

ANATOMÍA Y BIOMECÁNICA

OBJETIVOS

El lector será capaz de:

- Describir las cuatro clasificaciones de huesos de acuerdo con su forma, y dar un ejemplo de cada tipo.
- Describir la estructura general de los huesos largos.
- Describir el proceso de osificación de los huesos largos.
- Identificar los huesos más importantes del sistema esquelético.
- Distinguir entre articulaciones sinartrosis, diartrosis y diartrosis, tanto estructural como funcionalmente.
- Identificar las estructuras de una diartrosis.
- Enumerar los factores que determinan el alcance y la dirección del movimiento.
- Enumerar y demostrar los movimientos potenciales de cada articulación.
- Describir las fuerzas que pueden causar el movimiento de una articulación.
- Describir las fuerzas que puedan mostrar o posición al movimiento causado por otras fuerzas.
- Describir la estructura gruesa de un músculo.
- Explicar las diferencias entre contracciones musculares concéntricas, excéntricas e isométricas.
- Identificar el tipo de contracción muscular durante movimientos lentos.
- Escribir las etapas de movimiento balísticos.
- Enumerar los músculos más importantes de cada grupo.
- Enumerar las acciones y articulaciones relacionadas con los siguientes músculos: trapecio, serrato anterior, deltoides, pectoral mayor, dorsal ancho, bíceps, braquial anterior, tríceps, flexores y extensores del carpo radial y cubital, recto anterior del abdomen, oblicuo mayor, erector espinal, glúteo mayor, glúteo mediano, psoas ilíaco, cuádriceps, isquiotibiales, tibial anterior, sóleo, gemelos.
- Citar los errores específicos que pueden darse durante los movimientos del ejercicio.
- Analizar los movimientos y músculos que intervienen en la locomoción, lanzamientos, ciclismo, saltos y la natación.
- Describir los tres factores que determinan la estabilidad.
- Identificar las relaciones entre la línea de gravedad, la base de sustentación, el equilibrio, y la estabilidad, y describir las aplicaciones prácticas de estas interrelaciones durante el ejercicio físico.
- Describir el par.
- Describir cómo alguien que está haciendo ejercicio puede cambiar las posiciones de los segmentos del cuerpo para alterar el par de resistencia.
- Describir las aplicaciones al movimiento que tienen los principios de la inercia rotativa y el impulso angular.

ANATOMÍA Y BIOMECÁNICA

- Demostrar la capacidad para reconocer los errores más comunes en lo que concierne a la alineación del cuerpo y a la mecánica del movimiento.

TÉRMINOS

El lector será capaz de definir o describir:

Abducción
Aducción
Adquisición
Agonista
Antagonista
Aponeurosis
Articulación diartroanfiartrosis
Articulación diartrosis
Articulaciones cartilaginosas
Articulaciones sinartrosis
Articulaciones sinoviales
Bolsa sinovial
Brazo de fuerza
Brazo de resistencia
Cápsula articular
Cartílago articular
Cavidad articular
Contracción concéntrica
Contracción excéntrica
Contracción isométrica
Diáfisis
Epífisis
Epimisio
Estabilidad
Extensión
Fascículos
Flexión
Fuerza de resistencia
Grupo muscular
Hiperextensión
Inercia rotacional
Ligamentos
Membrana sinovial
Menisco
Momento angular
Movilizador principal
Movimiento balístico
Osificación
Par

ANATOMÍA Y BIOMECÁNICA

- Perimicio
- Periostio
- Placa epifisaria
- Rotación
- Rotación externa
- Rotación interna
- Sumación
- Transferencia del momento angular
- Unidad motora

El conocimiento de los huesos, articulaciones y músculos; la comprensión del compromiso de las fuerzas musculares; y la capacidad para aplicar los principios de la mecánica al movimiento son características esenciales del técnico. Con esta información del técnico estará mejor capacitado para dirigir la actividad física de una forma segura que propicie los mejores beneficios. Este conocimiento también ayudara al técnico a ganarse el respeto de sus clientes, ya que lo verán como un profesional en este campo y no como un técnico.

ANATOMÍA ESQUELÉTICA

En el movimiento humano interviene más de 200 huesos del esqueleto. Su elevado componente mineral les da rigidez; las proteínas los hacen resistentes a la tensión. Los dos tipos de tejido óseo son (a) tejido compacto, que es la capa exterior del hueso densa y dura, y (b) tejido esponjoso, cuya estructura enrejada le da una mayor fuerza estructural a la presión aunque su peso sea reducido. Los huesos suelen clasificarse en cuatro tipos según sus formas: largo, corto, liso e irregular.

Huesos largos

Los huesos largos, que se encuentran en extremidades y dedos, sirven principalmente como palancas para el movimiento. Cada hueso largo consta de la **diáfisis**, o fuste, que está hecho de hueso compacto y grueso, alrededor de la cavidad medular vacía; los extremos dilatados, o **epífisis**, compuesto de hueso esponjoso con una capa exterior delgada de hueso compacto; el **cartílago articular**, una fina lámina de cartílago hialino que recubre las superficies articulares (las superficies de un hueso que entra en contacto con la de otro para formar una articulación) que proporciona una superficie en la que no hay fricción y ayuda a absorber el choque; y el **periostio**, una membrana fibrosa que recubre todo el hueso excepto en la porción que está el cartílago articular que sirve como lugar de contacto para numerosos músculos. (Ver ilustración 4.1.)

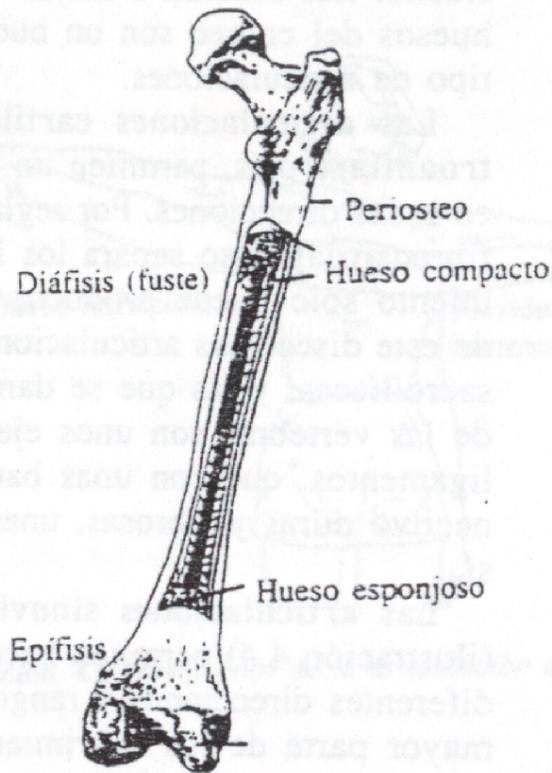


Ilustración 4.1 El fémur, un ejemplo de hueso largo.

PUNTO CLAVE: Las estructuras de un hueso largo son:

- Diáfisis o fuste.
- Epífisis, o extremos dilatados;
- Periostio, que cubre todo el hueso excepto las superficies articulares; y
- Cartílago articular sobre las superficies articulares.

Huesos cortos

Los huesos del tarso (tobillo) y carpo (muñeca) son cortos. Su composición (hueso esponjoso con una fina capa exterior de hueso compacto) y forma cúbica los hacen más resistentes pero les quitan potencial de movimiento.

Huesos lisos

Los huesos lisos, como las costillas, ilion y escápulas, sirven como superficies amplias para establecer contacto con los músculos y, en el caso de las costillas e ilion, rodean cavidades y protegen órganos internos. Estos huesos también son esponjosos y están cubierto de una fina capa de hueso compacto.

Huesos irregulares

El isquion, pubis y las vértebras son huesos con formas irregulares que cumplen funciones específicas como proteger partes internas y sostener el cuerpo.

Osificación de los huesos

El esqueleto comienza como una estructura cartilaginosa, que es reemplazada por hueso de forma gradual (**osificación**). Este proceso empieza en la diáfisis de los huesos largos (en los centros de osificación) y se extiende hacia la epífisis. Las **placas epifisarias** que se encuentran entre la diáfisis y la epífisis son áreas de crecimiento en las que el cartílago es reemplazado por hueso; la anchura y longitud del hueso siguen creciendo hasta que las placas epifisarias están osificadas por completo. Durante el crecimiento, se extiende una capa adicional de cartílago que, más adelante, será sustituida por hueso. Cuando se deja de producir cartílago, y el ya existente es reemplazado por hueso, el crecimiento se detiene. Otros centros secundarios de osificación se desarrollan en las epífisis y protuberancias óseas, como la meseta tibial y cóndilos humerales. Los huesos cortos tienen un centro de osificación. Los plazos de conclusión varían. A pesar de que la fusión ósea tenga lugar durante la pubertad o incluso antes en algunos centros de osificación, la mayoría de los huesos largos no están osificados por completo hasta cerca de los 20 años. Una conclusión prematura, que tiene como resultado una longitud menor de los huesos, podría ser causada por un trauma, estrés anormal, malnutrición o drogas.

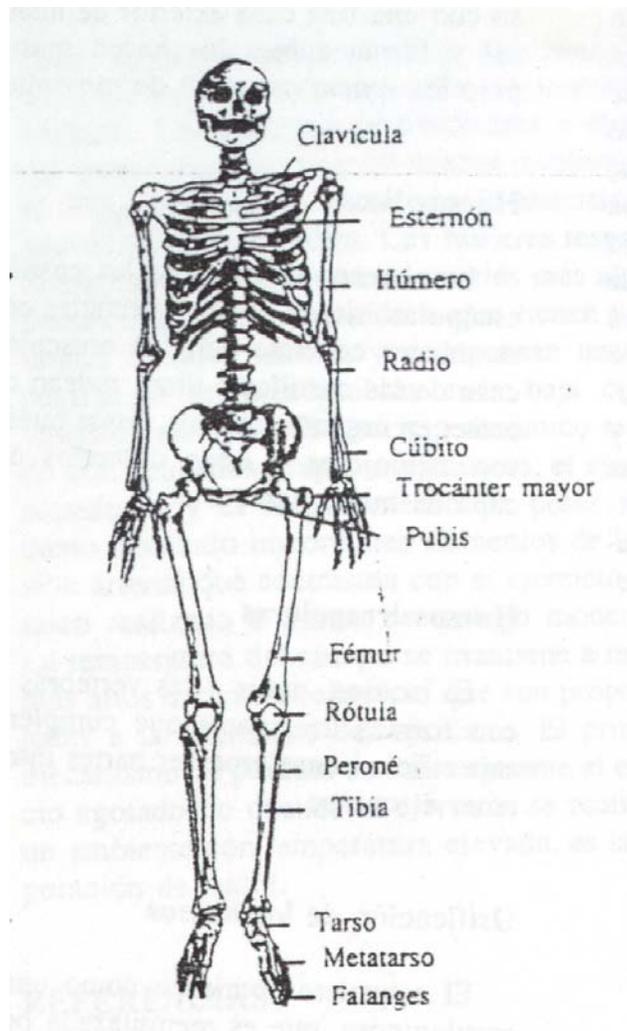


Ilustración 4.2 Vista anterior del esqueleto humano

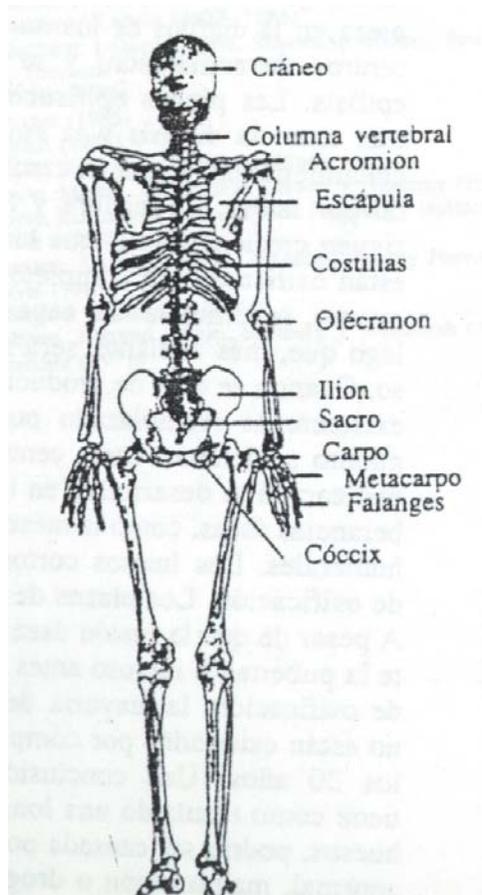


Ilustración 4.3 Vista posterior del esqueleto humano

PUNTO CLAVE: la osificación es el desarrollo del hueso. Por lo general, el crecimiento de los huesos se ha completado antes de los 20 años.

ARTICULACIONES

Las articulaciones, lugares en los que los huesos se encuentran o articulan, suelen clasificarse atendiendo al grado de movimiento que puede darse en ellas. Los tipos son sinartrodial, diartroanfiartrosis y diartrosis.

Las **sinartrosis** no tienen movimiento. Los huesos se encuentran y quedan unidos por un tejido fibroso que es una continuación del periostio. Las suturas, o líneas de contacto, de los huesos del cráneo son un buen ejemplo de este tipo de articulaciones.

Las **articulaciones cartilagosas, o diartroanfiartrosis**, permiten un ligero movimiento en todas direcciones. Por regla general, un disco fibrocartilaginoso separa los huesos, y el movimiento sólo puede producirse por deformación de este disco. Las articulaciones tibioperoneas y sacroilíacas, y las que se dan entre los cuerpos de las vértebras son unos ejemplos claros. Los ligamentos, que son unas bandas de tejido conectivo duras y fibrosas, unen los huesos entre sí.

Las **articulaciones sinoviales, o diartrosis** (ilustración 4.4) permiten hacer movimientos en diferentes direcciones y rangos; por lo tanto, la mayor parte de los movimientos que se hacen durante el ejercicio físico se dan en las diartrosis. Estas articulaciones están protegidas por los tejidos conectivo y muscular, y por unos ligamentos fuertes y poco elásticos. Las superficies articulares, un tipo de cartílago hialino que reduce la fricción y absorbe el choque. Cada articulación está envuelta en una **cápsula articular**, una estructura ligamentosa que en otros es tan gruesa que puede parecer un ligamento externo. La membrana sinovial, que segrega el líquido sinovial a la **cavidad articular, guarnece la superficie interior de la cápsula**.

Por regla, la cavidad articular es pequeña y por consiguiente contiene muy poco líquido sinovial, pero una lesión es la articulación puede tener como resultado un aumento de secreción del líquido sinovial y abultamiento. Algunas diartrosis como la esternoclavicular, la radiocubital distal, y las articulaciones de la rodilla, también tienen un disco fibrocartilaginoso parcial o completo entre los huesos para propiciar la absorción del choque y, en el caso de la rodilla, dar una mayor estabilidad a la articulación. Los discos parciales con forma de media luna que está entre el fémur y la tibia se llaman **meniscos**.

Para reducir la fricción que tiene lugar cuando cambia la longitud de los tendones durante la contracción muscular, los tendones suelen estar rodeados de vainas cilíndricas parecidas a túneles guarnecidos de membrana sinovial. Por ejemplo, los dos tendones proximales del músculo bíceps pasan a través de una vaina por la ranura bicipital del húmero. Las bolsas de tejido sinovial que están entre los músculos, tendones y/o huesos, también reducen la fricción entre los tejidos y absorben el choque. Hay muchas bolsas alrededor del hombro, codo, cadera y rodilla. La bursitis, o inflamación de la bolsa, puede deberse a la fricción continua o irritación mecánica, o ser resultado de condiciones inflamatorias o degenerativas de los tendones.

