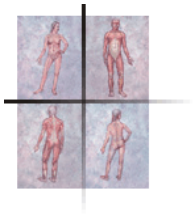
CAPÍTULO 11



ANTROPOMETRIA Y PERFORMANCE DEPORTIVA

Kevin Norton, Tim Olds, Scott Olive, y Neil Craig

1. EL CONCEPTO DE OPTIMIZACION MORFOLOGICA

Con frecuencia nos preguntamos «Qué hace que un deportista triunfe?». La respuesta obviamente es multifacética e incluye el énfasis en distintos factores fisiológicos, biomecánicos, y características de destreza dentro de los diferentes deportes. Las dimensiones antropométricas del deportista, que reflejan la forma, proporcionalidad, y composición corporal, son variables que juegan un papel (a veces principal) en la determinación del triunfo en un deporte elegido.

Se debe destacar que para responder a esta pregunta es esencial revisar los datos de los que han tenido los mejores rendimientos (nivel mundial), ya que otras características que contribuyen al triunfo, además de la antropometría (por ejemplo, el nivel de destrezas adquiridas y la aptitud física), tenderán a ser óptimas y similares entre los deportistas de élite. En cierto modo, ésto aísla a un grupo de deportistas que han alcanzado el pico de rendimiento y que tienen similares historias de entrenamiento y atributos fisiológicos. Por lo tanto, si existe un tipo corporal ideal para un deporte en particular, sólo los deportistas con esta forma ideal permanecerán en forma competitiva. Por ello, en los deportes desarrollados, una morfología característica se presenta sola. Esto es particularmente cierto en los niveles profesionales, y aún más para aquellos que sobresalen dentro de este subgrupo competitivo. En el proceso de optimización de las estructuras corporales adecuadas para los deportes habrá siempre un gran número de «presiones de selección» sobre el deportista. Las formas corporales distintivas, observadas hoy dentro de los deportes, han surgido tanto por la selección natural de tipos corporales que han triunfado a lo largo de generaciones consecutivas, como por la adaptación a las demandas de entrenamiento en la generación actual. La culminación de una forma y composición corporal «final» resulta en lo que denominamos **optimización morfológica.**

Podemos obtener una descripción de las dimensiones físicas de los deportistas a través de los perfiles antropométricos y luego evaluar la importancia relativa de estas dimensiones corporales, comparando las dos cosas. En primer lugar, podemos observar las tendencias centrales (por ejemplo, el valor medio) de la variable antropométrica en los deportistas y comparar ésto con otras poblaciones de referencia, normalmente la población general, pero podría incluir la comparación con otros grupos de deportistas. Este análisis nos ayuda a cuantificar la importancia de las estructuras corporales características, y a sugerir la ventaja funcional para los deportistas en deportes particulares. Cuanto más se asemeja la media del deporte a la media de la población, mayor será el «pool» o reserva potencial de deportistas de la cual elegir.

Sin embargo, también necesitamos considerar la dispersión de "scores" dentro del grupo deportivo en relación a la de la población general. Una forma de poder calcular la dispersión relativa de valores dentro de la muestra es utilizar la variancia (o desvío standard) de valores con respecto al valor medio, dado que realizamos suposiciones sobre la distribución general de "scores". Normalmente, necesitamos trabajar con grandes números para tener la certeza que la variancia en la muestra de nuestros deportistas será similar a la variancia en toda la población deportiva bajo revisión. Las muestran grandes hacen que sea más confiable la comparación entre la variancia de "scores" en la población deportiva y la variancia de la población general. Obtener grandes muestras deportivas no siempre es posible ya que, por definición, incluimos en la muestra solamente a los deportistas de muy alto nivel, y éstos son individuos poco comunes. En general, cuanto menor es la variancia intra-grupo en una población deportiva, más importante es la variable antropométrica en la contribución de una performance exitosa. Una variancia pequeña en el

deporte indica que los deportistas se asemejan entre sí, y sugiere fuertemente que sólo un rango estrecho de tipos corporales tendrá éxito en ese deporte. Aquellos que se desvían de este rango pueden descubrir que es imposible triunfar a nivel mundial.

1.1 Cuantificación de las presiones de selección

1.1.1 Poblaciones potenciales

Cualquier grupo de deportistas es seleccionado a partir de una población más amplia. Esta población podría ser considerada la «Zona de captación» para ese grupo deportivo. Nosotros denominaremos a esta población más amplia la **población potencial,** para un grupo deportivo específico. El equipo de la Unión Australiana de Rugby, por ejemplo, es seleccionado a partir de la población de ciudadanos Australianos varones. Para ser realistas, la población potencial para el equipo Australiano tiene límites de edad, digamos entre 16 y 40 años (siendo muy generosos). Existen otras limitaciones, más difusas en la población potencial.

Estas limitaciones podrían ser de naturaleza geográfica (en un equipo representativo del país es poco probable que venga alguien fuera de Australia) o socio-económica (el Rugby tradicionalmente ha sido un deporte para la clase media alta). También podría haber limitaciones de interés: sólo ciertos sectores de la población tienen interés en la Unión de Rugby (o para el caso, interés en el deporte o actividad física en general). Tomadas en conjunto, estas limitaciones definen la población potencial.

Está claro que la población potencial es una entidad bastante fluida e indefinida. Es probable que la población potencial para el Rugby aumente dramáticamente, luego del reciente anuncio de una «Super Unión» del Hemisferio Sur acompañada de importantes incentivos económicos. Recientemente, el equipo Australiano de Rugby ha incluido muchos jugadores de origen en Micronesia y Melanesia. Esto es resultado de los atractivos que ofrece el juego en términos de fama y fortuna. Quizás grandes sectores de la población masculina de muchas naciones del sur del Pacífico deberían ahora ser considerados parte de la población potencial para el equipo Australiano de Rugby. La población potencial para los deportes en Norteamérica, por ejemplo, está aumentando rápidamente con una tendencia hacia la «globalización» económica y de los medios. Por ejemplo, la contribución extranjera a los campeonatos masculinos de Atletismo de la NCAA aumentó del 28.1% en 1977-8 al 34.2% en 1985-6 (Bale, 1989, p. 107). La Asociación Nacional de Básquetbol (NBA) (E.E.U.U.) ha evolucionado durante el Último siglo para convertirse en el más desarrollado de los deportes profesionales. Ahora, la población potencial para la NBA es prácticamente todo el mundo. Dentro de esta competencia Norteamericana, los jugadores provienen de países tales como Australia, Croacia, Alemania, Lituania, Holanda, Nigeria, Rumania, Serbia, Sudán, Venezuela, y Zaire (por nombrar algunos). Muchos de los jugadores más altos provienen ele otros países en donde han sido selectivamente elegidos.

Las variables antropométricas están distribuidas en cierta forma en estas poblaciones potenciales. Muchas variables antropométricas (tales como la altura y el peso) tienen una distribución normal, o cerca de lo normal. Por lo tanto, pueden ser caracterizadas por una media (que llamaremos μ_{pobl}) y por un desvío standard (σ_{pobl}). Dentro de un subgrupo deportivo, también hay una distribución característica de las variables antropométricas, que podrían ser caracterizadas por una media (μ_{dep}) y una desvío standard (σ_{dep}) El siguiente análisis de la antropometría deportiva se basará en una comparación entre los parámetros ele esta población y de los subgrupos.

