido aprendidas por uno de los autores (Siff) y sus estudiantes entre 1992 y 1994 a través de un miembro del equipo nacional búlgaro de halterofilia, quien informó de que todos los entrenadores y estudiantes de educación física de su país pasaban tres semestres de sus programas de graduación aprendiendo las técnicas de recuperación y masaje. Se hizo hincapié en la misma recomendación con el fin de evitar un uso excesivo de las estrategias cinestésicas con el fin de evitar que los deportistas se habitúen al mismo tipo de aprendizaje, recuperación o control.

La producción y el control de la fuerza muscular son unas de las tareas primarias de todo deporte, proceso que se basa en la conciencia cinestésica de lo que sucede en el sistema musculoesquelético como respuesta a las circunstancias que se dan en el ambiente en que se desarrolla un deporte. El deportista tiene que procesar las sensaciones de su cuerpo procedentes del exterior, así como otras sensaciones que se producen en su cuerpo. La capacidad consciente e inconsciente para computar y aplicar justo la fuerza necesaria en todo instante del movimiento posibilita las hazañas excepcionales del deporte moderno, sobre todo en aquellas pruebas que requieren precisión y reproducción de movimientos perfectos.

Farfel y otros (1975) emprendieron un estudio sobre el tipo de información en que se basa este control motor mediante el examen de la capacidad de los halterófilos para calcular la fuerza que desarrollan durante levantamientos distintos y en estadios diferentes de éstos (Sokolov, 1982). Después de estudiar a un grupo de halterófilos rusos de élite llegaron a la conclusión de que hasta la capacidad de los halterófilos de nivel mundial para calcular la fuerza (referente a su experiencia de lo que parece una carga de 1RM) que ejercen en los distintos estadios de los levantamientos olímpicos en condiciones estáticas o explosivas era muy escasa. Las mediciones realizadas con dinamómentros especiales mostraron errores de cálculo hasta del 100%. Se llegó a la conclusión de que esta incapacidad para controlar con precisión la fuerza ejercida se debía a la aplicación de métodos de entrenamiento inapropiados y que los levantadores necesitaban perfeccionar sistemáticamente su «sentido muscular» tanto mediante el desarrollo de una percepción interior de los procesos cinestésicos, como mediante la información de retroalimentación obtenida con dinamómetros especializados que permitieran registrar cuantitativamente esta conciencia.

La utilización de los procesos de conciencia cinestésica en esta sección puede servir de ayuda a los entrenadores para dirigir sus entrenamientos. La adquisición de esta técnica ya no es tan remota como solía ser, sobre todo desde que los cambios drásticos que han experimentado los antiguos países comunistas de la Europa del Este y la Unión Soviética hayan provocado la marcha de muchos expertos competentes en estos y otros muchos cam-

Urheberrechtlich geschütztes Material

pos del deporte a países occidentales en busca de empleo.

Avances en los métodos de relación con los deportistas

A veces, el interés general por las mediciones fisiológicas y biomecánicas de la ciencia deportiva hacen perder de vista la importancia que tiene mejorar los métodos del aprendizaje motor. Es muy importante conocer la forma en que programar el bioordenador humano mediante una actividad motriz y sensorial eficaz para mejorar el rendimiento, sobre todo a la luz del descubrimiento de que el sistema nervioso central no está tan determinado como antes se creía (cap. 1: «Cambios neuronales con el entrenamiento»).

A veces, métodos de aprendizaje en apariencia lógicos no son los más eficaces. Por ejemplo, los investigadores rusos han descubierto que enseñar un movimiento nuevo en su orden secuencial natural desde el comienzo hasta el final no es tan eficaz como enseñar la acción en orden inverso (Vorobyev, 1978). También han descubierto que aprender la arrancada de la halterofilia olímpica partiendo de la fase final en que se deja caer la barra, y yendo hacia atrás hasta el impulso inicial, es un 40% más eficaz que el orden convencional de aprendizaje. Asimismo se estudió el efecto de dividir los movimientos deportivos en sus componentes básicos y enseñar a los deportistas cada elemento por separado antes de intentar realizar el movimiento en conjunto. Este método de aprendizaje de los componentes también se mostró superior al método convencional del aprendizaje de la secuencia natural.

En la sección precedente ya se puso en evidencia la importancia que tiene mejorar la conciencia cinestésica con el fin de potenciar la capacidad deportiva. Si tenemos en cuenta esto junto con el resto de avances logrados en el mundo del entrenamiento, como son el orden inverso de aprendizaje, la pliometría cognitiva, la periodización guiada por los índices de esfuerzo percibido, el aprendizaje de la retroalimentación y las cargas de secuencias conjugadas, resulta evidente que la tecnología debe acompañarse siempre del progreso en la metodología y pedagogía del entrenamiento. Los métodos derivados del plano intelectual (como las técnicas por sugestión y la autogénesis) también se muestran valiosos para acelerar y perfeccionar el aprendizaje de la técnica deportiva (Ostrander y Schroder, 1979, 1994; Hutchison, 1986). En este contexto, hay que señalar que la tecnología modifica el ambiente externo del deportista, mientras que los métodos de entrenamiento (a veces también mediante la tecnología) cambian a los deportistas.

Observaciones finales

El tema básico de este libro no ha sido tanto dar solución a los problemas del desarrollo de la fuerza en cada caso específico, como mostrar lo que hace falta saber para poder hacerlo. La aplicación creativa y el refinamiento de estos principios e ideas en situaciones específicas tienen que ayudar a lograr el éxito. En todo caso, esto es más beneficioso que seguir unas recetas tradicionales cuyo valor ya no se mantiene sin cuestionárselas.

Es necesario mencionar otra tarea que sembró la discordia entre los autores y no es otra que el énfasis por los problemas sin resolver en el campo del entrenamiento de la fuerza; y el establecimiento, en términos generales, de senderos por los que deberían encaminarse los intereses y el entusiasmo de los lectores. Tales problemas siguen siendo múltiples y hasta la resolución de los menores nos acercan cada vez más al momento en que seremos capaces de presentar un sistema científico definitivo, y eficaz en la práctica, para el entrenamiento especial de la fuerza en los deportistas.

Urheberrechtlich geschütztes Material

Urheberrechtlich geschütztes Material