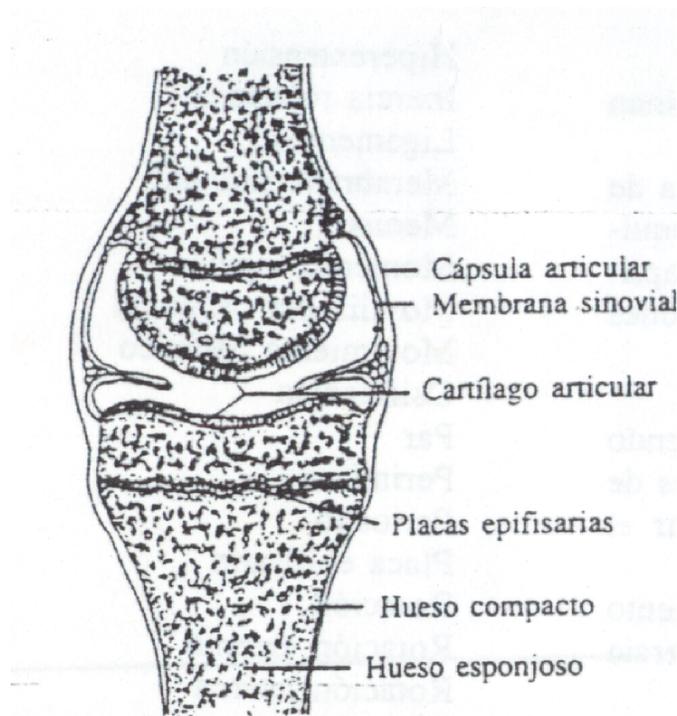


Ilustración 4.4 Una articulación diartrosis

PUNTO CLAVE: Los tipos de articulaciones son sinartrodial, que no permite ningún tipo de movimiento:

- Diartroanfiartrosis, que sólo permite un ligero movimiento, y
- Diartrosis, o sinovial, que se caracterizan funcionalmente por su libertad de movimiento y estructuralmente por la presencia de cartílago articular, una cápsula articular, membrana sinovial dentro de la cavidad articular.

Factores que determinan la dirección y el rango del movimiento

La mayor parte del movimiento de una articulación es de naturaleza giratoria; el hueso se mueve alrededor de un eje fijo, la articulación. La estructura de los huesos en sus extremos articulares y cerca de ellos determina tanto la dirección del movimiento como su rango. Las superficies articulares, que se encuentran en la cadera y el hombro, permiten una amplia acción de movimientos en todas direcciones; pero las articulaciones tipo bisagra, como el codo, restringen tanto la dirección como el rango de movimiento porque un hueso afecta a otro. La longitud de los ligamentos, y, en menor grado, su elasticidad, son factores que también intervienen en el rango de movimiento. Por ejemplo, el ligamento iliofemoral en la articulación anterior de la cadera es un ligamento fuerte pero corto que impide la hiperextensión de la cadera. El tercer factor que afecta al rango de movimiento, y que puede alterarse con el ejercicio apropiado, es la elasticidad, o capacidad del tejido de los tendones para estirarse y volver a su longitud habitual. Esta elasticidad está determinada por la cantidad y el tipo de actividad física que realiza un individuo.

PUNTO CLAVE: El rango potencial y dirección del movimiento están relacionados con:

- La forma de los extremos articulares de los huesos,
- La longitud de los ligamentos, y la elasticidad del tejido conectivo.

Descripción de los movimientos de las articulaciones

Para describir la dirección del movimiento en las distintas articulaciones hace falta utilizar terminología específica. A pesar de que se pueda utilizar una terminología diferente para algunas articulaciones específicas, en general, **flexión** es el movimiento anterior o posterior desde la posición anatómica que lleva a juntar dos huesos; **extensión** es el retorno de la flexión; **hiperextensión**, la continuación de la extensión más allá de la posición anatómica. **Abducción** es el movimiento lateral del hueso alejándose del tronco desde la posición anatómica; **adducción** es el retorno a la posición anatómica. La **rotación** ocurre cuando el hueso gira de forma que su superficie queda en una dirección distinta.

Articulación de la cintura escapular

Este complejo articular incluye la articulación que hay entre el esternón y la clavícula, y entre la clavícula y la escápula. El movimiento giratorio de la articulación tiene lugar en esas articulaciones, pero los términos elevación, descenso, abducción, adducción, y rotación hacia arriba y abajo describen los movimientos resultantes de la escápula. (Ver ilustración 4.5.) La abducción, adducción, y elevación y descenso escapulares pueden hacer que tenga un lugar un movimiento articular en el hombro. Si se produce este movimiento todos los demás se verán intensificados. La rotación hacia arriba y abajo sólo puede tener lugar cuando el húmero se mueve hacia arriba, los brazos no podrían elevarse hacia los lados, sobre la horizontal.

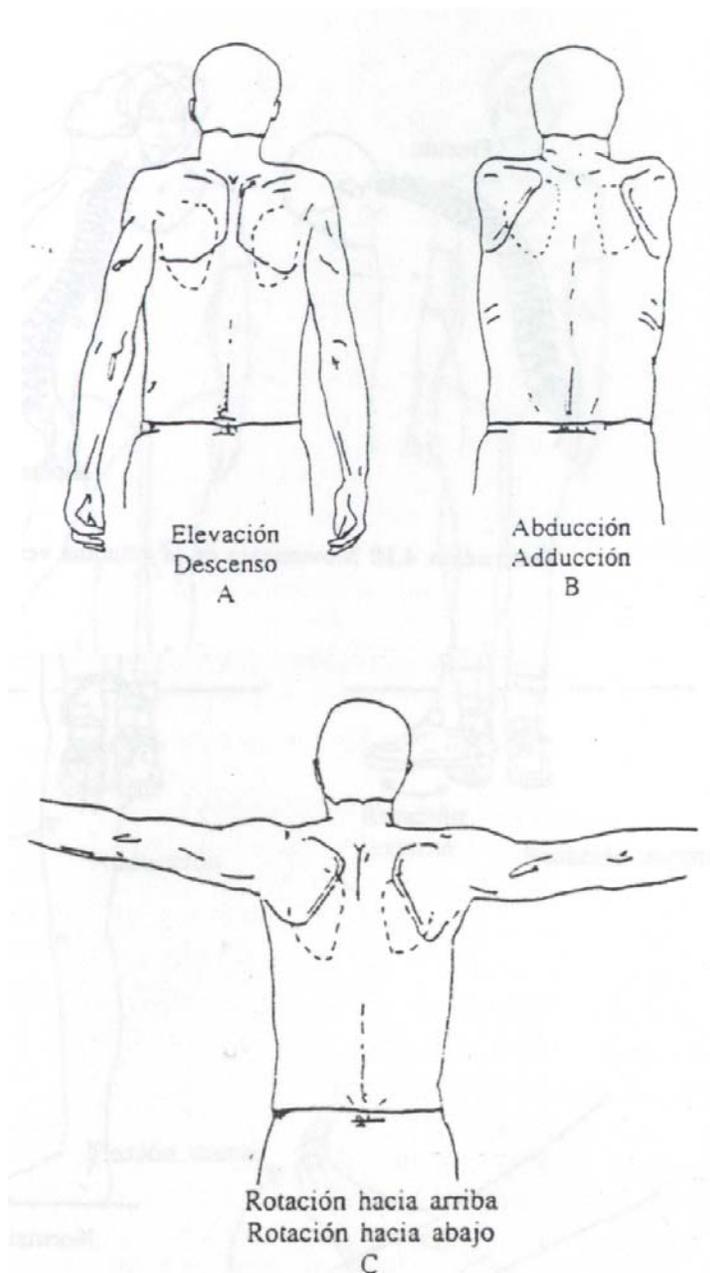


Ilustración 4.5 Movimiento de la escápula.

Articulación del hombro

Debido a su estructura, el hombro puede moverse en todas direcciones-flexión, extensión, hiperextensión, abducción, adducción, **rotación interna y externa**, y circunducción, que es el movimiento circular del brazo. La abducción y adducción horizontal son movimientos del brazo paralelos al suelo. (Ver ilustración 4.6)

Los movimientos de la escápula pueden intensificar los movimientos de la articulación del hombro. Cuando el brazo se flexiona o se flexiona horizontalmente, la abducción de la

escápula puede hacer que la mano se estire hacia delante. La aducción de la escápula puede hacer que el brazo se mueva hacia atrás durante la hiperextensión y la extensión horizontal. La elevación de la escápula permite a la mano llegar más alto. Es posible que la rotación interna vaya acompañada de abducción de la escápula y la rotación externa de aducción de la escápula.

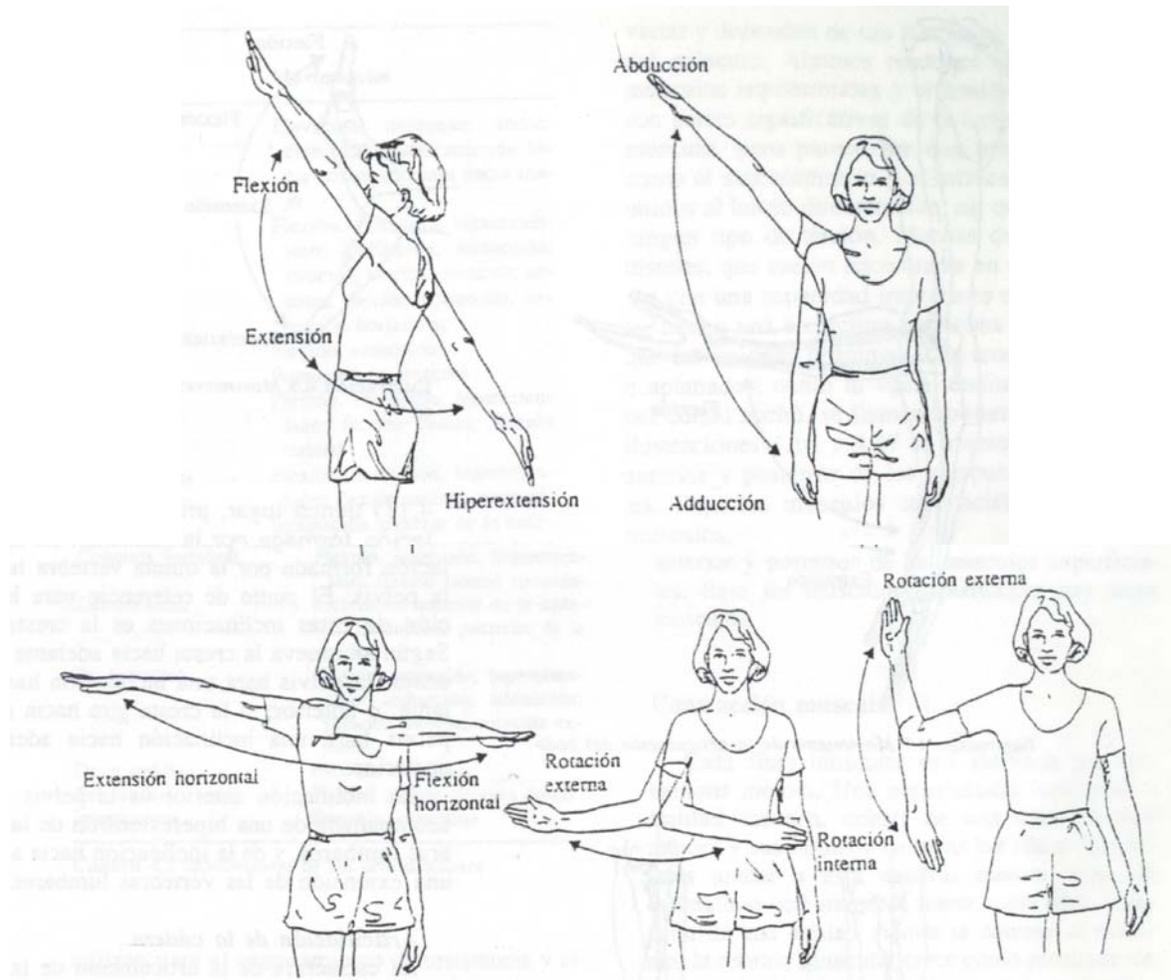


Ilustración 4.6 *Movimiento de la articulación del hombro.*

Articulación del codo

Es la articulación en la que intervienen el húmero y el cúbito. Debido a su disposición, esta articulación sólo permite movimientos de flexión y extensión. (Ver ilustración 4.7.) La capacidad de algunos individuos para hiperextender la articulación del codo es debida a la forma de las superficies articulares.

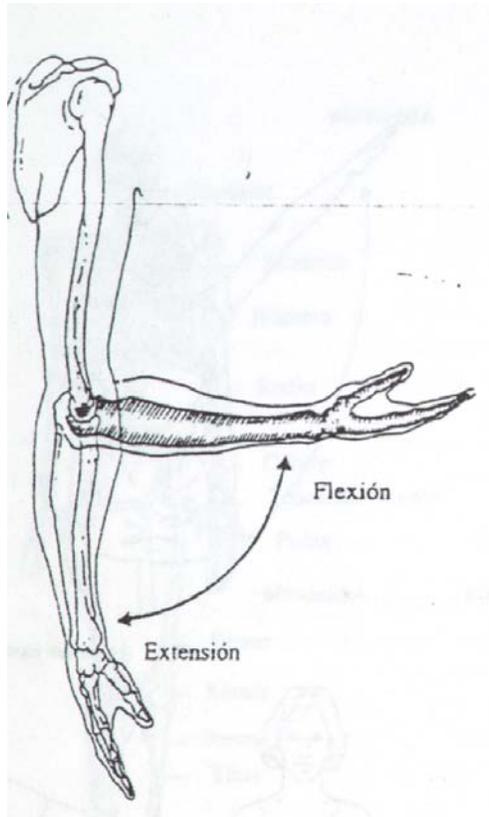


Ilustración 4.7 Movimiento de la articulación del codo

Articulaciones radio-cubitales

Pronación y supinación son los movimientos del radio alrededor del cúbito en el antebrazo. (Ver ilustración 4.8.) A pesar de que la muñeca no tome parte en estos movimientos, la posición de las articulaciones radio-cubitales pueden diferenciarse según la posición de la palma de la mano. Cuando los brazos cuelgan a ambos lados del tronco, la palma de la mano puede estar girada hacia delante (posición supina) o hacia atrás (posición pronada). Cuando la mano está en posición supina, el radio y el cúbito están paralelos; si la mano está en posición pronada, el radio cruza por encima del cúbito. Las combinaciones de pronación con la rotación interna de la articulación del hombro, y de supinación con la rotación externa de la articulación del hombro, hacen que el giro de la mano sea más amplio.