1.1.2 Presiones de selección

La mayoría de los deportes son selectivos, competitivos, y jerárquicos; sólo los «más aptos» llegan al nivel más alto de participación. No podría esperarse que todas las características físicas jueguen un rol en estas presiones de selección. Por ejemplo, el color del cabello, presumiblemente, no sea importante en la selección del equipo Australiano de Rugby. Es de suponer que la distribución del color del cabello en el equipo Australiano sea casi la misma que la distribución en la población general. Sin embargo, otras características físicas son más importantes. Un elevado peso corporal, claramente, es una ventaja en el Rugby. Los individuos con un peso liviano simplemente son dejados fuera del juego, lesionados, o vistos como que carecen de robustez. Podríamos suponer que el peso corporal es una característica altamente selectiva en el Rugby internacional. De hecho, cuando observarnos el peso promedio de los jugadores de Rugby, observamos que es considerablemente mayor que el de la población general. El peso medio (+/- DS) del equipo Australiano de 1994 era de 96.0 +/- 11.8 kg (registros UAR, 1994), mientras que el peso medio de los

varones de 18-29 años en Australia (DASET, 1992) es de 76.2 +/- 11.7 kg. El grado en el cual la distribución de valores en la población deportiva difiere de la distribución de valores en la población potencial, es una variable de la fuerza de la presión de selección para tal variable.

1.1.3 La Zona de superposición (ZS)

Nos gustaría poder cuantificar en un único índice el grado (le diferencia entre la distribución de una variable antropométrica en la población potencial y la distribución en un subgrupo deportivo. Esto nos permitiría:

- entender más completamente la importancia relativa de los diferentes índices antropométricos, y formular hipótesis sobre las razones biomecánicas o fisiológicas;
- realizar juicios informados sobre los criterios de identificación de talentos;
- graficar la evolución de las presiones de selección antropométrica con el tiempo, lo cual puede indicar cambios en la población potencial, o en el reglamento, o en la naturaleza del deporte;
- comparar las presiones de selección en subgrupos de la población (tales como hombres vs. mujeres, o equipos de nivel provincial vs, equipos nacionales).

Dos distribuciones pueden diferir entre sí, si la media de una está dislocada en relación a la otra, y/o si la variabilidad de una es marcadamente diferente de la otra. Cuanto más apartadas están las medias, y mayor la disparidad de variancias, menor será la superposición entre las dos poblaciones. El primer gráfico de la Figura 1 muestra la distribución de alturas en la población general (varones Australianos, 18-29 años; DASET, 1992) y la distribución de alturas reportadas de jugadores de Fútbol (Reilly, 1990a; Withers, Craig, Bourdon, & Norton, 1987). Debido a que las medias no son extremadamente diferentes (178.6 vs. 178.3 cm.), y a que el DS de la población deportiva (6.4 cm.) no es tan distinto del DS de la población general (7.1 cm.), hay una superposición considerable. El segundo gráfico muestra la distribución de alturas en la población general y la distribución de alturas reportadas de ciclistas de persecución (Foley, Bird, y White, 1989; Tittel & Wutscherk, 1992; Withers, Craig, y cols., 1987). Aquí, la subpoblación deportiva tiene una altura media similar (179.3 cm.) a la de la población general, pero un DS mucho menor (3.5 cm.). Por lo tanto la superposición es algo menor. El tercer gráfico muestra la distribución de las alturas de jugadores de Fútbol Australiano (LFA) (registros LFA, 1994) quienes, con una media de 185.4 cm., son mucho más altos que la población general. Sin embargo, los DS de las dos poblaciones son similares (7.1 cm. para la población general y 6.9 cm. para los jugadores de la LFA). Finalmente, el cuarto gráfico muestra la altura de lanzadores de disco (Stepnicka, 1986). La altura media (189.9 cm.) es mucho mayor que la de la población general, y el DS (2.5 cm.) es mucho menor. Por lo tanto, la Zona de Superposición es muy pequeña.

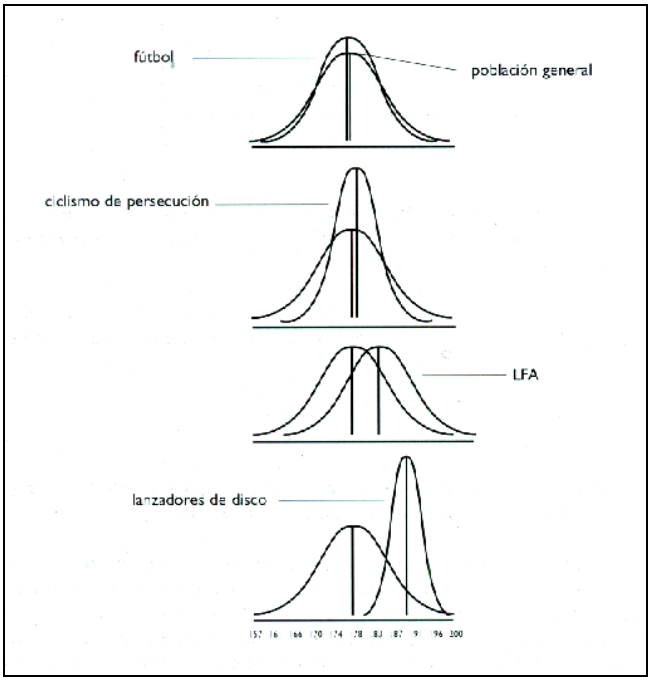


FIGURA 1. *Distribuciones para la altura de las poblaciones, potencial y deportiva. Los deportes son para deportistas varones, y fueron derivados tal como se describe en el texto.*

A esta coincidencia la llamaremos **Zona de Superposición (ZS).** Se puede cuantificar de la siguiente manera. La ecuación de la curva normal que describe la distribución de probabilidad de alguna variable antropométrica V, en un subgrupo deportivo, con una media y un desvío standard σ_{dep} está dada por:

$$P_{dep}(V = X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{dep}}} \exp\left[-\left(\frac{X - \mu_{dep}}{\frac{\sigma_{dep}}{2}} \right)^2 \right]$$

De manera similar, la ecuación de la curva normal que describe la distribución de V en la población

potencial (con una media μ_{pobl} y un desvío standard σ_{pobl}) es,

$$P_{pob}(V = X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}_{pobl}} \exp\left[-\left(\frac{X - \mu_{pobl}}{\frac{\sigma_{pobl}}{2}} \right)^2 \right]$$

La intersección de estas dos curvas puede calcularse por reiteración. Para un amplio rango de valores de la variable X, se calculan P_{dep} y $P_{pobl.}$ Donde cambia el signo de la diferencia, las dos calvas se intersectan.