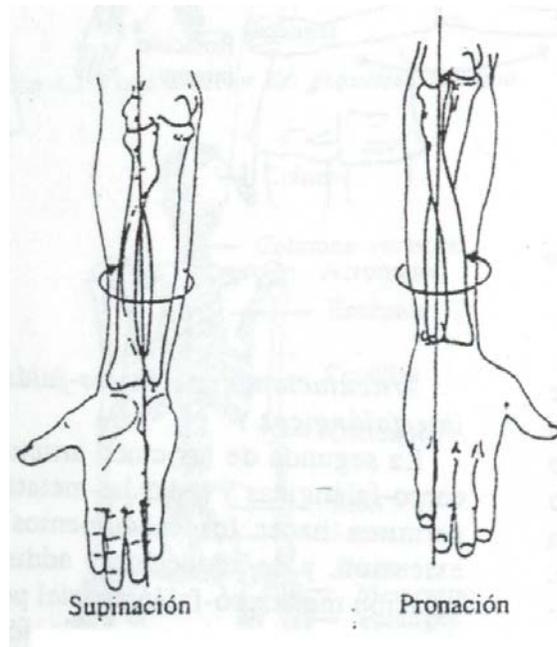


Ilustración 4.8 *Movimiento de las articulaciones radio-cubitales*

Articulación de la muñeca

El movimiento de la muñeca puede darse en dos planos de dirección-flexión, extensión, e hiperextensión, y abducción (llamada a veces flexión radial) y adducción (flexión cubital). (Ver ilustración 4.9)

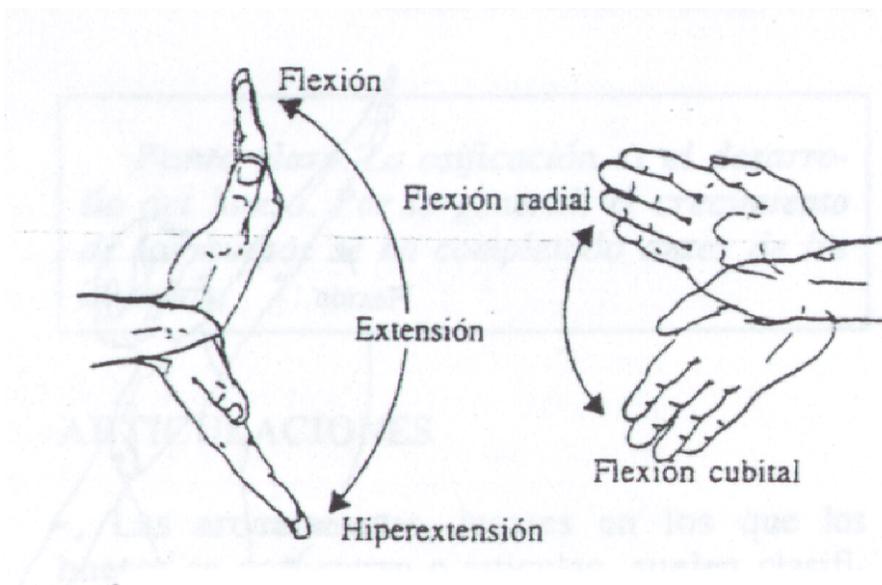


Ilustración 4.9 *Movimiento de la articulación de la muñeca.*

Articulaciones metatarso-falángicas e interfalángicas

La segunda de las cinco articulaciones metacarpo-falángicas y todas las metatarso-falángicas permiten hacer los movimientos de flexión y extensión, y de abducción y adducción. La articulación metatarso-falángica del pulgar sólo puede realizar movimientos de flexión y extensión, pero es el único dedo que puede utilizar la articulación carpo-metacarpiana (lo que le da al pulgar su capacidad de movimiento). Todas las articulaciones interfalángicas de los dedos de pies y manos solo pueden hacer movimientos de flexión y de extensión.

Columna vertebral

Los movimientos del tronco-flexión, extensión, hiperextensión, flexión lateral y rotación tienen lugar en las articulaciones de la columna vertebral. (Ver ilustración 4.10) Existe la posibilidad de mover solo una sección; por ejemplo, las vértebras cervicales pueden realizar únicamente el movimiento de hiperextensión.

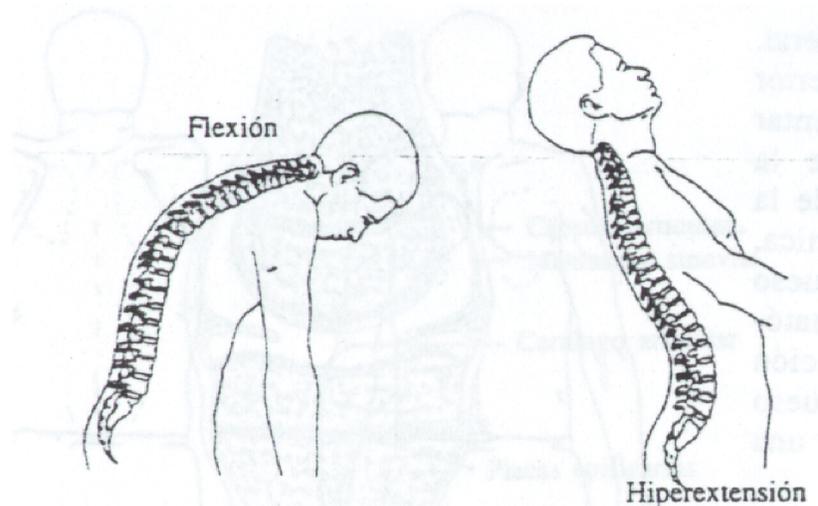


Ilustración 4.10 *Movimiento de la columna vertebral*

Articulación lumbrosaca-pelvis

Las inclinaciones de la pelvis (ver ilustración 4.11) tienen lugar, principalmente, en la articulación formada por la quinta vértebra lumbar y la pelvis. El punto de referencia para la dirección de esas inclinaciones es la cresta ilíaca. Según se mueva la cresta hacia delante y hacia abajo, la pelvis hará una inclinación hacia delante, o anterior; si la cresta gira hacia atrás, la pelvis hará una inclinación hacia atrás, o posterior.

La inclinación anterior de la pelvis suele ir acompañada de una hiperextensión de las vértebras lumbares, y de la inclinación hacia atrás por una extensión de las vértebras lumbares.

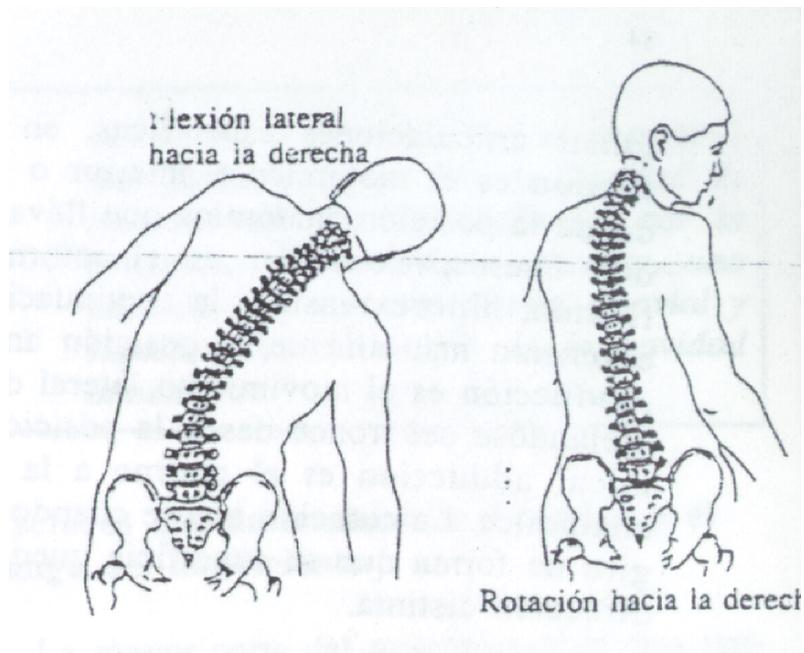


Ilustración 4.11 *Movimiento de la articulación lumbo-sacra.*

Articulación de la cadera

La estructura de la articulación de la cadera es similar a la del hombro, y ofrece la posibilidad de realizar los mismos movimientos (ver ilustración 4.12). Debido a la profundidad de la fosa y a la tirantez de los ligamentos en la articulación de la cadera, el rango de movimiento en esta articulación es menos que en la del hombro, especialmente en la hiperextensión. La abducción real de la cadera está limitada a unos 45° por la interacción de los huesos. Solo se puede levantar la pierna a una mayor altura rotando la cadera lateralmente.

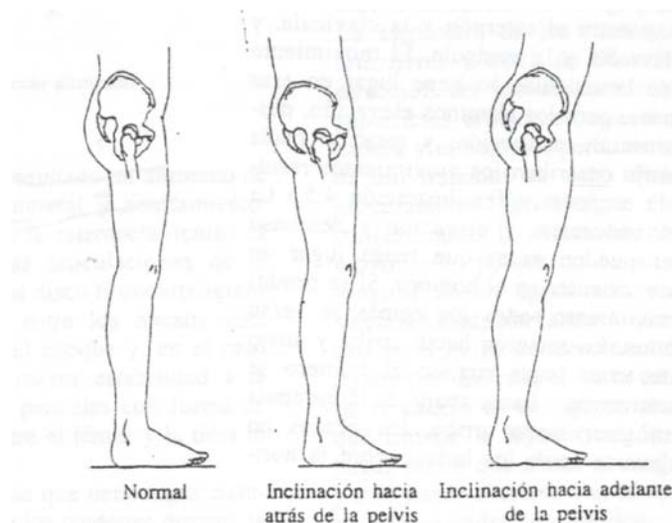


Ilustración 4.12 *Movimiento de la articulación de la cadera.*

Articulación de la rodilla

Flexión y extensión son los movimientos principales. (ver ilustración 4.13). Cuando la rodilla está flexionada pueden darse movimientos limitados de rotación, abducción y adducción.

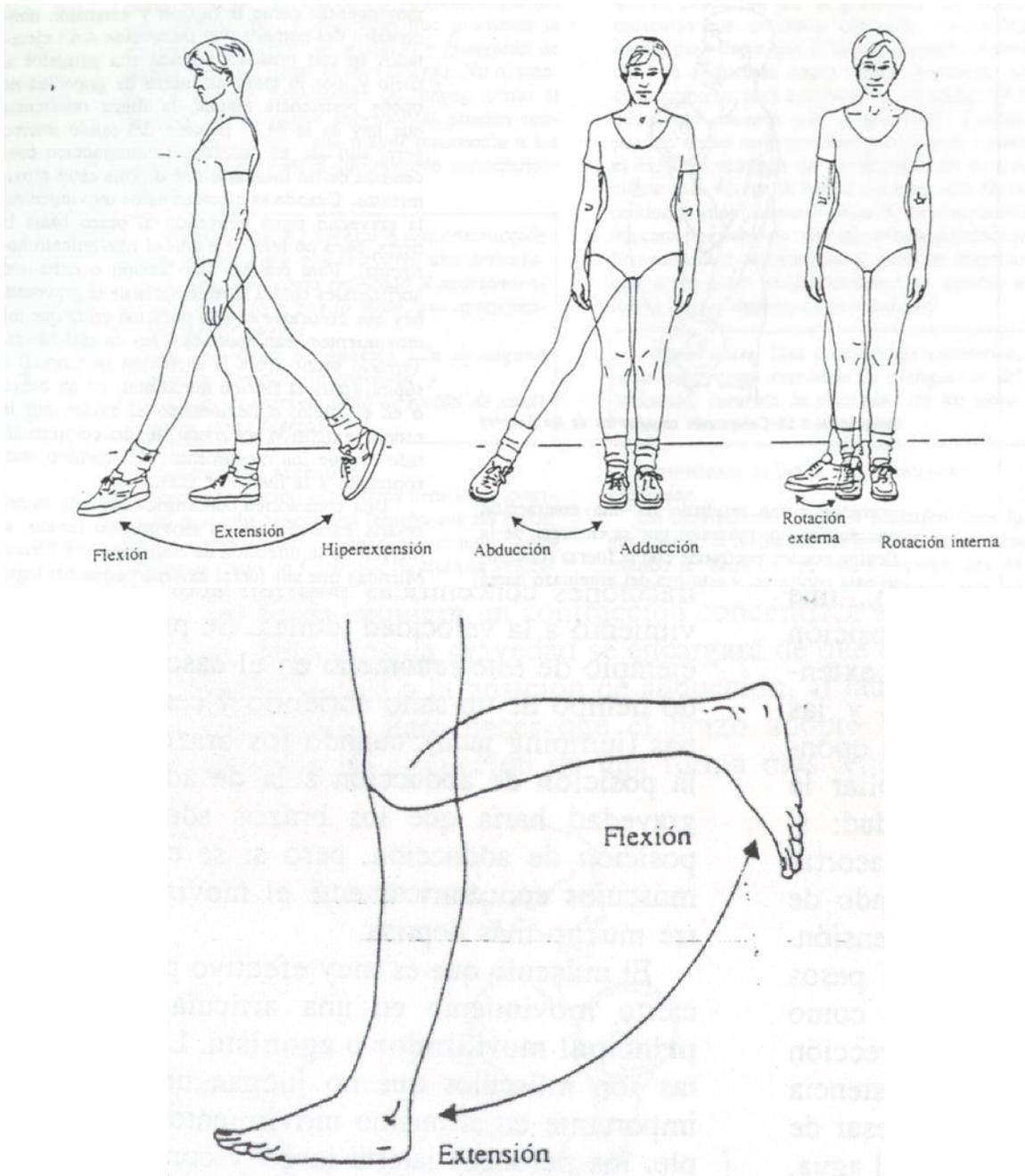


Ilustración 4.13 *Movimiento de la articulación de la rodilla.*

Articulación	Movimiento
Cintura escapular	Elevación, descenso; abducción, adducción; rotación hacia arriba; rotación hacia abajo.
Del hombro	Flexión, extensión, hiperextensión; abducción, adducción; rotación externa; flexión horizontal, extensión horizontal.
Del codo	Flexión, extensión.
Radio-cubital	Pronación, supinación.
De la muñeca	Flexión, extensión, hiperextensión; flexión radial, flexión cubital
Columna vertebral	Flexión, extensión, hiperextensión; flexión lateral; rotación
Lumbo-sacra	Inclinación anterior de la cadera, inclinación posterior de la cadera.
De la cadera	Flexión, extensión, hiperextensión; abducción, adducción; rotación externa
De la rodilla	Flexión, extensión
Del tobillo	Flexión plantar, flexión dorsal
Intertarsiana	Eversión, inversión

Articulación del tobillo

El tobillo solo permite al movimiento en un plano. La flexión plantar también se llama extensión, y la flexión dorsal, flexión. (ver ilustración 4.14)

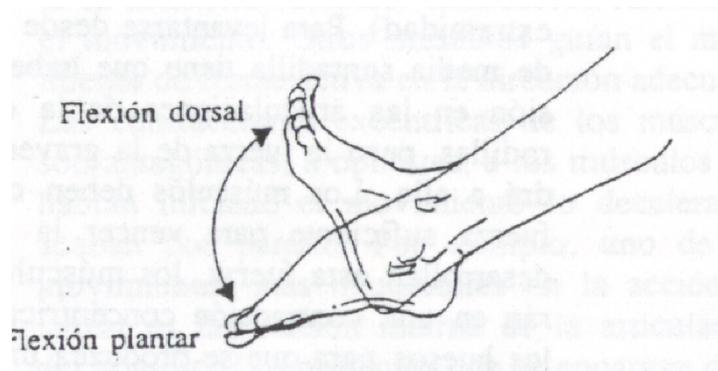


Ilustración 4.14 *Movimiento de la articulación del tobillo.*

Articulaciones intertarsianas

Los movimientos laterales del pie se dan entre las diferentes articulaciones tarsianas en el pie. (ver ilustración 4.15) La inversión es una combinación de pronación y adducción; la eversión, combina la supinación con la abducción.

El cuadro 4.1 enumera todos los movimientos que puede realizar cada articulación.

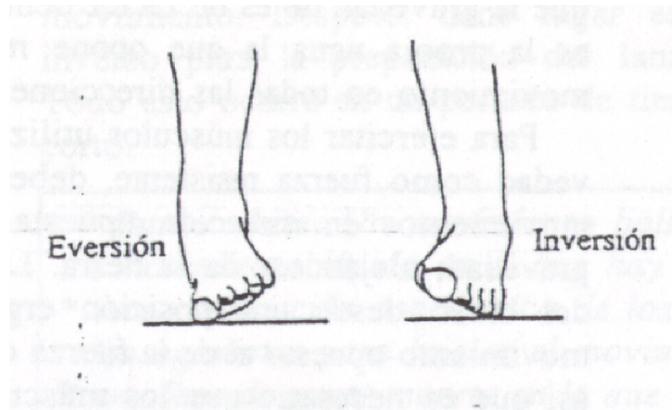


Ilustración 4.15 *Movimiento de las articulaciones intertarsianas.*

Fuerzas relacionadas al movimiento de articulaciones

Diversas fuerzas pueden actuar sobre los huesos, de forma que puedan causar, resistir o incluso evitar el movimiento.

Fuerzas que causan movimiento

El movimiento de la cadera es debido principalmente a la contracción muscular o a la fuerza de la gravedad, pero otras fuerzas, como una persona tirando o empujando del cuerpo de otra, también pueden hacer que la articulación se mueva. El que la contracción muscular sea causante de un movimiento o no depende de la fuerza de esta contracción y del nivel de resistencia de otras fuerzas.

Fuerzas que oponen resistencia al movimiento causado por otra fuerza

Las mismas fuerzas que causan movimiento también pueden poner resistencia al mismo. El movimiento de las articulaciones causadas por la fuerza de la gravedad puede ser resistido o decelerado por la contracción muscular. La gravedad opone resistencia a aquellos movimientos que tienden a distanciarse de la tierra. Otras fuerzas que pueden ofrecer resistencia al movimiento son el rozamiento interno del tejido, los accesorios hidráulicos de los equipos que se utilizan para el entrenamiento de resistencia y el agua.

PUNTO CLAVE: Las fuerzas que pueden causar y oponer resistencia a los movimientos de las articulaciones son:

- Contracción muscular y
- Gravedad.

MÚSCULO VOLUNTARIO (ESQUELÉTICO)

Un músculo está constituido por miles de fibras musculares (p. ej., el supinador largo tiene unas 130.000, y los gemelos más de un millón) y tejido conectivo. Cada fibra está

guarnecida por el tejido conectivo endomisio. Los **fascículos**, o haces de fibras agrupadas, están rodeadas de **perimisio**, y todo el músculo está envuelto por **epimisio**. Cada músculo está unido al propio hueso, al periosteo del hueso o a un fascículo profundo y grueso por los tendones y los tejidos conectivos de perimisio y epimisio. Los tamaños y formas de los tendones pueden variar y depender de sus funciones y de la forma del músculo. Algunos tendones (p. ej., de los músculos isquiotibiales y el tendón de Aquiles) son parte significativas de la longitud total del músculo, pero parece ser que otros músculos, como el supraespinoso y el infraespinoso, están unidos al hueso directamente, sin que intervenga ningún tipo de tendón. Muchas de las uniones distales, que suelen encontrarse en aquellos huesos con una capacidad importante de movimiento, tiene una estructura tendinosa más definida que las uniones próximas. Los tendones anchos o aplanados, como la vaina tendinosa proximal del dorsal ancho, se llaman **aponeurosis**. En las ilustraciones 4.16 y 4.17 se muestran las vistas anterior y posterior de los músculos superficiales. Bajo los músculos superficiales hay otros músculos.

Contracción muscular

Cada fibra muscular está unida por una neurona motora. Una organización funcional, o **unidad motora**, consta de una sola neurona motora y sus ramas y de todas las fibras musculares unidas a esta neurona motora. Con un estímulo suficientemente fuerte, cada fibra muscular de una unidad motora se contrae al máximo; la tensión muscular crece como resultado de la estimulación de más unidades motoras (**reclutación**) o a un aumento del ritmo de estimulación (**sumación**). Un músculo cuya función principal sea un movimiento de fuerza o potencia (como es el caso de los gemelos) en vez de un movimiento delicado, tendrá un mayor número de fibras musculares y muchas fibras musculares por unidad motora. Cuando un músculo desarrolla tensión, o se contrae, tiende a acortarse hacia el centro tirando de todas las zonas de unión con el hueso. El que los huesos se muevan o no como resultado de esta contracción depende de la cantidad de fuerza de la contracción y de la resistencia a este movimiento que muestren otras fuerzas.

Contracción concéntrica

Cuando un músculo se contrae con la fuerza suficiente para acortarse tiene lugar una **contracción concéntrica**. Este acortamiento hace que los huesos a los que está unido el músculo se acerquen entre ellos y esto causa el movimiento de la articulación. La ilustración 4.18 muestra la flexión del codo contra la fuerza de gravedad como resultado de una contracción concéntrica, los músculos que se encargan de la flexión pueden contraerse con la fuerza suficiente para acortarse, y esto tira del antebrazo hacia el húmero. A pesar de que se tira de todos los huesos de unión, solo suele moverse el hueso que está más alejado del tronco (p. ej., una extremidad). Para levantarse desde una posición de media sentadilla tiene que haber una extensión en las articulaciones de la cadera y las rodillas, pero la fuerza de la gravedad se opondrá a ella. Los músculos deben desarrollar la fuerza suficiente para vencer la gravedad; si desarrollan esta fuerza, los músculos se acortarán en una contracción concéntrica, tirando de los huesos para que se produzca una extensión. El entrenamiento contra resistencia con pesos libres utiliza la fuerza de la gravedad como resistencia; el uso de poleas cambia la dirección de la fuerza de gravedad, ofreciendo resistencia al

ANATOMÍA Y BIOMECÁNICA

movimiento en otras direcciones. A pesar de que la gravedad no es un factor dentro del agua, es la propia agua la que opone resistencia al movimiento en todas las direcciones.

Para ejercitar los músculos utilizando la gravedad como fuerza resistente, deben efectuarse movimientos en dirección opuesta a la de la gravedad, alejándose de la tierra. La abducción del brazo desde una posición erguida es un movimiento opuesto al de la fuerza de gravedad, así que es necesario que los músculos realicen una contracción concéntrica que tire del húmero hasta ponerlo en posición de abducción. Los movimientos como la flexión y extensión horizontales del hombro (ver ilustración 4.6) ejecutados en una posición erguida son paralelos al suelo y, por lo tanto, la fuerza de gravedad no opone resistencia alguna, la única resistencia que hay es la de la fricción del tejido interno pero, aun así, es necesaria la contracción concéntrica de los músculos que origina estos movimientos. Cuando se efectúan estos movimientos, la gravedad sigue atrayendo al brazo hacia la tierra, pero no interfiere con el movimiento horizontal. Para realizar una flexión o extensión horizontales contra la resistencia de la gravedad, hay que colocarse en una posición en la que los movimientos sean opuestos a los de esta fuerza. Tendido prono (para la extensión horizontal) o supino (para la flexión horizontal) en un banco o en el suelo, o flexionando el tronco por la cadera (extensión horizontal) tendrá como resultado el que los movimientos del hombre sea contrarios a la fuerza de gravedad.

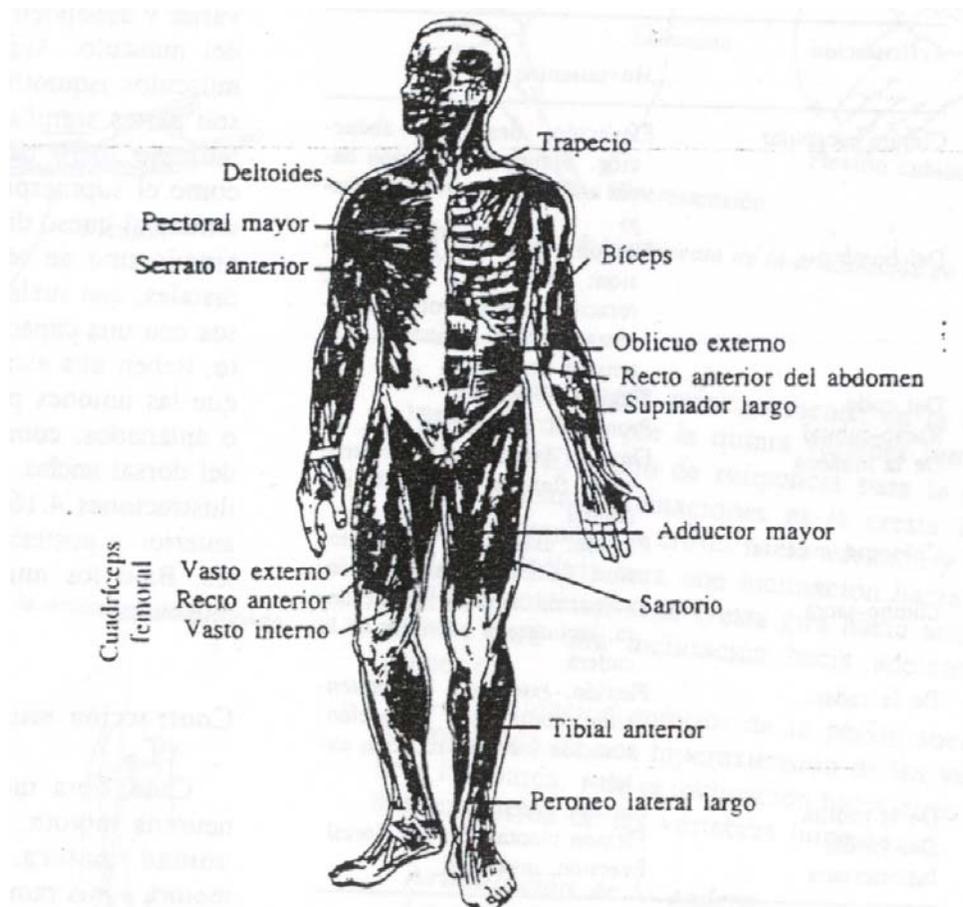


Ilustración 4.16 Vista anterior de los músculos del cuerpo humano.

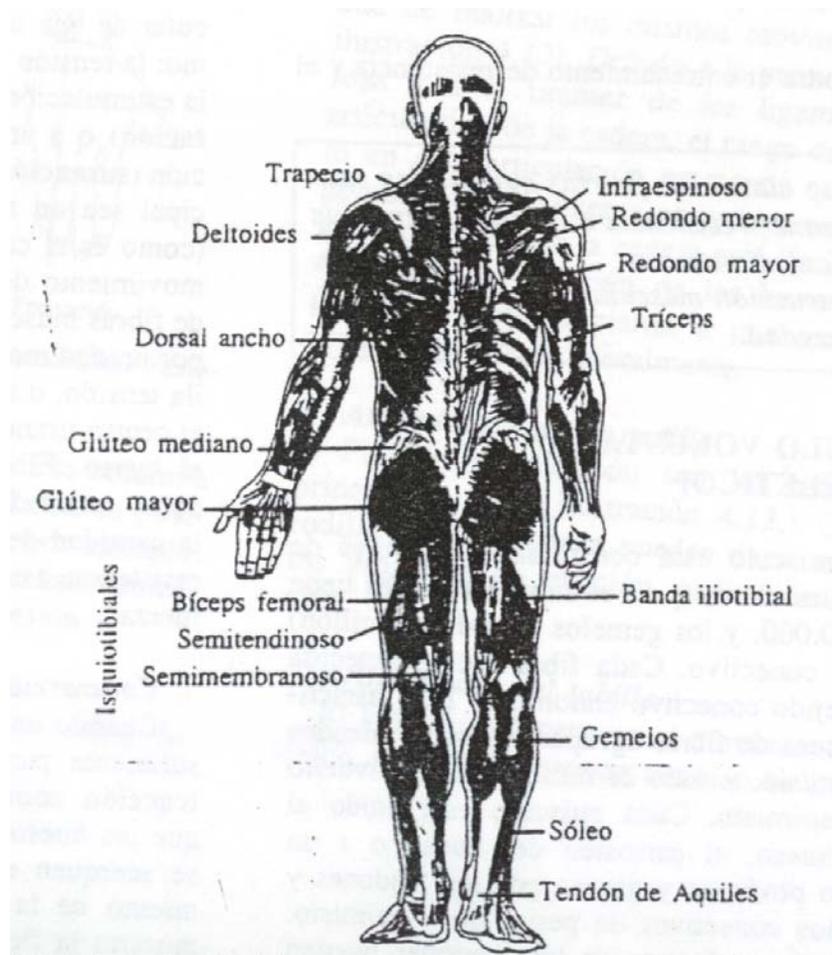


Ilustración 4.17 Vista posterior de los músculos del cuerpo humano.

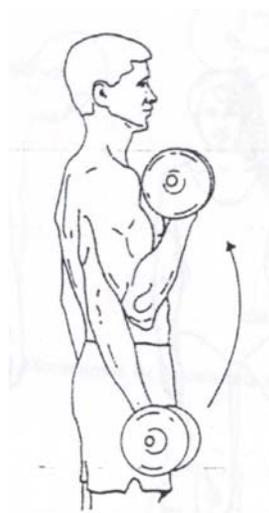


Ilustración 4.18 Contracción concéntrica de los flexores del codo

Una contracción concéntrica también es necesaria para realizar un movimiento rápido, al margen de la dirección de cualquier otra fuerza. Mientras que una fuerza externa podría dar lugar al movimiento deseado sin contracción muscular alguna, pero con una lentitud excesiva, las contracciones concéntricas podrían acelerar el movimiento a la velocidad idónea. Se puede ver un ejemplo de este fenómeno en el caso del segundo tiempo de un salto abriendo y cerrando piernas (jumping jack), cuando los brazos pasan de la posición de abducción, pero si se contaren los músculos concéntricamente el movimiento ocurre mucho más deprisa.

El músculo que es muy efectivo produciendo cierto movimiento en una articulación es un **principal movilizador o agonista**. Los sinergistas son músculos que no juegan un papel tan importante en el mismo movimiento. Por ejemplo, los peroneos lateral largo y corto son agonistas en la eversión de las articulaciones intertarsianas, pero no juegan un papel demasiado importante en la flexión plantar de la articulación del tobillo. Durante una concéntrica, los músculos que actúan en sentido opuesto a aquellos que causan la contracción concéntrica, músculos **antagonistas**, son básicamente pasivos y se elonga a medida que los agonistas se contraen. Por ejemplo, para que se dé la flexión del codo contra la fuerza de gravedad, los músculos que producen la flexión del codo tendrá que contraerse concéntricamente; los antagonistas, o músculos que producen la extensión del codo, se relajarán y elongarán de forma pasiva durante el movimiento. No obstante, en algunas actividades de fitness como el aeróbic, los músculos antagonistas pueden contraerse para ofrecer una mayor resistencia a los músculos que se estén contrayendo concéntricamente.

PUNTO CLAVE: Es necesaria una contracción concéntrica para que se mueva una articulación, que tiene como resultado el acortamiento del músculo y, por lo tanto, una aproximación de los huesos

- En una dirección opuesta a la de alguna fuerza, como la de gravedad, y
- Rápido, al margen de la dirección de cualquier otras fuerzas.

Contracción excéntrica

Una **contracción excéntrica** tiene lugar cuando un músculo genera una tensión que no es tan fuerte como para ocasionar movimiento pero que actúa como un freno que controla la velocidad de un movimiento producido por otra fuerza. (ver ilustración 4.19). El músculo ejerce fuerza, pero su longitud aumenta. La abducción del brazo requiere una contracción concéntrica de los músculos; la gravedad se encargará de que el brazo vuelva a la posición de aducción, al lado del tronco. Para hacer que el brazo adopte la posición de aducción de una forma más lenta que la producida por la gravedad, los mismos músculos que se habían contraído concéntricamente para hacer que el brazo adoptara la posición de abducción ahora deben contraerse excéntricamente para controlar la velocidad de la aducción causada por la gravedad. También pueden darse contracciones excéntricas cuando el esfuerzo máximo de un músculo no es suficiente para vencer la fuerza opuesta; esta fuerza producirá movimiento a pesar de la contracción máxima del músculo, que aún estará estirándose. Los músculos antagonistas a aquellos músculos que se contraen excéntricamente se acortan de forma pasiva durante el movimiento.

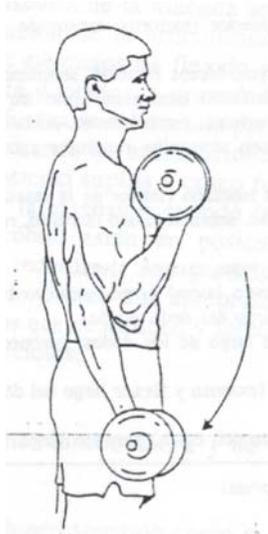


Ilustración 4.19 Contracción excéntrica de los flexores del codo

PUNTO CLAVE: Una contracción excéntrica, que tiene como resultado la elongación del músculo, controla la velocidad de un movimiento causado por otra fuerza.