Una vez calculados los puntos de intersección, se pueden convertir en "scores" z, para cualquiera de las distribuciones, utilizando la fórmula familiar para el "score". z: y las áreas apropiadas bajo las curvas pueden calcularse utilizando programas de computación, o por referencia a las tablas standard de estadística.

$$z = \frac{\times - \mu}{\sigma}$$

En el gráfico superior de la Figura 1, por ejemplo, el primer punto de intersección ocurre cuando X = 170.1 cm. Esto es equivalente a un score z de - 1.28 en la distribución de valores en la población deportiva. El porcentaje de scores que quedan a la izquierda de este punto en la distribución del deporte es del 10 %. Esta área se intersecta con la distribución de la población general. El score z correspondiente a X = 170.1 cm en la distribución de la población general es - 1.20. El segundo punto de unión ocurre cuando X = 183.9 cm. Esto corresponde a un valor z de + 0.75 en la distribución de la población general. El porcentaje de scores que caen entre z = - 1.20 y z = + 0.75 es aproximadamente del 66 %. El score z correspondiente a X = 183.9 cm en la distribución deportiva es + 0.87. El porcentaje de valores que caen a la derecha de este punto es del 19 %. Esta área se intersecta con la distribución de la población general. Por lo tanto, el valor de ZS es de 10 + 66 + 19 = 95 %.

Los valores de ZS tienen un rango teórico de 0 (ninguna superposición) a 100 (superposición perfecta). Son específicos solamente para una variable antropométrica, y relacionan una subpoblación deportiva (cuyos parámetros deben ser estimados a partir de una muestra) con una población potencial. En general, la población potencial no es la misma que la población general específica, para la edad y el sexo. Sin embargo, los parámetros de la población general pueden servir como un equivalente operacional. La Tabla 1 muestra los valores de la ZS para la altura, en distintos deportes.

Deporte	**Varones**			**Mujeres**		
	Media	**DS**	**ZS**	**Media**	**DS**	**ZS**
Población general	178.6	7.10		164.8	8.50	
Básquetbol - centro	214.0	4.10	0.2	189.8	6.40	9.2
Salto en alto	194.7	2.60	8.5	176.2	3.30	28.5
Básquetbol - «forward»	196.6	4.60	11.4	185.0	7.80	21.0
Disco	189.9	2.50	20.2			
Remo P/P	191.9	5.00	26.2	179.2	3.60	20.9
Boxeo P/P	190.2	4.60	31.1			
Voleibol	190.2	9.90	42.1	177.0	6.40	40.6
Gimnasia	169.4	5.40	45.6	157.0	7.40	62.0
Lanzamiento de bala	189.1	7.35	46.7			
Saltos ornamentales	170.9	4.30	47.3	161.2	6.00	75.7
Waterpolo	186.8	6.30	53.9	172.1	5.90	59.2
Kayak	185.3	5.40	58.1			
Natación - velocista	186.4	7.50	59.3	173.9	7.00	55.2
Fútbol Australiano	185.4	6.90	62.7			
Tenis	185.0	6.30	63.0			
Maraton	172.8	5.90	64.9	164.2	4.20	67.1
Básquetbol- defensa	185.4	8.60	65.8	171.9	6.10	60.9
Ciclismo - persecución	179.3	3.50	66.9			

Unión de Rugby	184.9	8.70	68.1			
Remo - P/L	182.7	5.50	72.7	169.3	6.20	73.0
Natación - MD	183.1	8.30	76.3	171.9	5.70	59.2
Hockey sobre césped	175.8	5.10	77.2	166.5	7.50	90.1
Liga de Rugby	181.9	6.21	79.8			
Hockey sobre hielo	179.4	4.93	82.0			
Badmington	181.1	5.70	82.2	165.9	2.60	48.2
Lacrosse	177.6	5.50	86.6	165.2	7.40	93.1
Triatlon	177.2	7.40	92.1			
Fútbol	178.3	6.40	94.8			
Canotaje - slalom	178.8	6.60	96.3	169.1	7.26	77.7
Natación - LD	179.6	8.60	94.8	162.6	4.60	69.1
Cestobol - defensa				174.8	4.50	40.8
Salto en largo				169.9	3.80	54.4
Cestobol - ataque				172.1	6.70	62.1
Patín carrera				165.8	3.80	62.7
Ballet				163.8	4.06	65.4
Pentatlon				169.2	6.00	72.5
Cestobol - centro				165.5	5.00	74.7
Sóftbol				166.9	5.30	75.3

TABLA 1. *Medias, desvíos standard (DS), y valores de ZS (%), en relación con la población general (DASET, 1992), para las alturas (cm) de deportistas de élite. Para la fuente de datos brutos, ver las Figuras 4 y 5.*

P/P = peso pesado; P/L = peso liviano; MD = media distancia; LD = lar—.] distancia.

1.1.4 Advertencias

El procedimiento descripto anteriormente no debería ser aplicado sin un adecuado discernimiento y observación crítica. Se deberían considerar algunos puntos importantes.

- El método se aplica solamente a variables distribuidas normalmente. Cuando la distribución no es normal (por ejemplo, los pliegues cutáneos), se deben utilizar otras estrategias. Estas podrían incluir la realización de una transformación de normalización, usando otros tipos de distribución (por ej., «Poisson» o binomial), y graficando las distribuciones habituales.
- Una variable antropométrica podría demostrar una ZS pequeña, sin ser ella misma la causa de presión de selección. Por ejemplo, el peso de los saltadores en alto podría ser mayor que el de la población general, y mostrar solamente una superposición moderada. Sin embargo, ésto puede deberse a la covariancia del peso con la altura. Es decir, es la altura la que está siendo seleccionada, mientras que la ZS del peso es meramente una consecuencia. Normalmente, la población potencial nunca puede conocerse verdaderamente. En la mayoría de los casos, los datos de la población general servirán como referencia operacional. Existen, sin embargo, casos especiales en los cuales las poblaciones potenciales pueden ser delimitadas en forma precisa. Un ejemplo, es el equipo de Fútbol de una escuela en la cual el Fútbol es un deporte obligatorio.
- Son importantes los números relativos en las poblaciones deportiva y potencial. Si el «pool» total de personas en un grupo deportivo permanece constante (como sucede frecuentemente, por ej. en equipos deportivos nacionales) mientras aumenta el número en la población potencial, los valores de la ZS podrían ser mayores. En una población de un millón, por ejemplo, 22.800 individuos tienen más de 2 DS por arriba de la media. En una población de dos millones, 22.800 individuos caen más de 2.28 DS por encima de la media. Las poblaciones potenciales pueden expandirse o achicarse a través del tiempo debido a un cambio en los números en la población general, o debido a factores socio-económicos.
- Si bien la ZS describe el rango de posibles valores que podrían encontrarse en la población deportiva, en realidad los deportistas con mayor éxito, con frecuencia, se agrupan alrededor de un estrecho margen. Por ejemplo, a pesar de que un lanzador de disco de 184 cm podría llegar a ser un atleta de élite y representar un país (y estaría incluido en el valor de la ZS, en la Tabla

1), es necesaria una habilidad excepcional en otras áreas para que esta persona sea un campeón internacional.