Movimiento balístico y contracción muscular

Un **movimiento** rápido o **balístico** tiene lugar cuando la resistencia es insignificante, como cuando se lanza una pelota, y requiere una explosión de contracciones concéntricas para iniciarse. Una vez se ha iniciado el movimiento, los músculos que se habían contraído para provocarlo se detienen; cualquier contracción ralentizaría el movimiento. Otros músculos guían el movimiento de forma activa en la dirección adecuada. Las contracciones excéntricas de los músculos son antagónicas, u opuestas, a los músculos que había iniciado el movimiento lo declaran y acaban por pararlo. Por ejemplo, uno de los movimientos más importantes en la acción de lanzar es la rotación interna de la articulación del hombro. Los músculos que se encargan de la rotación interna se contraen concéntricamente con rapidez para empezar la acción de lanzar; una vez que se ha soltado la bola, los músculos encargados de la rotación externa se contraen excéntricamente para decelerar y detener el movimiento. Después, tiene lugar el proceso inverso para la preparación del lanzamiento. Todo esto ocurre en un período de tiempo muy corto.

PUNTO CLAVE: Un movimiento balístico es un movimiento rápido en el que hay

- Una contracción concéntrica de los músculos agonistas para iniciar el movimiento
- Una fase de punto muerto en la que hay una actividad muscular mínima.
- Una contracción excéntrica de los músculos antagonistas para decelerar el movimiento.

Contracción isométrica

Durante una **contracción isométrica**, o estática, el músculo ejerce una fuerza que contrarresta una fuerza contraria. La longitud del músculo no varía, de forma que no se

produce ningún movimiento y se mantiene la posición de la articulación. La parte contráctil del músculo se acorta, pero el tejido conectivo elástico se elonga de forma proporcional; no hay ningún cambio global en la longitud del músculo. Las acciones de sostener el brazo en una posición de abducción o mantener media sentadilla requieren una contracción isométrica, la suficiente fuerza muscular como para contrarrestar la fuerza de la gravedad, de forma que no se produzca movimiento alguno. El esfuerzo que se utiliza para intentar mover un objeto inamovible constituye otro ejemplo de contracciones isométricas; a pesar de que el nivel de fuerza muscular puede llegar a ser máximo, no se producirá ningún movimiento (ver ilustración 4.20).

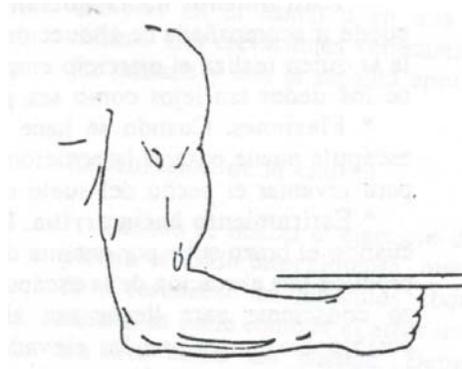


Ilustración 4.20 *Contracción isométrica de los flexores del codo.*

Las series de cuádriceps, un ejercicio de rehabilitación que en el que se contraen los músculos extensores de la rodilla mientras ésta se encuentra extendida, nos da otro ejemplo de contracción estática. La inclinación hacia atrás de la pelvis que es necesaria para realizar algunos ejercicios se mantiene por contracción isométrica de los músculos abdominales una vez que se han contraído concéntricamente para inclinar la pelvis hacia atrás.

PUNTO CLAVE: Una contracción isométrica que tiene como resultado el mantenimiento de la longitud del músculo, evita el movimiento.

Funciones de los músculos

Como ya se ha dicho al tratar las contracciones musculares, los músculos pueden actuar de forma diferentes y tener distintas funciones. Pueden producir movimiento (contracción concéntrica), decelerar el movimiento causado por otra fuerza (contracción excéntrica), o evitar el movimiento (contracción isométrica). Los músculos también pueden contraerse isométricamente para evitar o estabilizar el movimiento de un segmento corporal. Por ejemplo, durante las flexiones de brazos, la gravedad tiende a producir hiperextensión de la columna vertebral y de la articulación de la cadera. Las contracciones isométricas de los músculos abdominales evitan este hundimiento, estos músculos los estabilizan al tronco en su posición adecuada. Otra función muscular consiste en contrarrestar una acción iniciada por la contracción concéntrica de otro músculo. La contracción concéntrica de la mayoría de los músculos produce más de un movimiento en la misma articulación, o movimientos en distintas articulaciones. Si solo se requiere hacer uno de esos movimientos, se contraerá otro músculo para evitar los movimientos no deseados. Por ejemplo, la contracción

concéntrica de las fibras superiores del trapecio puede producir elevaciones y una leve adducción de la escápula. Si solo se quiere realizar el movimiento de adducción, las fibras inferiores del trapecio, que ocasionan descenso y adducción, se contraerán para neutralizar la elevación no deseada. En este ejemplo, las diferentes fibras del trapecio están neutralizando la acción no deseada y propiciando la que se quiere llevar a cabo. El músculo bíceps produce la flexión del codo y la supinación radio-cubital; para que con la contracción del bíceps solo se produzca flexión, también se contraerá el pronador redondo para contrarrestar la supinación. Los músculos también se encargan de guiar movimientos ocasionados por otros músculos. Durante las actividades, que se desarrollan contra una gran resistencia, como el levantamiento de pesos libres, los músculos se contraen para mantener el equilibrio o la dirección adecuada del movimiento. Cuando una fuerza muscular inicia un movimiento balístico, otros músculos le ayudan a encauzar el movimiento en la dirección apropiada.

PUNTO CLAVE: Las principales funciones de los músculos son

- Producir movimiento (contracción concéntrica) a pesar de que haya fuerzas contrarias.
- Decelerar o controlar la velocidad de un movimiento (contracción excéntrica) originado por otra fuerza, y
- Evitar el movimiento (contracción isométrica).

Grupos musculares

Un grupo muscular incluye todos los músculos que producen un mismo movimiento en una misma articulación. El grupo es denominado por la articulación en la que se produce el movimiento ocasionado por la contracción concéntrica de esos músculos. Los flexores del codo, por ejemplo, constituyen un grupo muscular compuesto por músculos específicos que al contraerse concéntricamente se encargan de la flexión de la articulación del codo. El cuadro 4.2 enumera los músculos que son movilizados primarios (y secundarios) de los grupos musculares. Cabe destacar que cuando se produce un movimiento en una articulación no tiene por qué estar actuando el grupo muscular específico de esa articulación. Es posible que los responsables de la acción opuesta estén contrayéndose excéntricamente para controlar el movimiento. Por ejemplo, el grupo muscular encargado de la flexión del codo ejerce una fuerza determinada para doblar el codo durante un ejercicio de flexión del codo. Para volver a la posición inicial, la fuerza de gravedad extiende la articulación a su posición inicial, pero el grupo muscular encargado de la flexión del codo sigue ejerciendo fuerza para controlar la velocidad de ese movimiento con contracciones excéntricas. Para mantener el codo doblado se necesita que esos mismos flexores del codo se contraigan isométricamente.

Los músculos que causan más de una acción en una articulación o producen movimiento en más de una articulación pertenecen a más de un grupo muscular. Por ejemplo, el músculo cubital anterior pertenece a los grupos musculares flexor y adductor de la muñeca. El bíceps forma parte de los grupos musculares de flexión del codo y de supinación radio-cubital. El cuadro 4.2 enumera los músculos específicos en cada grupo muscular.

PUNTO CLAVE: En un grupo muscular se incluyen todos los músculos que producen un movimiento específico en una articulación determinada.

ERRORES COMUNES EN LOS EJERCICIOS Y CONSEJOS PARA EJERCITAR LOS GRUPOS MUSCULARES

Muchos de los errores cometidos en el ejercicio y el movimiento derivan de una falta de conocimientos y no de la carencia de fuerza o coordinación muscular. Un individuo podrá realizar ejercicios de una forma más segura y adecuada aplicando una serie de conocimientos básicos.

El complejo de la articulación del hombro y la cintura escapular

Se puede intensificar el movimiento e implicar más músculos si se hace un esfuerzo deliberado para incorporar los movimientos de la cintura escapular a los del hombro. Por ejemplo, la intervención óptima de estos músculos puede lograrse en los ejercicios y movimiento que vienen a continuación.

- **Estiramiento hacia delante.** La flexión puede ir acompañada de abducción de la escápula si quien realiza el ejercicio empuja las puntas de los dedos tan lejos como sea posible.
- **Flexión.** Cuando se hace una flexión, la escápula puede pasar a la posición de abducción para levantar el pecho del suelo un poco más.
- **Estiramiento hacia arriba.** Por lo general, cuando el brazo sube por encima de la cabeza se produce una elevación de la escápula. Un esfuerzo consciente para llegar tan alto como sea posible ocasionará que los elevadores de la escápula intervengan más; por el contrario, si lo que se desea es mantener los hombros bajos para estirar el cuello tendrá que haber una contracción concéntrica de los depresores de la escápula.
- **Estiramiento del brazo hacia un lado.** Durante la retroversión del hombro que se hace en un movimiento o ejercicio, puede moverse el brazo hacia atrás a lo más con la adducción de la escápula.

Articulaciones del codo y radio-cubital

La posición de las articulaciones radio-cúbito, tanto si el brazo está en posición supina como pronada, no afecta a la intervención de los músculos de la articulación del codo. La flexión contra una resistencia requiere la contracción de los músculos flexores. No obstante, el grado en que los músculos son utilizados está relacionado con la supina y la pronación; éste es un dato a tener muy en cuenta al explicar a los participantes como hacer <<curls>>. Por regla general, la flexión con la articulación radio-cubital en una posición pronada es un movimiento más débil porque el músculo bíceps no puede contraerse tan enérgicamente como cuando las articulaciones radio-cúbito están en posición supina. (El tendón distal del músculo bíceps está, de algún modo, envuelto alrededor del radio en la posición prona, lo que hace que su fuerza de tracción disminuya.) Sin embargo, el músculo braquial anterior no se ve afectado por la posición de la articulación radio-cubital, porque está unido al

cúbito, que es el hueso estático en los movimientos de la articulación radio-cubital. Además, el músculo supinador largo puede contraerse con más fuerza cuando la articulación radio-cubital está en una posición semi-prona, semi-supina. Ninguno de los músculos extensores se ve afectado por la posición de la articulación radio-cubital y, por lo tanto, ni supinación ni pronación tienen por qué modificar las *extensiones de tríceps*.

Articulación lumbo-sacra y de la columna vertebral

Tanto la hiperextensión como la hiperflexión del cuello son muy poco recomendables. Los mismos pares de músculos que se flexionan y extienden pueden ser fortalecidos o estirados –un lado cada vez- por los movimientos de flexión y rotación cervical lateral. El técnico debe pedir a los participantes que inclinen o giren la cabeza de un lado a otro en vez de doblar el cuello hacia delante o hacia atrás.

Muchos ejercicios requieren un posicionamiento adecuado de la articulación lumbo-sacra y de las vértebras lumbares, así como contracciones de los músculos abdominales tanto para el movimiento como para la estabilización. Un ejercicio de flexión o encogimiento debería empezar con una inclinación de la cadera hacia atrás que se mantenga durante los movimientos de flexión y extensión. Si se advierte cualquier indicación de que esta inclinación hacia atrás de la pelvis no puede mantenerse, o si quien realiza el ejercicio siente tirantez o dolores en el área lumbar, hay que detener el ejercicio. Si el problema consiste en que no se tiene la suficiente fuerza para mantener la inclinación hacia atrás, el ejercicio debe cambiarse por uno que requiera menos fuerza muscular abdominal, un ejercicio que el participante pueda hacer con la fuerza abdominal que haya desarrollado.

Una flexión en la que el participante llegue a la posición de sentado requiere una flexión de la cadera realizada por músculos flexores de la cadera durante las últimas etapas del ejercicio. Al principio, los músculos abdominales se contraen concéntricamente para inclinar la cadera hacia atrás y, después, flexionar la columna vertebral. Una vez se ha realizado la flexión, estos músculos se contraen isométricamente para mantener la pelvis inclinada hacia atrás y el tronco flexionado. Hay un punto de fricción que la persona puede sentir mientras realiza la flexión. Se da cuando la flexión del tronco es completa y los flexores de la cadera empiezan a llevar al tronco hacia una posición erguida. Haciendo flexiones o encogimientos parciales se elimina la función de los flexores de la cadera.

El ejercicio llamado elevaciones de pierna se considera como abdominal, pero muy pocas veces se dan las instrucciones adecuadas para realizarlo. Las piernas se levantan del suelo y se mantienen en alto por contracciones primero concéntricas y después isométricas de los flexores de la cadera. Algunos de los músculos flexores de la cadera tiran de la articulación lumbo-sacra y la colocan en una posición inclinada hacia delante. La función de los músculos abdominales consiste en evitar esta inclinación hacia delante y mantener la columna vertebral recta y la cadera inclinada hacia atrás. La inclinación hacia atrás de la pelvis debe preceder a la flexión de la cadera; y, como ocurre con el ejercicio de flexión, si no puede mantenerse la inclinación adecuada, el ejercicio tendrá que hacerse de otra forma.

Asimismo, la pelvis tiene tendencia a inclinarse hacia delante durante la elevación de los brazos por encima de la cadera, cuando este movimiento se realiza de pie. Esto puede evitarse manteniendo los brazos frente a las orejas y flexionando un poco las rodillas.

Cuando se levantan pesos desde una posición supina, como en el press de banca, hay una tendencia a hiperextender la columna vertebral e inclinación la pelvis hacia delante. A pesar de que de esta forma se pueda levantar un peso un poco mayor, no se aumenta el trabajo de los músculos del brazo, y se coloca la zona lumbar en una posición errónea. El press de banca debe hacerse con las rodillas flexionadas y con los pies en el banco o en una extensión del mismo. Las elevaciones verticales se hacen mejor sentado y con la espalda apoyada.

Articulación de la cadera

Cuando se realiza el ejercicio de levantar la pierna tendido lateralmente, que está destinado a fortalecer los músculos abductores de la cadera, se suele cometer el error de mover el pie tan alto como sea posible. Debido a que el alcance de movimiento de abducción es limitado (unos 45°), la persona que realiza el ejercicio suele girar la pierna superior lateralmente para que el pie suba más. Sin embargo, esta rotación hace que adquieran un papel más importante los músculos flexores de la cadera. Para ejercitar los principales músculos abductores, no se debe girar la pierna; los dedos de los pies deben estar dirigidos hacia adelante y no hacia arriba. El movimiento de girar el pie hacia fuera se origina en la rotación externa de la cadera; no se deben girar las articulaciones del tobillo ni de la rodilla. En movimientos de la pierna hacia atrás, la hiperextensión está limitada por la tensión de los ligamentos de la cadera. Puede dar la impresión de que una pierna está más hiperextendida si este movimiento se acompaña de una inclinación de la cadera hacia delante. Hay que aconsejar a la persona que está realizando el ejercicio que mantenga la pelvis en su posición adecuada, incluso si, aparentemente, hay una hiperextensión menor.

Una posición de ejercicio común es la de pie con los pies separados a la anchura de los hombros. Muy a menudo, la persona que realiza el ejercicio gira los pies hacia fuera (con una rotación externa de la cadera). Esta posición de los pies no aporta nada y puede ser peligrosa. Durante los movimientos de sentadilla, la rodilla debe estar directamente sobre el pie para evitar la tensión de los ligamentos internos y externos de la rodilla. A pesar de que se puede mantener la rodilla sobre el pie inclinado cuando se está con los dedos de los pies hacia fuera, hay personas que tienen tendencia a dejar que las rodillas se desplacen hacia la parte interior de los pies. Para saber si la posición de las rodillas es correcta basta con ver si un pie está paralelo con el otro. Cuando una persona se agacha, tiene que ver el dedo gordo de cada pie.