1.1.5 Aplicaciones

Diferencias de sexo

La Figura 2 muestra la relación entre los valores de ZS para la altura, en varones y mujeres en los mismos deportes, calculada mediante utilización de la población general como población potencial. En deportes en los cuales la altura es claramente importante (aquellos con valores ZS muy bajos como el básquetbol y el salto en alto), los valores de la ZS para los varones son en general mucho más bajos que para las mujeres, indicando una mayor selectividad. Esto no necesariamente significa que la altura es más importante en las ramas masculinas de los deportes. Más probablemente, sugiere que la población potencial para los varones es mucho mayor, ya que los juegos masculinos ofrecen mayor recompensa económica y, quizás, porque los hombres están más interesados en el deporte en general. Sorprendentemente, los valores de la ZS para la altura en distintos deportes en los cuales esta variable no es tan crítica, tienden a ser menores en las mujeres.

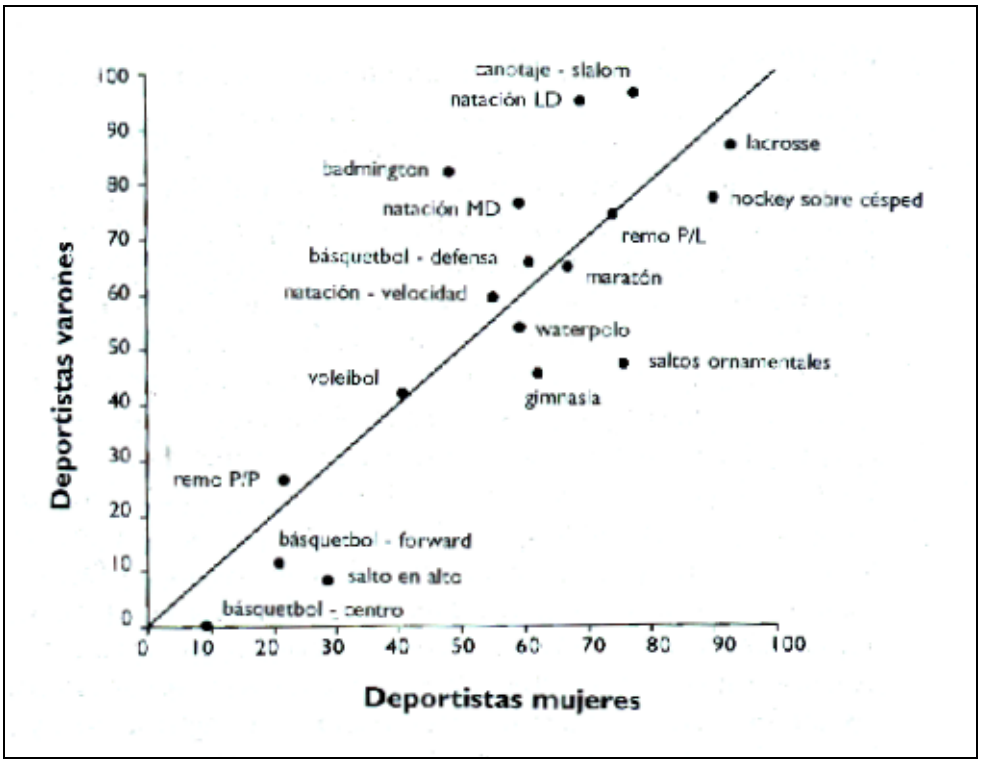


FIGURA 2. *Valores de la ZS para la altura (%) en varones, graficados contra los valores de la ZS en las mujeres, en distintos deportes. Ver Figuras 4 y 5 para referencias.*

Diferencias entre niveles competitivos

Los valores de la ZS pueden utilizarse para comparar la importancia de las variables antropométricas a través de los distintos niveles de competencia del mismo deporte. Steele (1987) brinda datos sobre las alturas de 15 jugadoras de cestobol de nivel de club. La altura promedio es de 164.4 +/- 5.2 em, arrojando un valor ZS de 76.6 %, con relación a la población

general. Withers, Whittingham y cols. (1987) tienen datos sobre una pequeña muestra (n= 7) de jugadoras de cestobol de nivel provincial y nacional, siendo la altura media 176.2 +/- 3.9 cm. El correspondiente valor ZS es de 32.1 %. En general, si una variable antropométrica es importante para la performance deportiva, es de esperar que los valores ZS disminuyan a medida que aumenta el nivel de competencia.

Diferencias a través del tiempo

Los valores ZS podrían ser utilizados para cuantificar los cambios en la población potencial alcanzando especificaciones antropométricas con el tiempo. Los datos obviamente son más difíciles (te obtener porque las distribuciones, tanto en las poblaciones deportiva

como potencial, son necesarias a intervalos de tiempo correspondientes. Algunos ejemplos de estos análisis son presentados en la Sección 3 de este capítulo.

1.2 Implicancias antropométricas

Cuando se describen los patrones morfológicos característicos dentro de los grupos de deportistas, es importante restringir el análisis de distintas maneras.

- En primer lugar, subyacente al estudio de estos patrones corporales es esencial que, en la medida de lo posible, los antropometristas y los científicos del deporte relacionen las maneras en las cuales las diferencias en las variables corporales afectan el rendimiento, más que simplemente describir el fenotipo. Sin embargo, es sabido que aún entre entrenadores y científicos con experiencia, ésta no es una tarea fácil.
- En segundo término, además de las limitaciones de tiempo, costo, y disponibilidad de deportistas, las variables antropométricas incluidas en cualquier análisis deberían ser aquellos sitios que son fácilmente localizables e informativos. Deberían incluirse distintos sitios que, se sabe, tienen una fuerte influencia genética (por ej., mediciones óseas), así como aquellos sitios sensibles a alteraciones luego del entrenamiento (por ej., pliegues cutáneos y la mayoría de los perímetros).
- En tercer lugar, los resúmenes de datos tomados de la literatura para propósitos comparativos necesitan haber sido recolectados recientemente, a menos que haya una razón específica para hacer lo contrario (ver evolución del tamaño corporal, más adelante). A este respecto, se sugiere que los datos no tengan una antigüedad mayor a 15-20 años. Esto se debe a que las formas corporales de los deportistas seleccionados por especialidad evolucionan con el tiempo, así como bajo la influencia de los cambios en los equipamientos, tecnología, reglamentos, y niveles profesionales. Como telón de fondo de estas alteraciones existe el continuo proceso de evolución del tamaño corporal dentro de la población general. Todos estos factores tienen un impacto sobre los deportes, de forma tal que modifican las presiones de selección para los tipos corporales y alteran la población potencial de deportistas a partir de la cual se realiza la selección. Aún cambios tales como el «status» percibido de un deporte, su prestigio (por ej., su inclusión en el programa Olímpico), y el dinero involucrado en el juego pueden impactar sobre la morfología de los jugadores, incrementando el «pool» de posibles deportistas con una predisposición hacia ese deporte. Otros cambios en el entrenamiento, dieta, y uso de ayudas ergogénicas también sirven para perfeccionar las estructuras corporales aumentando y disminuyendo masas particulares de tejidos, por lo cual estos factores necesitan ser considerados.
- En cuarto lugar, en algunos deportes existe una importante interface entre el atleta y el equipamiento externo. Por ejemplo, el ciclismo es un deporte en el cual la performance está determinada por la interacción entre la potencia del cuerpo y los dispositivos mecánicos. Por lo tanto, en este caso sería importante, en los análisis biomecánicos del rendimiento en ciclismo, considerar tanto la bicicleta como la antropometría de los deportistas.
- Finalmente, en muchos deportes existen distintas posiciones de juego en las cuales los jugadores tienen responsabilidades específicas. En estos eventos, se debe reconocer que las demandas de las tareas determinarán los tipos corporales de aquéllos elegidos para la posición. Algunos ejemplos de este hecho son los arqueros en Fútbol, Lacrosse, Hockey, Waterpolo; centros y defensas en Básquetbol, etc. En deportes de equipo, tales como el Fútbol Australiano, existen equipos especialistas de ataque *y* defensa, pateadores, *y* lanzadores (por ej., los cuartos zagueros). Los deportistas de salto en largo, alto, y triple, a menudo, son agrupados juntos para los análisis de la estructura corporal (Carter, Ross, Aubry, Hebbelinck, & Borros, 1982; Withers, Craig, y cols., 1987) a pesar de la naturaleza específica de cada disciplina y de la concomitante optimización morfológica dentro de cada evento. Por lo tanto es aconsejable, cuando el número lo permite, considerar estos y otros grupos de deportistas en forma independiente. Si pudiéramos evaluar regularmente las características anatómicas de estos deportistas, junto con aspectos de la Fisiología y la performance, ésto ayudaría a mejorar la resolución para determinar la relación entre la estructura humana y el rendimiento deportivo.

En síntesis, los fenotipos que son garantía de éxito para los deportistas de hoy podrían ser modificados en otro momento en el tiempo, bajo otra serie de reglas o cuando el equipamiento mejora a partir de los avances tecnológicos. La oportunidad que tenía un atleta de

poder ganar medallas doradas en las Olimpíadas en el lanzamiento de bala y disco, y además obtener medallas de plata tanto en salto en alto como en largo, quedó en el pasado. De hecho, pasó más de un siglo desde que el atleta estadounidense Robert Garrett logró esta hazaña remarcable en los Juegos Olímpicos de Atenas en 1896 (Conners, Dupuis, & Morgan, 1992).

1.3 Ejemplos de optimización morfológica

Ejemplos de optimización morfológica pueden encontrarse en todos los deportes, a nivel de élite. Aquí presentamos algunos pocos ejemplos.

Jabalina

El primer ejemplo muestra cómo algunos cambios relativamente menores en el diseño del equipo alteran el tipo de atleta que se adapta más a un evento. Los lanzadores de jabalina de nivel mundial están constantemente rompiendo nuevos terrenos, en términos de distancias a las cuales lanzan la jabalina. Esto normalmente incluye pequeños incrementos en las distancias de los records mundiales. Sin embargo, en 1984 Hohn, un lanzador de Alemania del Este, rompió el record mundial por más (le 5.0 mt (con un lanzamiento de 104.7 mt), un enorme aumento. En respuesta a ello (y preservando la seguridad de los espectadores 9, la Federación Internacional de Atletismo Amateur (en 1986) cambió el reglamento con respecto a la aerodinámica de la jabalina. Específicamente, el centro del peso fue trasladado 4 cm hacia la punta y se aumentó el diámetro de la sección del extremo. Esto provocó un mayor ángulo óptimo de liberación o desprendimiento del implemento al arrojarlo. Debido a que el ángulo de liberación y la velocidad de liberación tienen una correlación negativa (Barlett & Best, 1988), ésto significó que los lanzadores fueron posicionados en diferentes partes de sus curvas fuerza-velocidad y, por lo tanto, potencia-velocidad. El efecto general, fue una dramática disminución en las performances de los mejores 20 lanzadores mundiales, en un promedio de 6.84 mt (Watman, 1986). Los rendimientos de algunos deportistas se vieron afectados hasta en 14.34 mt (el mejor lanzador con la jabalina anterior), mientras que otros solamente en 1.52 mt. Estas modificaciones han resultado en una serie diferente de características fisiológicas y morfológicas que, por ahora no se adecuan de la mejor manera al diseño de la nueva jabalina y, en el proceso, desplazaron al mejor lanzador.

Códigos de Fútbol

Si bien la causa y el efecto son difíciles de demostrar, la introducción de reglas de intercambio en los códigos del Fútbol Americano y Australiano más que probablemente han contribuido a la selección de deportistas particularmente grandes, los que no son adecuados para el ejercicio de alta duración e intensidad. Por ejemplo, no es extraño encontrar jugadores de Fútbol Americano, en las posiciones menos móviles (por ej., hombres de línea), que pesan más de 140 kg, de los cuales cerca del 20 % (en promedio) es grasa corporal (Reilly, 1990a). En el Fútbol Australiano, donde la distancia cubierta por muchos jugadores es mayor a 10 km (Reilly, 1990a), los jugadores altos (hasta 210 cm de estatura) no son adecuados para estos esfuerzos de ««endurance»» debido a las dificultades en la movilidad general, junto con las numerosas colisiones corporales que sufren. Previo a los últimos 20 años, a los jugadores de Fútbol Australiano no se les permitía re-ingresar al partido una vez que salieron del mismo. La naturaleza del juego actual permite regulares y considerables períodos de descanso. Estas características, además de la habilidad para intercambiar jugadores descansados por los fatigados en ambos códigos de Fútbol, ahora más que nunca significan que estos deportes no sólo toleran, sino que demandan jugadores de un tamaño corporal extremo.

Salto en alto

La técnica del salto en alto fue sometida a un cambio dramático en los últimos años de la década del '60. El cambio estaba relacionado con la forma en la cual el atleta pasaba por encima de la varilla. Antes de las Olimpíadas de 1968, los atletas usaban tanto las técnicas ya sea de corte Oriental, o de origen Occidental, tales como "Barrel Roll" o rolido sobre la brarra, o como "Straddle" o tijereta sobre la barra (Dyson, 1975). Luego de las Olimpíadas de Méjico, donde el mundo vio por primera vez la nueva técnica llamada «flop de Fosbury», la técnica del salto en alto cambió radicalmente. Los métodos anteriores requerían que los deportistas generaran una suficiente rotación del cuerpo (momento angular total) para el pasaje por encima de la varilla. Para obtener mejores resultados, ésto significaba estirar la pierna libre lo más pronto posible en el salto, y mantenerla en una posición casi horizontal (con una considerable extensión de la cadera) por encima de la varilla. Esto creaba largas palancas de fuerza y demandaba fuertes músculos extensores por parte del saltador. Por lo tanto, a pesar de las presiones de selección para

minimizar la diferencia de altura entre el centro de gravedad en el despegue y el centro de gravedad por encima de la varilla, es decir, para seleccionar saltadores altos, se ponía un gran énfasis en la fuerza. Por lo tanto, el típico atleta de salto en alto no era extraordinariamente tan alto, aún por las normas de estatura de generaciones anteriores. El salto flop Fosbury» permitió que los deportistas completen el salto con menos movimientos de vuelta en el aire y requería menores demandas en la coordinación, sincronización, *y* flexibilidad (Dyson, *1975).* El resultado fue un cambio bastante drástico en la antropometría de los saltadores de élite. Por ejemplo, Stepnicka (1986) reportó un aumento en la altura media de los saltadores de nivel nacional de más de 10 cm (183.9 cm vs. 194.7 cm), en sólo ocho años, luego de la introducción de la nueva técnica.