Articulación de la rodilla

La hiperextensión puede estirar y poner tensión los ligamentos de la rodilla y ejercer presión sobre los meniscos; por lo tanto, especialmente con realizar sentadillas profundas, especialmente con pesos adicionales, ni sentarse sobre las pantorrillas. Durante los movimientos de tijera o cuando se dan zancadas adelante y atrás, situaciones en las que la parte delantera de la rodilla está flexionada, la rodilla puede estar encima o detrás del pie,

pero no delante del mismo. Asimismo, se debe evitar cualquier posición de la rodilla que ponga una presión de retorcimiento sobre las estructuras articulares de la rodilla. También debe evitarse la posición de paso de valla, en la que, desde una posición de sentado, una pierna se estira delante del cuerpo y la otra sale hacia un lado y atrás con la rodilla flexionada.

INTERVENCIÓN DE LOS GRUPOS MUSCULARES EN ACTIVIDADES ESCOGIDAS

El movimiento humano está controlado u originado por las fuerzas musculares. Las siguientes secciones analizan la intervención de los grupos musculares en algunas actividades físicas comunes.

Andar, hacer jogging, correr

Hacer jogging puede considerarse como una variación del andar y el correr. Las frases e intervenciones de grupos musculares al andar, hacer jogging y correr son similares, pero hacen falta contracciones musculares más energéticas para aumentar la velocidad. Las tres etapas básicas son el impulso, la recuperación de la pierna que lo ha realizado y el contacto.

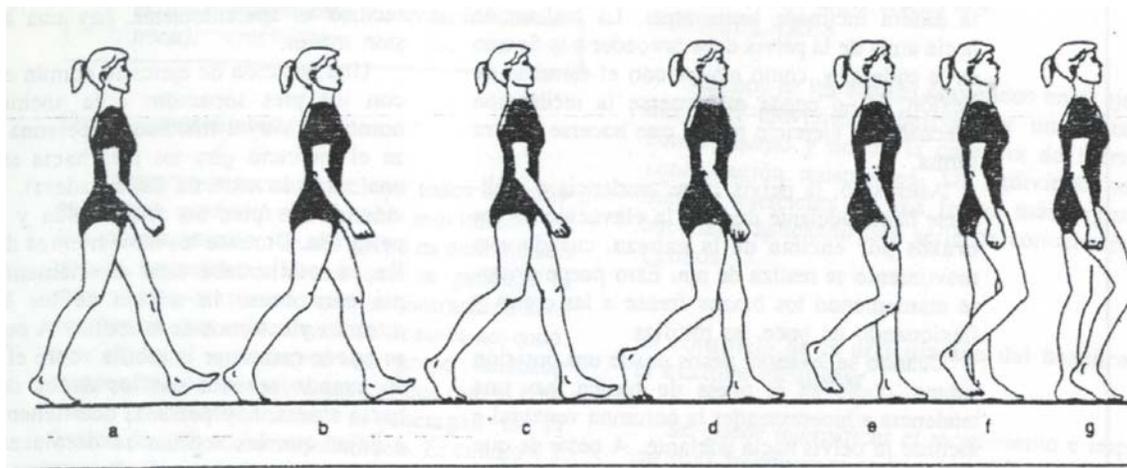


Ilustración 4.21 Movimiento al andar

Impulso

El impulso se produce por la contracción concéntrica de los hiperextensores de la cadera, de los flexores plantares tibiotarsianos, y, en menor grado, de los flexores metatarsofalángicos. (ver la pierna posterior en la ilustración 4.21) Debido a que la rodilla se encuentra casi en posición extendida en el impulso, los extensores de la rodilla prácticamente no impulsan el cuerpo hacia delante. El músculo glúteo mayor puede ir asumiendo un papel muy importante en la hiperextensión de la cadera a medida que

aumenta la velocidad. La rotación interna tiene lugar en la articulación de la cadera, pero debido a que el pie está fijado sobre el suelo, este movimiento se hace patente en la pelvis.

Recuperación

Al principio de la fase de recuperación, los flexores de la cadera se contraen concéntricamente para iniciar el recorrido de la pierna hacia delante. Esto es, básicamente, un movimiento iniciado por los flexores de la cadera hace que continúe el movimiento. Los flexores de la rodilla la doblan cuando se inicia la flexión de la cadera; los extensores inician la extensión de la rodilla; entonces, los flexores trabajan excéntricamente para controlar esta extensión de la rodilla al final de la fase de recuperación. La articulación tibiotarsiana se flexiona dorsalmente para levantar el pie del suelo y prepararse ante el descenso. (Ver la recuperación de la pierna en los dibujos d hasta g de la ilustración 4.21) La velocidad es un producto de la frecuencia y longitud de la zancada. Para elevar ambos factores al correr, se flexiona la cadera con una extensión más amplia y una velocidad mucho mayor. (Ver ilustración 4.22, recuperación de la pierna)

Contacto

Justo antes del contacto, los extensores de la cadera se contraen excéntricamente para decelerar el recorrido hacia delante de la pierna. Al contactar, los extensores de la rodilla se contraen excéntricamente para suavizar el impacto. El talón debe ser el primero en tocar el suelo cuando se anda y corre; a medida que aumenta la velocidad de carrera, la parte posterior o toda la planta del pie pueden hacer contacto. Durante la fase de contacto, al andar, los flexores dorsales tibiotarsianos se contraen excéntricamente para controlar el movimiento hacia el suelo de la parte posterior del pie.

El recorrido del brazo requiere la flexión del hombro y su extensión o hiperextensión. A medida que aumenta la velocidad, el balanceo se hace más enérgico, hay una mayor flexión del codo. Para que haya una eficiencia mayor, los brazos deben moverse en dirección anterior/posterior. Para aumentar la intervención de los músculos de la extremidad superior, la persona que anda puede incrementar los movimientos de flexión y extensión, o puede poner la articulación del hombro, en posición de abducción y adducción, o flexionarla y extenderla.

Andar o correr en cuesta hace que sea mayor la fuerza de contracción del músculo glúteo mayor en la cadera y de los extensores de la rodilla. Los flexores dorsales tibiotarsianos están más activos justo antes del contacto, para que la articulación tibiotarsiana concuerde con el ángulo de la pendiente. Debido a que la articulación tibiotarsiana se encuentra en una posición en la que está flexionado el dorso, los flexores plantares empiezan a contraerse durante el impulso desde una posición más estirada. Estas razones hacen que para subir cuestas sea indispensable tener flexibilidad en los flexores plantares, especialmente en el músculo sóleo, así como más fuerza en los flexores dorsales. También tienen lugar más contracciones excéntricas en los extensores de la rodilla durante el contacto cuando se corre en pendiente que cuando se es en cuesta. A resultas, es más probable que estos grupos musculares estén más cansados y doloridos después del ejercicio.

ANATOMÍA Y BIOMECÁNICA

Cuando se corre sobre el terreno los flexores plantares tibiotarsianos impulsan el cuerpo hacia arriba y trabajan más que cualquier otro grupo muscular de la extremidad inferior. Los extensores de la rodilla realizan una contracción excéntrica para suavizar el contacto. En el contacto, al andar y correr, el talón es la primera parte del cuerpo que se pone en contacto con el suelo, pero al trotar sin moverse del sitio, la parte posterior del pie se adelanta. Por lo tanto, los flexores plantares también están activos durante el contacto, y se contraen excéntricamente para controlar la velocidad y alcance de la flexión dorsal. Es aconsejable que haya una flexión dorsal suficiente para que el talón toque el suelo levemente porque si nos apoyamos continuamente sobre las puntas de los pies podemos poner demasiada tensión sobre los flexores plantares. Es posible que haya una intervención muscular adicional al realizar movimientos con la pierna justo después del impulso y antes de que la pierna vuelva a descender- flexión de la cadera con las rodillas doblada o estirada, hiperextensión de la cadera con la rodilla flexionada o extendida, abducción o adducción de la cadera, rotación externa de la cadera al mismo tiempo que hay una flexión de la rodilla y la cadera que hace que el pie se adelante al tronco, y rotación interna con flexión de la rodilla que desplaza al pie hacia delante y hacia un lado del tronco.

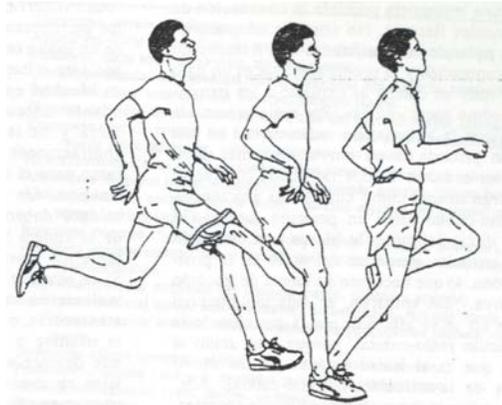


Ilustración 4.22 Movimientos al correr.

PUNTO CLAVE: Los grupos musculares más importantes que intervienen en la locomoción son:

- El impulso-hiperextensores de la cadera y flexores plantares tibiotarsianos;
- En la recuperación-flexores de la rodilla y la cadera, y flexores dorsales tibiotarsianos; y
- En el contacto-extensores de la rodilla (excéntrica) y flexores plantares tibiotarsianos (excéntricos).

Ciclismo

La fuerza principal para ir en bicicleta es producida por los músculos extensores de la rodilla y la cadera cuando se empuja hacia abajo. Si la bicicleta tiene calapiés, el ciclista puede usar los flexores dorsales de la cadera y tibiotarsianos para volver a subir el pedal, si hace un esfuerzo consciente.

PUNTO CLAVE: Los grupos musculares más importantes que intervienen en el ciclismo son:

- Los extensores de la cadera y
- Los extensores de la rodilla

Saltar

Para impulsar el cuerpo hacia arriba, se contraen enérgicamente los extensores de la rodilla y la cadera, que son seguidos por los flexores plantares tibiotarsianos. La inclinación del tronco determina el ángulo de salto. El tronco se extiende y los brazos se flexionan desde una posición de hiperextensión justo antes de que se pongan a funcionar las piernas. Si se quiere saltar hasta una altura importante, se eleva la escápula. Durante el contacto, los extensores de la rodilla y la cadera y los flexores plantares tibiotarsianos se contraen.

PUNTO CLAVE: Los grupos musculares más importantes que intervienen en el salto son

- Los extensores de la cadera,
- Los extensores de la rodilla, y
- Los flexores plantares tibiotarsianos.

Lanzamientos

Un lanzamiento se hace en tres fases: preparación; ejecución o lanzamiento real; y continuación o recuperación. (Ver ilustración 4.23)

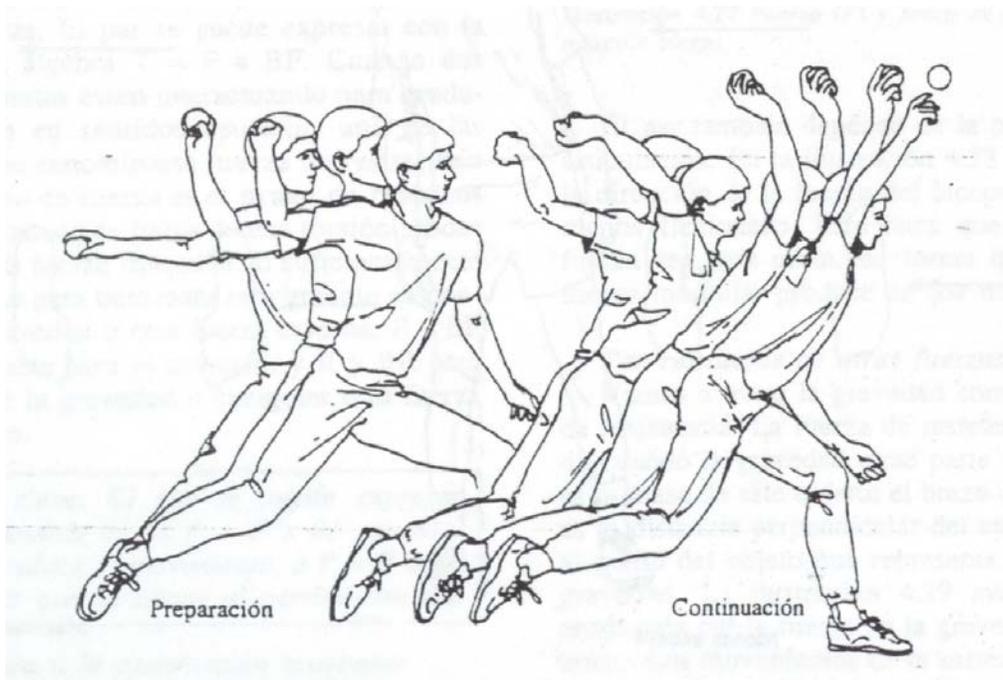


Ilustración 4.23 Movimientos al lanzar

Preparación

Como preparación para el lanzamiento hay un desplazamiento del peso hacia el que está atrás, rotación interna de la pierna atrasada (la rotación se hace patente en la pelvis porque la pierna está apoyada en el suelo), rotación del tronco así como flexión e hipertensión laterales, rotación externa del hombro, extensión horizontal del brazo que lanza acompañada de abducción de la escápula, flexión del codo e hiperextensión de la muñeca. Los movimientos del brazo que lanza son balísticos. La rotación externa del hombro es muy rápida y enérgica. Hacia el final de la preparación, los rotadores internos empiezan a contraerse excéntricamente para decelerar la rotación y preparar el lanzamiento en sí. (Ver ilustración 4.23)

Ejecución

Un desplazamiento del peso hacia delante es el movimiento inicial del esquema de lanzamiento. Se lleva a cabo por medio de los abductores e hiperextensores de la cadera, los flexores plantares tibiotarsianos, y los eversores intertarsianos de la pierna atrasada. La cadera más adelantada gira lateralmente. El tronco se flexiona lateralmente en la dirección opuesta a la de la preparación, gira, empezando en la zona lumbar y continuando hacia las vértebras dorsales, y después se flexiona. Hay una enérgica rotación interna del hombro que va acompañada de la abducción de la escápula. A pesar de que hay una leve flexión horizontal, la mayor parte de la fuerza de un lanzamiento con el brazo elevado viene de esta rotación interna. El codo se extiende, y la muñeca se mueve hacia la flexión. Los pronadores radio-cubitales y los adductores y abductores de la muñeca también pueden intervenir, dependiendo del efecto que se le quiera dar a la pelota. (Ver ilustración 4.23)

Continuación

Los rotadores externos y los retroversores del hombro se contraen excéntricamente para decelerar los movimientos porque los movimientos que tienen lugar en las articulaciones del hombro y del codo son balísticos; los flexores del codo se contraen excéntricamente para evitar la hiperextensión del codo. (Ver ilustración 4.23)

PUNTO CLAVE: Los grupos musculares más importantes que intervienen en un lanzamiento que requieren una rápida contracción excéntrica son

- Rotadores externos e internos de la articulación del hombro (excéntricos y concéntricos)
- Flexores del codo (excéntricos) extensores (concéntricos), y
- Flexores y rotadores del tronco.

Natación y ejercicio en el agua

La natación es una actividad única porque el agua ofrece resistencia a los movimientos de las partes del cuerpo sumergidas en todas direcciones y a cualquier velocidad. Los ejercicios o movimientos que se llevan a cabo en el agua requieren contracciones concéntricas. La gravedad no es un factor a tener en cuenta en el agua, de forma que se hace menos hincapié en las articulaciones que soportan peso. Según la modalidad de

natación son activos durante la fase de propulsión los siguientes grupos y áreas de ubicación muscular:

PUNTO CLAVE: Todos los movimientos de extremidades sumergidas en agua requieren contracciones concéntricas.