Cricket

El cricket es un juego en el cual un subgrupo de deportistas ha aumentado fuera de la proporción con otros jugadores en el deporte. Los danzadores' rápidos son individuos muy altos, sólo con muy pocas excepciones [193.6 +/- 4.1 cm vs. 179.1 +/- 2.8 cm de otros "lanzadores" no rápidos, en el actual equipo senior de Cricket de Australia, (Pitre Bourdon, Instituto Deportivo del Sur de Australia, comunicación personal, Julio de 1995; AADBase, 1995)1. Este cambio se ha acelerado en los últimos 20 años con mayor énfasis en la velocidad y en el ángulo de liberación o desprendimiento de la pelota. Una más elevada liberación por parte de un jugador más alto es una ventaja, ya que la pelota se eleva más abruptamente en la cancha de cricket. Sorprendentemente, muchos de los bateadores con gran éxito son de estatura relativamente baja, quizás reforzando la importancia de los reflejos rápidos y el control motor fino.

Ciclismo

Otro ejemplo de la especificidad de la estructura corporal intra-deporte se observa en el Ciclismo, y se muestra en la Figura 3. En general, los ciclistas de alto nivel son mesoectomórficos, con poca variación en el nivel de adiposidad entre las distintas especialidades (Foley y cols., 1989; McLean & Parker, 1989). Sin embargo, cuando se analizan más detenidamente las distintas disciplinas dentro del Ciclismo, aparecen diferencias distinguibles en la forma y composición corporal. Los ciclistas de —sprint—, como grupo, son significativamente más pesados (principalmente por masa muscular) y más bajos que los otros ciclistas de pista y de ruta (Foley y cols., 1989; McLean & Parker, 1989). Los ciclistas de pruebas contra reloj son los más altos, y tienen piernas más largas en proporción a la altura, en comparación con los otros grupos (Foley y cols., 1989; Miller & Manfredi, 1987). Esto reduce la resistencia aerodinámica de la parte superior del cuerpo, y ello les permite a este grupo de ciclistas que utilizen proporciones de cambios mucho mayores que cualquiera de los otros grupos de ciclistas, probablemente debido a que pueden utilizar brazos de pedal más largos de CRANK (Foley y cols., 1989).

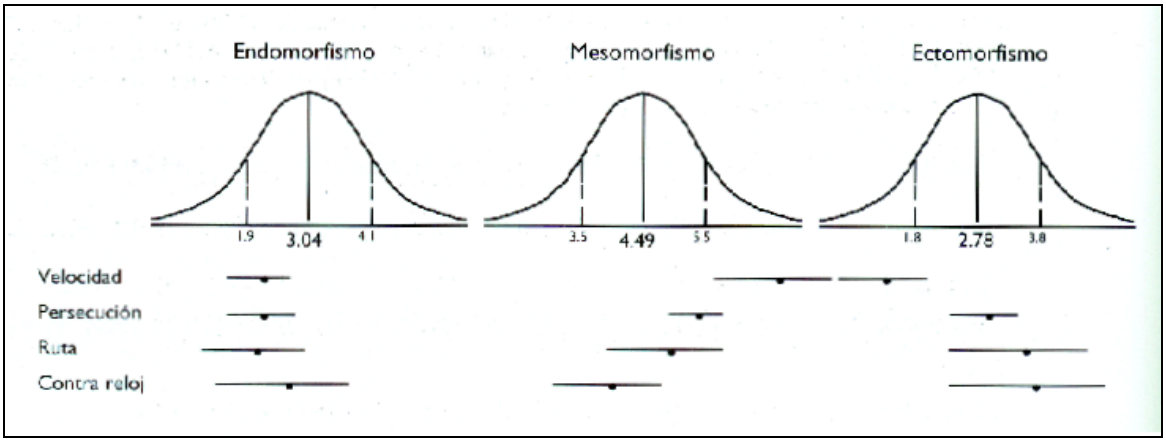


FIGURA 3. *Calificaciones características del somatotipo (representando las formas corporales) de ciclistas de elite, especialistas en una de cuatro disciplinas diferentes.*

Los datos representan las medias +/- DS (Foley y cols., 1989), graficadas en relación a las distribuciones del somatotipo de una población de referencia. El grupo de referencia fue extraído de la Base de Datos Antropométricos de Australia (AADBase, 1995; n= 70 varones, 18-29 años).

Triatlon

El Triatlon es un deporte relativamente reciente, debido a que será introducido como deporte Olímpico en los Juegos del 2000. Se han estandarizado las distancias para los tres eventos que comprenden el Triatlon Olímpico en 1.5 km de Natación, 40 km de Ciclismo, y 10 km de Pedestrismo o Carrera (O'Toole & Douglas, 1995). Los deportistas de nivel mundial en los eventos individuales tienen formas y tamaños diferentes a los que triunfan en triatlon. Por ej., la Tabla 2 muestra triatletas de élite varones y mujeres, en relación a otros deportistas de alto nivel. Si bien los triatletas son magros y parecidos a los ciclistas de alto rendimiento y nadadores de media distancia (dentro del sexo), por lo general no son tan magros como los corredores de fondo (10 km). Algunos investigadores han concluido que los triatletas olímpicos tienden a asemejarse a los nadadores más que a los corredores, con respecto a la forma corporal o somatotipo (Leake & Carter, 1991), a pesar de que esta tendencia no surge a partir de los datos presentados en la Tabla 2. La estatura de los triatletas varones es similar a la de los corredores de nivel, mientras que el peso se encuentra entre el de los correctores y los nadadores de élite (Leake & Carter, 1991; O'Toole & Douglas, 1995). Las triatletas mujeres parecen ser similares tanto a las ciclistas como a las corredoras, pero son mucho más pequeñas que las nadadoras. Estos datos indican que la combinación de requisitos en un Triatlon es la selección de deportistas con proporciones corporales que difieren considerablemente de aquellos deportistas que triunfan en los eventos deportivos individuales que integran el Triatlon.

	Varones				Mujeres			
	Altura (cm)		Peso (kg)	% GC	Altura (cm)		Peso (kg)	% GC
Triatletas	176.5 +/-	7.6	69.4+/-7.2	7-10	167.2	+/- 4.5	57.7 +/- 6.5	13-1 8
Nadadores (MD)	183.1	+/- 8.3	74.3 +/- 9.2	7-10	171.9	+/- 5.7	63.5 +/- 6.1	16-19
CicIistas (contra reloi)	186.3+/-	7.3	76.0+/- 6.9	6-9	165.0	+/- 1.8	55.0+/- 2.1	12-15
Corredores (10 km)	177.9 +/-	3.6	65.0+/- 7.1	6-8	165.4	+/- 5.3	54.1 +/-5.4	12-14

TABLA 2. Características físicas de triatletas de nivel mundial y de deportistas que se especializan en las disciplinas individuales que comprenden el Triatlon. Datos extraídos de AADBase, 1995; Burke, Faria, & White, 1990; Ford, 1984; Foley y cols., 1989; Leake & Carter, 1991; Mazza, Ackland, Bach, & Cosolito, 1994; O'Toole & Douglas, 1995; Withers, Craig y cols., 1987; Withers, Whittingham, y cols., 1987. MD = nadadores de media distancia (200-800 mt).

2. PROPORCIONALIDAD, FORMA CORPORAL, Y PERFORMANCE

En este capítulo hemos apuntado a seis atributos morfológicos a través de una amplia variedad de deportes. Estas características son:

- estatura
- peso corporal
- cociente estatura sentado/estatura
- cociente longitud extremidad superior/estatura
- índice braquial (definido como la proporción cociente entre la longitud del antebrazo y la longitud de la parte superior del brazo)
- nivel de adiposidad corporal, utilizando la sumatoria de pliegues cutáneos

Estas variables antropométricas han sido seleccionadas por distintas razones. Son variables relativamente comunes en los perfiles antropométricos, se dispone de datos considerables en la literatura con deportistas de alto rendimiento, y son variables relativamente groseras, lo cual facilita relacionar las estructuras con ventajas fisiológicas o biomecánicas. Las proporciones corporales serán tratadas individualmente, y se discute sobre las presiones de selección relacionándolas con su posible rol funcional en distintos deportes. Cada figura que nuestra el rango de valores medios presenta, debajo de ella, las referencias a partir de las cuales se obtuvieron los datos. En muchos casos fue posible calcular ya sea

las medias simples de peso o, cuando se reportaban los DS en los trabajos originales, la distribución combinada de la muestra (media +/- DS) utilizando técnicas descriptas por Pheasant (1988). Hemos restringido los datos resumidos, solo a datos correspondientes a deportistas de nivel de Juegos Olímpicos, Campeonatos del Mundo, y nivel nacional.

En algunos casos, también se ha utilizado una combinación de deportistas de nivel nacional y provincial. Si bien esta última inclusión quizás está «diluyendo» las muestras, en esta etapa de base del proceso descriptivo es importante efectuar un modelo de trabajo de optimización morfológica a través de un extenso rango de deportes. Sin embargo, se debería tener en cuenta que:

- a veces existe una considerable variación dentro del deporte para una variable antropométrica determinada
- la ubicación absoluta en los gráficos de un deporte puede cambiar considerablemente con respecto a otro deporte, dados números más grandes y la incorporación estricta de deportistas de clase mundial. Por lo tanto, no se pretende que las cifras y los datos contenidos en ellos sean definitivos o prescriptivos, ni deberían ser utilizados exclusivamente (o aún necesariamente) para la identificación de talentos en los niños en edad de crecimiento, ya que muchas proporciones cambian a diferentes niveles y momentos dentro de la población.

2.1 Estatura

Si bien el tamaño y la forma corporal características son aparentes entre los diferentes deportes y en las posiciones específicas dentro de los mismos, existen muchas disciplinas en las cuales la altura en sí misma es una clave determinante del éxito. En general, la estatura entre los deportistas de alto rendimiento es mayor que la de las poblaciones no deportivas, si bien las Figuras 4 y 5 muestran el rango de altura para deportistas varones y mujeres en distintos deportes. A primera vista, es obvio que la mayoría de los deportes presentados están por encima de las normas de la población, para su respectivo sexo.

Las Figuras 4 y 5 muestran extremos en altura observados tanto en hombres como en mujeres, en deportes tales como Salto en Alto, Voleibol y Basquetbol, y relativa pequeñez en Gimnasia, Saltos Ornamentales, y Patinaje Artístico. Sin embargo, existen muchos otros deportes en los cuales los deportistas no caen en los extremos pero, sin embargo, se ha optimizado la altura. Deportes tales como el Ciclismo de persecución en varones y el Patín Carrera en mujeres son dos ejemplos en los cuales existe una dispersión relativamente pequeña de valores con respecto a la media.

Existe una cantidad considerable de datos que respaldan el hecho de que la altura es crítica para el triunfo en muchos deportes. Khosla & McBroom (1988) revisaron los datos de 824 finalistas mujeres en 47 eventos diferentes en las Olimpíadas de 1972 y 1976. De estas finalistas, observaron que el 23.3 % medían más de 175 cm. En la población general (se utilizó la población de E.E.U.U. como referencia), solamente el 2.4 % medía más de 175 cm. Las finalistas también fueron comparadas con el número total de mujeres en el «pool» potencial de deportistas. Este análisis indicó que una mujer tiene 191 veces más probabilidades de llegar a una final olímpica si midiera > 181 cm que si midiera < 151 cm (Khosla & McBroom, 1988). En un estudio anterior, Khosla (1986) sostuvo que debido a que la altura es tan importante para el triunfo a nivel Olímpico, deberían clasificarse algunos eventos en base a la estatura. Una de las razones era aumentar la «equidad» de competición entre las naciones de distintas alturas medias. Evidencias en respaldo de este pedido incluía datos sobre las tallas de los ganadores de medallas de oro en las Olimpíadas de 1960 y 1964. El autor mostró que los deportistas de E.E.U.U. ganaron 14 medallas doradas en eventos individuales en competición «abierta» (Boxeo peso pesado, Atletismo, Lanzamientos, Natación), en comparación, con atletas japoneses que ganaron 11 medallas de oro en eventos individuales, 10 de las cuales fueron en competencia «cerrada» (Boxeo, Lucha Libre, Judo, Levantamiento de Pesas, donde hay categorías por peso) y las otras en Gimnasia.

La elevada altura así como la baja talla relativa brindan ventajas en muchos deportes, presentándose a continuación varios ejemplos.

Natación

En Natación, ser alto ayuda en la partida, en el empuje de la patada en las vueltas y, obviamente en la línea de llegada. Las extremidades y el torso con forma estilizada reducirán la resistencia de fricción acuática. También se ha observado que los nadadores más altos necesitan menos potencia que los más bajos para cubrir una distancia determinada (Reilly, 1990h). Debido a que una proporción relativamente elevada en una carrera de «sprint» supone la partida, la vuelta, y el estiramiento final, ésto se ve reflejado en el tamaño de los nadadores velocistas (tanto en espalda como en estilo libre), en comparación con los nadadores de distancias más largas. Durante el Campeonato Mundial de 1990, los velocistas varones y mujeres (50-100 mt) registraron una altura media de 186.4 +/- 7.5 y 173.9 +/- 7.0 cm; y los nadadores de fondo (25 km), de 179.6 +/- 8.6 y 162.6 +/- 4.6 cm,

respectivamente (Mazza y cols., 1994). Además, cuando 18 nadadores varones «top» que estuvieron posicionados entre los 12 mejores tiempos, en carreras de velocidad, fueron comparados con los 40 que ocuparon de 13ra.. posición para atrás, se observó que tenían una altura promedio de 188.9 +/- 7.9 vs. 184.3 +/- 6.6 cm (p= 0.02). Se observaron patrones similares en distintas distancias y estilos de nado, tanto en varones como en mujeres (Mazza y cols., 1994).