Levantar y transportar objetos

El peso que se quiera levantar debe ser colocado cerca de los pies separados; el levantador se agacha intentando mantener el tronco erguido. Hay que efectuar el levantamiento por acción de las piernas y no del brazo o la columna vertebral. Un levantamiento correcto se empieza poniendo el cuerpo en una posición tan perpendicular al suelo como sea posible para, después, inclinar la pelvis hacia atrás; a continuación, los extensores de la rodilla y los de la cadera se contraen concéntricamente. (Ver ilustración 4.24) Si las piernas no aportan la energía suficiente, la técnica de levantamiento será incorrecta. Hay que llevar el peso cerca del cuerpo y poner el tronco de forma que la línea de gravedad caiga sobre el área de la base. Los flexores laterales del tronco son más activos cuando el peso se lleva hacia un lado; los extensores tienen una mayor actividad cuando el peso está frente al cuerpo; y cuando se lleva el peso sobre la parte superior de la espalda, como al llevar una mochila, las abdominales son las que desarrollan una actividad mayor.

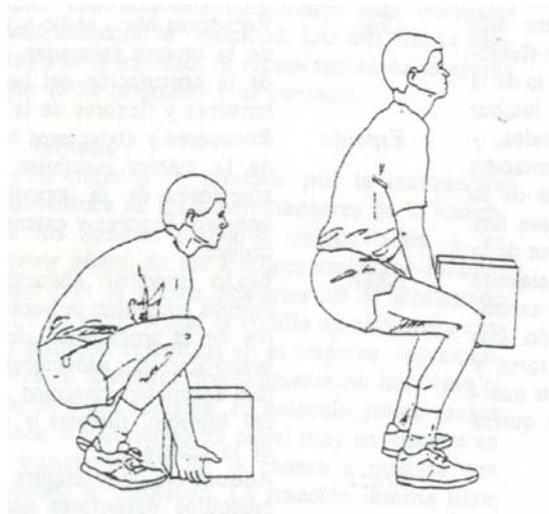


Ilustración 4.24 Técnica de levantamiento

PUNTO CLAVE: Las etapas de un levantamiento adecuado son

- Situar los pies cerca del peso
- Mover la columna vertebral hacia una posición erguida, perpendicular al suelo
- Inclinar la pelvis hacia atrás
- Extender las caderas y rodillas.

CONCEPTOS MECÁNICOS BÁSICOS RELACIONADOS CON EL MOVIMIENTO HUMANO

Para comprender el movimiento humano hay que tener un conocimiento básico de las leyes y principios de la mecánica. A continuación se describen algunos de estos conceptos.

Estabilidad

Para que un individuo mantenga el equilibrio, su línea de gravedad debe caer en el área de la base de sustentación. En la ilustración 4.25, el dibujo (a) muestra el área de la base de sustentación en una posición erguida con los pies juntos; el dibujo (b), con los pies separados y hacia delante y atrás.

La estabilidad o la facilidad con que puede mantenerse el equilibrio es proporcional a la distancia desde la línea de gravedad a los límites exteriores de la base que está más alejada de una potencial fuerza de desequilibrio. La ilustración 4.26 compara algunas posiciones estables con otras que lo son menos. Una base de sustentación asegura, normalmente, una mayor estabilidad. Desde una posición en la que los pies estén separados, si nos inclinamos de forma que la línea de gravedad caiga directamente sobre un pie, y se aplica una fuerza de empuje desde el lado opuesto, habrá menos estabilidad que si los pies estuvieran juntos pero la línea de estabilidad cayera sobre el extremo del pie más cercano a esta fuerza.

El grado de estabilidad es directamente proporcional a la altura del centro de gravedad sobre la base; cuanto más bajo es el centro de gravedad sobre la base, mayor es la fuerza que se necesita para romper la estabilidad. El grado de estabilidad también es directamente proporcional al peso del cuerpo. Si todos los demás factores son iguales, una persona pesada es más estable que una ligera.

PUNTO CLAVE: La estabilidad humana es

- Directamente proporcional a la distancia desde la línea de gravedad hasta los límites de la base.
- Indirectamente proporcional a la altura del centro de gravedad sobre la base
- Directamente proporcional al peso corporal.

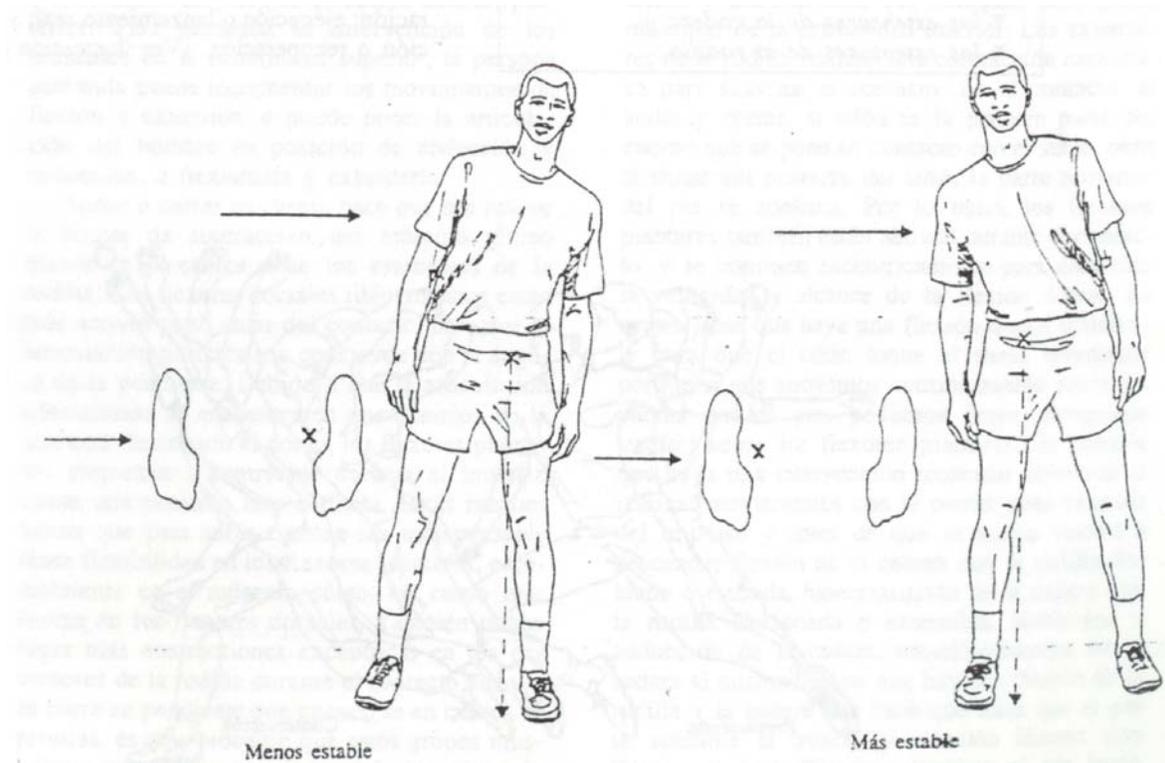


Ilustración 4.25 Áreas de base de sustentación

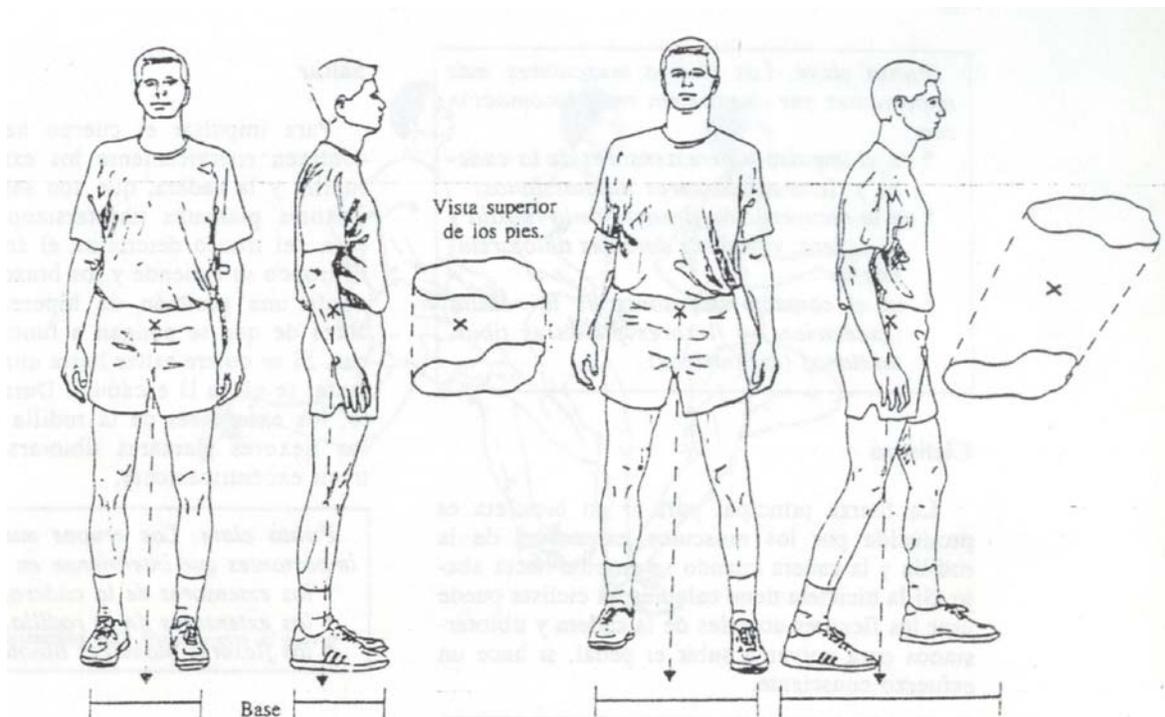


Ilustración 4.26 Relación entre la línea de gravedad y los límites exteriores de la base de sustentación

Se puede aumentar la estabilidad separando los pies para extender la base de sustentación y flexionando las caderas y las rodillas para bajar el centro de gravedad. Durante ejercicios que se hacen de pie y que requieren un cierto grado de equilibrio, una pared o algún objeto cercano pueden ser de gran ayuda en el caso de que perdamos la estabilidad. Muchos ejercicios pueden realizarse en posición de sentado. Para que sea más fácil mantener el equilibrio frente a alguna fuerza exterior desestabilizadora, hay que desplazar el peso hacia esta fuerza. Cuando va a tener lugar una locomoción, se adopta una posición cercana a la inestabilidad desplazando la línea de gravedad tan cerca como sea posible de los límites exteriores de la base (que es el área del pie de impulso), en la dirección en que se quiere efectuar el movimiento (ver ilustración 4.26). Durante la locomoción, a medida que la línea de gravedad se mueve hacia los límites de la base, se establece una nueva base cuando el otro pie toca suelo, y, de esta forma, se mantiene el equilibrio. Si algo evita que el pie establezca una nueva base, se pierde la estabilidad.

Par

El efecto que se produce cuando una fuerza causa rotación se llama par (P). Es el producto de la magnitud de la fuerza (F) y el brazo de fuerza (BF), que es la distancia perpendicular desde el eje hasta la dirección de la aplicación de esa fuerza. El par se puede expresar con la fórmula de álgebra $T = F \times BF$. Cuando dos fuerzas opuestas estén interactuando para producir rotación en sentidos opuestos, una de las fuerzas suele denominarse fuerza de resistencia (R); su brazo de fuerza es el brazo de resistencia (BR). Cuando se habla de una torsión producida por una fuerza muscular lo suficientemente grande como para ocasionar movimiento en contra de la gravedad u otra fuerza externa, F y BF son designadas para el músculo, y R y BR para la fuerza de la gravedad o cualquier otra fuerza de oposición.

PUNTO CLAVE: El par se puede expresar algebraicamente como $P = F \times BF$, para el par que produce el movimiento, o $P = R \times BR$ para el par que se opone al movimiento.

Aplicación a la contracción muscular

Podemos considerar la contracción muscular como una fuerza: BF es la distancia perpendicular de la articulación (eje) a la dirección de las fuerzas de su punto de aplicación (donde el músculo está unido al hueso). La ilustración 4.27 muestra la dirección de la fuerza del músculo bíceps sobre el radio: el brazo de fuerza es la distancia perpendicular de la articulación del codo a esta línea de fuerza. Si el músculo estuviera insertado más cerca de la articulación, una fuerza similar producirá menos par debido a la longitud menor del brazo de fuerza; para producir la misma fuerza se necesitara más fuerza muscular.

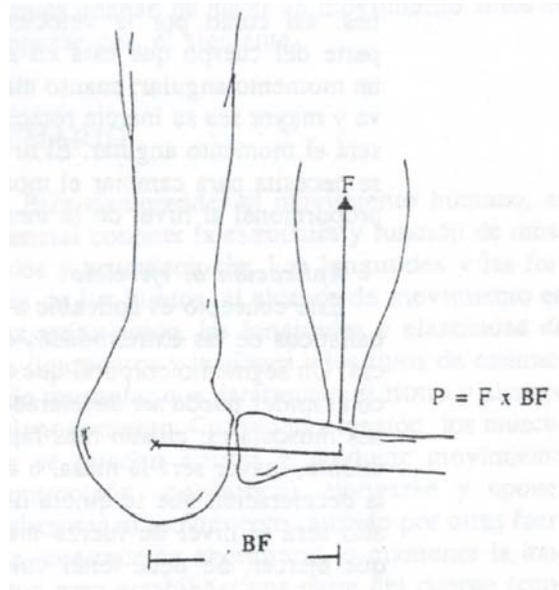


Ilustración 4.27 Fuerza (F) y brazo de fuerza (BF) del músculo bíceps.

El par también depende de la posición de las articulaciones. En la ilustración 4.28 podemos ver la dirección de las fuerzas del bíceps con el codo menos flexionado. Esto hace que el brazo de fuerza sea más corto, de forma que la misma fuerza muscular produce un par menos.

Par resultante de otras fuerzas

Vamos a tratar la gravedad como una fuerza de resistencia. La fuerza de resistencia producida cuando la gravedad atrae parte de un cuerpo es la masa de este objeto; el brazo de resistencia es la distancia perpendicular del eje de rotación al punto del objeto que representa su centro de gravedad. La ilustración 4.29 muestra el par producido por la fuerza de gravedad sobre un brazo. Los movimientos de una extremidad opuestos al par se pueden aumentar añadiendo peso para aumentar tanto la magnitud de las fuerzas como la longitud del brazo de resistencia o desplazando el peso hacia el eje. El brazo de resistencia de una fuerza ejercida por alguien que empuja o tira de una extremidad es la distancia perpendicular del eje al punto de aplicación de esta fuerza.

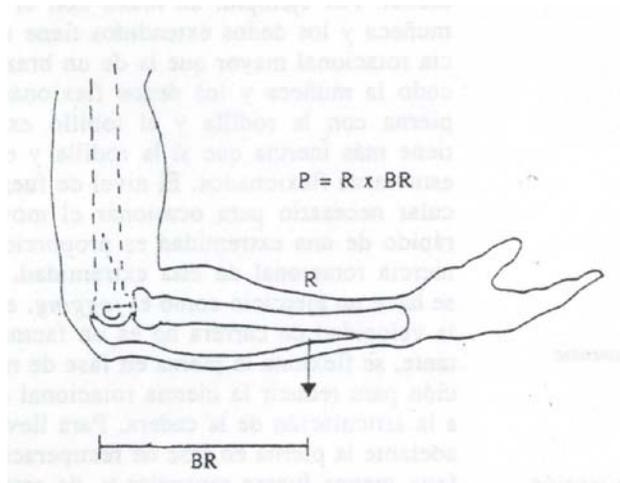


Ilustración 4.29 Resistencia (R) y brazo de resistencia (BR) del ante brazo.

Para que la contracción muscular produzca movimiento de un hueso, la fuerza muscular debe producir un par mayor que el par opuesto, o de resistencia; la contracción muscular es concéntrica. Si el par de resistencia es mayor, habrá movimiento y el músculo se contraerá de forma excéntrica. Técnicamente, se puede decir que la resistencia es la fuerza muscular ejercida durante una contracción excéntrica, mientras que la fuerza externa que ocasiona el movimiento es la fuerza. Cuando el par muscular es igual al par de resistencia, no se produce movimiento alguno; el músculo se contrae isométricamente.

PUNTO CLAVE:

- Una contracción concéntrica produce un par mayor que el par de resistencia.
- Una contracción excéntrica produce un par menor que el par opuesto.
- Una contracción isométrica produce un par igual al para opuesto.

Aplicación al ejercicio

Estos conocimientos sobre pares pueden aplicarse a la individualización de ejercicio. El nivel de contracción muscular que se necesita durante el ejercicio puede ser modificado para ajustarse a las necesidades individuales alternando el nivel de resistencia y/o el brazo de resistencia para cambiar el par de resistencia. Por ejemplo, puede aumentarse el par de resistencia usando pesos externos que harían aumentar el nivel de fuerza de las contracciones musculares. El par de resistencia también puede cambiarse alternando la posición de las partes del cuerpo. En la ilustración 4.30 se puede observar cómo la persona que realiza el ejercicio puede realizar modificaciones para reducir el nivel de fuerza muscular que se necesita no usando el peso para reducir tanto el brazo como la fuerza de resistencia, y doblando el codo para reducir la distancia del brazo de resistencia.

La posición del brazo cuando se hacen flexiones determina la longitud del brazo de resistencia y, por lo tanto, el nivel del par de resistencia a la que tienen que hacer frente los músculos abdominales. Se pueden mantener los brazos pegados a los lados del cuerpo para acercar la parte superior del cuerpo a los ejes de rotación de forma que la fuerza muscular necesaria sea menor, asimismo, se pueden poner los brazos por encima de la cabeza con las

manos en la escápula para aumentar el par de resistencia, aumentando por tanto la fuerza muscular necesaria. Hay que tener claro que las modificaciones que reducen el par de resistencia que tienen por qué hacer el ejercicio más fácil para todos los participantes. Si una persona que tenga un nivel de fuerza más bajo se encuentra con que el par de resistencia es demasiado grande para vencerla en flexiones sucesivas, se puede alterar la posición de las extremidades para reducir la tensión a la que tienen que hacer frente los músculos, pero este individuo seguirá trabajando al mismo nivel que otro participante más fuerte que no haya tenido que reducir el par de resistencia.

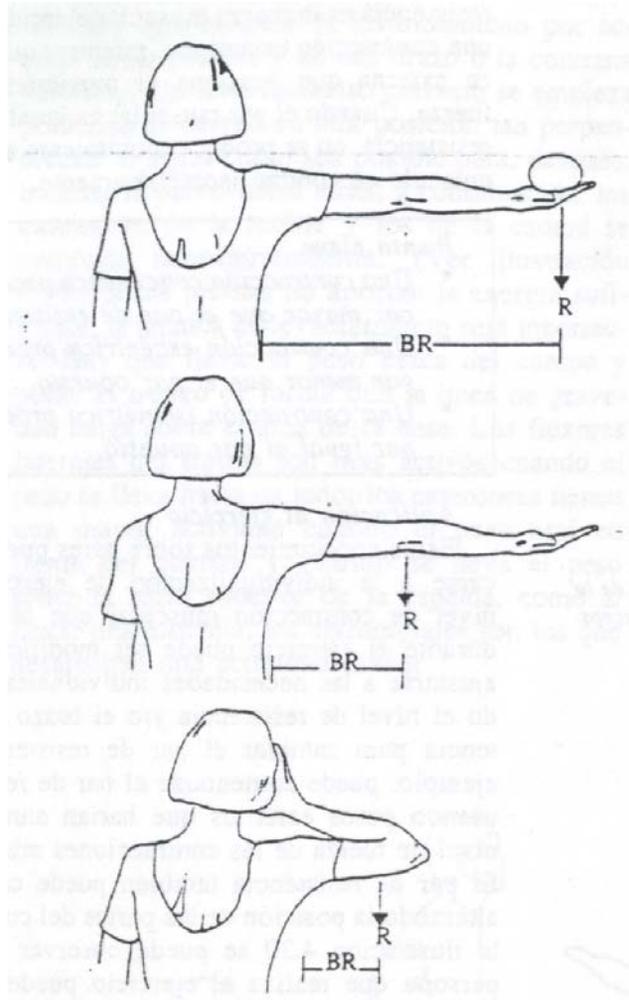


Ilustración 4.30 *Modificaciones del par de resistencia.*

PUNTO CLAVE: Se puede alterar el par que ofrece resistencia a los movimientos de las extremidades.

- Aumentando o reduciendo el nivel de fuerza de resistencia,
- Cambiando la posición de la fuerza de resistencia relativa a la articulación para cambiar el brazo de resistencia.

Inercia rotacional

La inercia rotacional (también llamada momento de inercia), o resistencia de una o varias partes del cuerpo a girar sobre un eje o articulación, depende de la masa corporal y de la distribución de esta masa alrededor de la articulación. Una pierna, por ejemplo, tiene más inercia rotacional que un brazo, no sólo porque pesa más, sino porque su masa está concentrada a una mayor distancia de su eje. Un bate de *soft-ball* agarrado por su extremo grueso tiene una inercia rotacional menor que si estuviera cogido de la forma habitual.

Aplicación al ejercicio

La inercia rotacional que tienen los segmentos corporales antes o durante el movimiento depende de la masa de estas partes, que no puede alterarse, y de la distribución de la masa en torno a las articulaciones, que puede manipularse y tiene como resultado la inercia rotacional. Por ejemplo, un brazo con el codo, la muñeca y los dedos extendidos tiene una inercia rotacional mayor que la de un brazo con el codo la muñeca y los dedos flexionados; una pierna con la rodilla y el tobillo extendidos tiene más inercia que si la rodilla y el tobillo estuvieran flexionados. El nivel de fuerza muscular necesario para ocasionar el movimiento rápido de una extremidad es proporcional a la inercia rotacional de esta extremidad. Cuando se hace un ejercicio como el *jogging*, en el que la velocidad de carrera no es un factor importante, se flexiona la pierna en fase de recuperación para reducir la inercia rotacional en torno a la articulación de la cadera. Para llevar hacia delante la pierna en fase de recuperación hace falta menos fuerza muscular y, de esta forma, se reduce la posibilidad de que aparezcan síntomas de fatiga en los músculos flexores de la cadera. Cuando se esprinta, la velocidad de carrera es mayor cuanto más deprisa se adelanta la pierna en fases de recuperación: las enérgicas contracciones de los flexores de las caderas, junto con una flexión mayor de la rodilla, hacen que la pierna en fase de recuperación avance con mayor rapidez, de forma que aumente la velocidad. Otro ejemplo de movimiento rápido al que puede aplicarse este principio son los saltos. Manteniendo el codo doblado se reduce la inercia rotacional. Esto tiene como resultado, bien la reducción del nivel de fuerza ejercida por los grupos musculares aductores y abductores del hombro para mantener una cierta cadencia, o bien unos movimientos más rápidos, en el caso de que se aplique una fuerza muscular máxima.

PUNTO CLAVE: Se puede reducir la fuerza rotacional durante los movimientos rápidos de las extremidades desplazando la masa de la extremidad hacia los ejes o articulaciones.

Momento angular

El **momento angular**, o cantidad de movimiento angular, se expresa como producto de la inercia angular, se expresa como producto de la inercia rotacional, que viene determinada por la masa de la parte en movimiento y por la distribución de esta masa en torno a las articulaciones, así como por la velocidad angular. Una parte del cuerpo que está en movimiento tiene un momento angular; cuanto más rápido se mueva y mayor sea su inercia rotacional, más grande será el momento angular. El nivel de fuerza que se necesita para cambiar el momento angular es proporcional al nivel de la inercia.

Aplicación al ejercicio

Este concepto es aplicable a los movimientos balísticos de las extremidades durante el ejercicio. Un segmento corporal que se esté moviendo con rapidez puede ser decelerado por contracciones musculares; cuanto más rápido sea el movimiento, mayor será la masa, o cuanto mayor sea la deceleración que se quiera llevar a cabo, más alto será el nivel de fuerza muscular que haya que ejercer. Se debe tener cuidado al efectuar movimientos balísticos, especialmente si se realizan con pesos añadidos. Puede generarse una buena cantidad de impulso, que requiera una fuerza muscular considerable a la hora de ser decelerado y detenido.

Transferencia del momento

Se puede transferir el momento angular de una parte del cuerpo a otra estabilizando en una articulación la primera parte que se pone en movimiento, de forma que se mueva otra parte del cuerpo. Por ejemplo, al hacer flexiones utilizando los flexores del tronco, si se lanzan los brazos hacia delante por encima de la cabeza o los codos a la altura de la misma, se producirá una transferencia de su impulso al del tronco, lo que puede, o no, ser beneficioso. Un salto con giro en el aire puede llevarse a cabo con más facilidad si, justo antes del despegue, se balancean los brazos con energía hacia la dirección en la que se quiere girar.

PUNTO CLAVE:

- El nivel de momento angular depende de la inercia rotacional y de la velocidad angular de la parte del cuerpo que esté en movimiento.
- El nivel de fuerza excéntrica necesario para decelerar la velocidad angular de una parte del cuerpo es proporcional al nivel de momento angular de esta parte del cuerpo.
- El momento angular puede ser transferido de una parte del cuerpo a otra.

ERRORES MECÁNICOS COMUNES DURANTE LA LOCOMOCIÓN, LANZAR Y GOLPEAR.

El éxito de lagunas actividades depende en gran parte de la adecuada ejecución de los movimientos. La siguiente sección trata de algunos de los errores más comunes que infringen las leyes de la mecánica.

Locomoción

Algunas de las personas que empiezan a correr tienen cierta tendencia a hacerlo sin flexionar suficientemente la pierna en fase de recuperación. Esto hace que la inercia rotacional de la pierna sea mayor; los músculos flexores de la cadera ejercen más fuerzas para desplazar la masa de la pierna hacia el eje de la cadera que si la rodilla estuviera flexionada.

Otro problema potencial es la dirección de los movimientos de la pierna y el brazo. Todos los movimientos deben hacerse en dirección anterior y posterior. Balanceando las manos por delante del tronco se gira la parte superior del mismo; como reacción, la parte inferior del tronco gira en sentido contrario. Es posible que también haya tendencia a efectuar una rotación interna de la cadera correspondiente a la pierna que está en fase de recuperación; esto hace que el pie que está en fase de recuperación se desplace hacia delante. El pie que toma contacto con el suelo debería hacerlo de delante hacia atrás y no dirigido hacia fuera. Algunas veces los corredores no conocen este detalle, hay que aconsejarles que metan el dedo gordo del pie hacia adentro, cuando pisan, para que adopten la postura correcta.

Algunos corredores se impulsan demasiado alto durante la fase aérea; esto tiene como resultado una zancada más corta. A pesar de que el individuo permanezca en el aire el mismo tiempo que si corriera más horizontalmente, recorre menos distancias.

Las zancadas demasiado largas, en las que la línea de gravedad del centro de gravedad del corredor cae más allá del pie que toma contacto con el suelo, decelerarán la velocidad de carrera. No se puede tomar impulso contra el suelo para efectuar un movimiento hacia delante hasta que la línea de gravedad caiga sobre el pie. Por el contrario, las zancadas demasiado cortas, en las que la línea de gravedad cae por detrás del pie que establece contacto con el suelo, hacen que el período en el que los músculos propulsores pueden trabajar sea más corto.

Lanzar y golpear

Una pelota se lanza para lograr un determinado grado de precisión, velocidad o distancia, que en parte depende de la velocidad de la pelota en el momento de abandonar la mano. La velocidad de la pelota en la mano justo antes de ser lanzada es la velocidad de la pelota inmediatamente después de dejar la mano. Cuantas más articulaciones intervengan en un lanzamiento, mayor será la velocidad de una pelota al ser lanzada. Las técnicas para lanzar y golpear son las mismas para hombres y mujeres. Muchos de los problemas de lanzamiento, como el de empujar la bola en vez de lanzarla, que tiene como resultado la falta de velocidad derivan de una rotación del tronco insuficiente o de una mala coordinación de la rotación con los movimientos de la articulación del hombro. La persona que lanza tiene que girar el tronco y la cadera durante la preparación para que la pelvis quede de lado a la dirección en la que se quiere lanzar y los hombros estén incluso más girados hacia atrás. Cuando las caderas y las demás secciones de la columna vertebral vuelven a girar para ejecutar el lanzamiento, el brazo se queda atrás. Esto lo prepara ante la ejecución de un movimiento similar al de un látigo y le da el tiempo suficiente para efectuar la importante rotación del brazo no sería adecuada y resultaría en un movimiento de empuje en vez de en uno de lanzamiento. La columna vertebral también debe hacer un movimiento similar al de una ola en el que las vértebras dorsales sean las últimas en girar.

Esta misma serie de movimientos puede aplicarse a los deportes en los que haya que golpear una pelota, como tenis, bádminton y *soft-ball*. La rotación insuficiente del tronco es una causa habitual de fallos a la hora de hacer un saque de tenis o un *birdie*. Es más fácil golpear un objeto sin girar el tronco, pero el impacto de la raqueta sobre el proyectil no será tan fuerte. El error más común que se comete al batear es la falta de coordinación entre los

ANATOMÍA Y BIOMECÁNICA

movimientos de los diferentes segmentos corporales. Los movimientos de la cadera, tronco y brazos deben ir seguidos para que el bate lleve una buena velocidad cuando haga contacto con la pelota. Muchos principiantes acaban de hacer un movimiento antes de empezar con el siguiente.

SUMARIO

Para comprender el movimiento humano, es esencial conocer la estructura y función de músculos y articulaciones. Las longitudes y las formas de los huesos, el alcance de movimiento en una articulación, las longitudes y elasticidad de los ligamentos y tendones y los tipos de contracción muscular que determinan el ritmo y alcance del movimiento. Cuando hay tensión, los músculos se pueden acortar y producir movimiento (contracción concéntrica), elongarse y oponer resistencia al movimiento causado por otras fuerzas (contracción excéntrica), o mantener la longitud para estabilizar una parte del cuerpo (contracción isométrica). Hemos dado información sobre los grupos musculares que intervienen en algunas actividades seleccionadas y sobre los errores más comunes que se pueden cometer al ejercitarse, así como algunos consejos para ejercitar los grupos musculares. También hemos resumido conceptos mecánicos básicos como estabilidad, par, inercia rotacional y momento angular aplicados al movimiento humano. Por último, hemos descrito algunos errores mecánicos comunes en los que se puede incurrir al desplazarse, lanzar y golpear.

ESTUDIOS DE CASOS PARA ANALIZAR

Estás supervisando el área de entrenamiento de musculación y oyes ruido metálico proveniente de la prensa de piernas. Descubres que la persona que está utilizando esa máquina no controla el descenso de las placas. Le aconsejas que baje las placas lentamente en vez de dejarlas caer. Ésta te pregunta las razones de esa sugerencia, no ve que el descenso controlado tenga ninguna ventaja aparte de evitar el ruido. ¿Qué le puedes decir?.

Le has dicho a David que haga dos tipos de estiramientos contra la pared: unos con las rodillas extendidas para estirar los músculos gemelos y otra flexionando las rodillas para estirar los músculos sóleo. Él quiere saber por qué no puede estirar ambos músculos de la pantorrilla con un solo ejercicio. ¿Cómo le explicarías que los dos ejercicios son necesarios?.

LECTURAS RECOMENDADAS

Adrian y Cooper (1989)
Barham (1978)
Basmajian y MacConaill (1977)
Brancazio (1984)
Broer y Zernicke (1979)
Cooper y Glassow (1982)

ANATOMÍA Y BIOMECÁNICA

Gowitzke y Milner (1988)
Gay (1966)
Hay y Reid (1982)
Hinson (1981)
Jensen, Schultz y Bangerter (1983)
Kreighbaum y Bangerter (1983)
Kreighbaum y Barthels (1990)
Logan y McKinney (1982)
Luttgens y Well (1982)
O'Connell y Gardner (1972)
Rasch y Burke (1986)
Thompson (1988)