Tenis

En los deportes con raqueta, la estatura es importante para el servicio, la volea, y para llegar a la pelota. En consecuencia, los tenistas profesionales, tanto varones como mujeres, cada vez son más altos. Los datos de los últimos 20 años reportan un rango de altura promedio en los varones desde 181.5 cm para tenistas checos de alto nivel, 180 cm para jugadores norteamericanos, hasta 183 cm para los sudafricanos (Reilly, 1990a). Datos actuales de tenistas profesionales varones de Australia (n = 7) indican una altura promedio de 186 +/- 4.1 cm

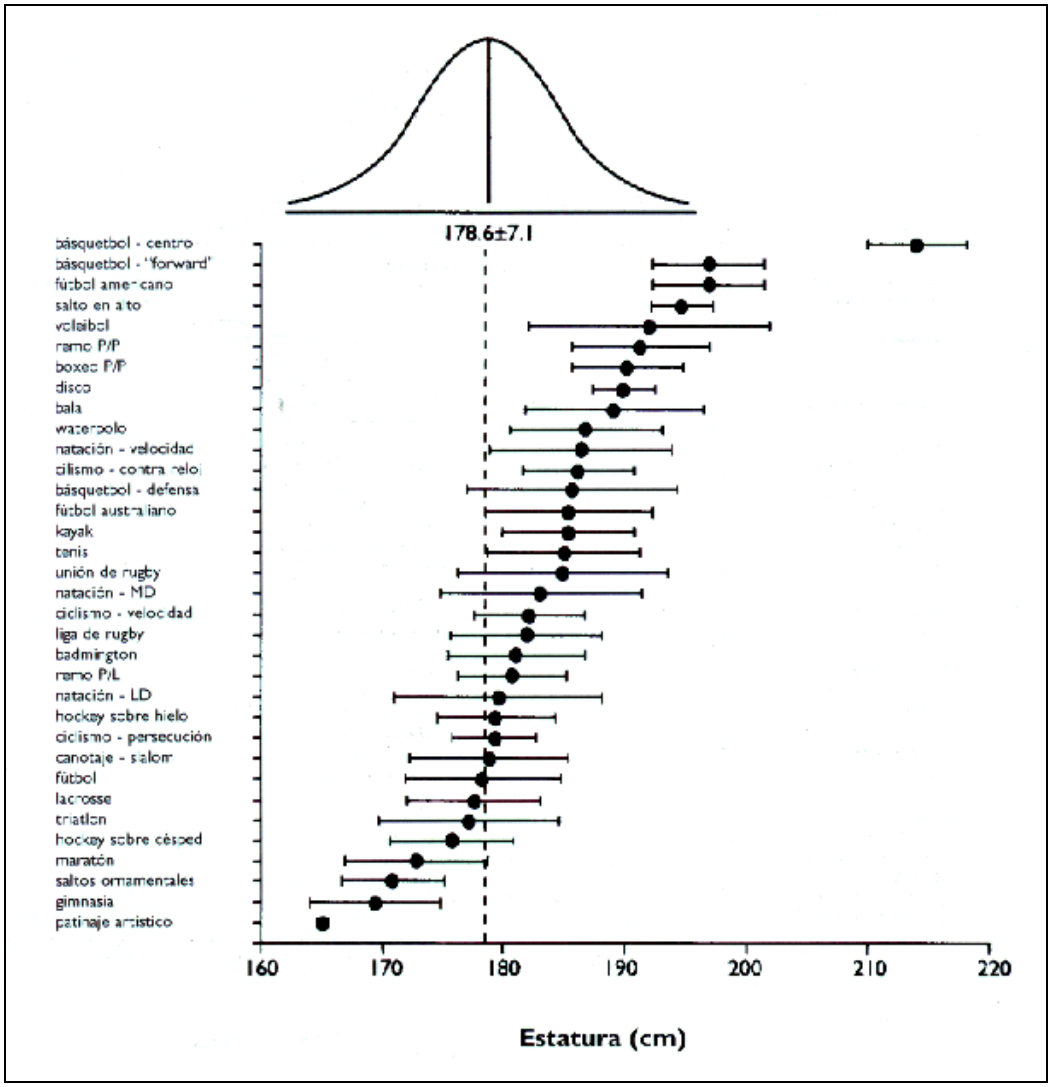


FIGURA 4. *Gráfico de las alturas medias (+/- DS), en deportistas varones en distintos deportes, en relación a la población de referencia compuesta por no deportistas.*

Los datos son extraídos de: AADBase, 1995; AFL Records, 1994; ATP Tour, 1995; Burke & Read, 1987; Carlson y cols., 1994; Carter y cols.,1982; Claessens y cols., 1991; Cox, Miles, Verde, & Rhodes, 1995; Craig, 1984; DASET, 1992; Davis, Brewer, & Atkin, 1992; Faulkner y cols., 1989; Foley y cols., 1989; Fox, 1979-1993; Hagerman, Hagerman, & Meckelson, 1979; Hahn & Bourdon, 1995; Jenkins, 1995; Katch & Katch,1984; Mazza y cols., 1994; Mikkelsen, 1979; Nicholas & Baker, 1995; Niinimaa y cols., 1979; O'Toole & Douglas, 1995; Parr y cols., 1978; Soares, De Castro Mendes, Neto, & Matsudo, 1986; Stepnicka, 1986; Wilmore & Haskell, 1972; Withers, Craig y cols., 1987.

(AADBase, 1995). La guía de la ATP de 1995 enumera los 100 jugadores varones «top» y sus características físicas. La estatura promedio de estos jugadores es de 185 +/- 6.0 cm, con un peso de 76.1 +/- 6.0 kg. Estos datos colocan a los jugadores de tenis cerca cíe 1 DS por sobre la población general con respecto a la altura, y prácticamente coinciden con la población general en cuanto al peso. Los estudios con jugadoras profesionales han observado una estatura promedio entre 164 y 167 cm (Reilly, 1990c). Los datos actuales de jugadoras profesionales australianas (n= 5) indican una altura promedio de 171.3 +/- 6.2 cm y un peso de 60.5 +/- 3.0 kg (AADBase, 1995). Por lo tanto, los datos australianos más recientes indican que las mujeres se desvían de la población general en cuanto a la altura casi lo mismo que los hombres, aunque tienden a ser más livianas que las mujeres no deportistas. Los cambios en el diseño del equipo y las modificaciones al reglamento contribuyeron a esta evolución. Los cambios incluyen raquetas modernas que tiene mayor elasticidad en el encordado, mayor "superficie de impacto" y que son significativamente más livianas que las de antes (Reilly, 1990c). Debido a que las raquetas son más livianas, la velocidad de impacto es mucho mayor, y por lo tanto, mayor la energía cinética impartida a la pelota, poniendo considerablemente más énfasis en el servicio del juego.

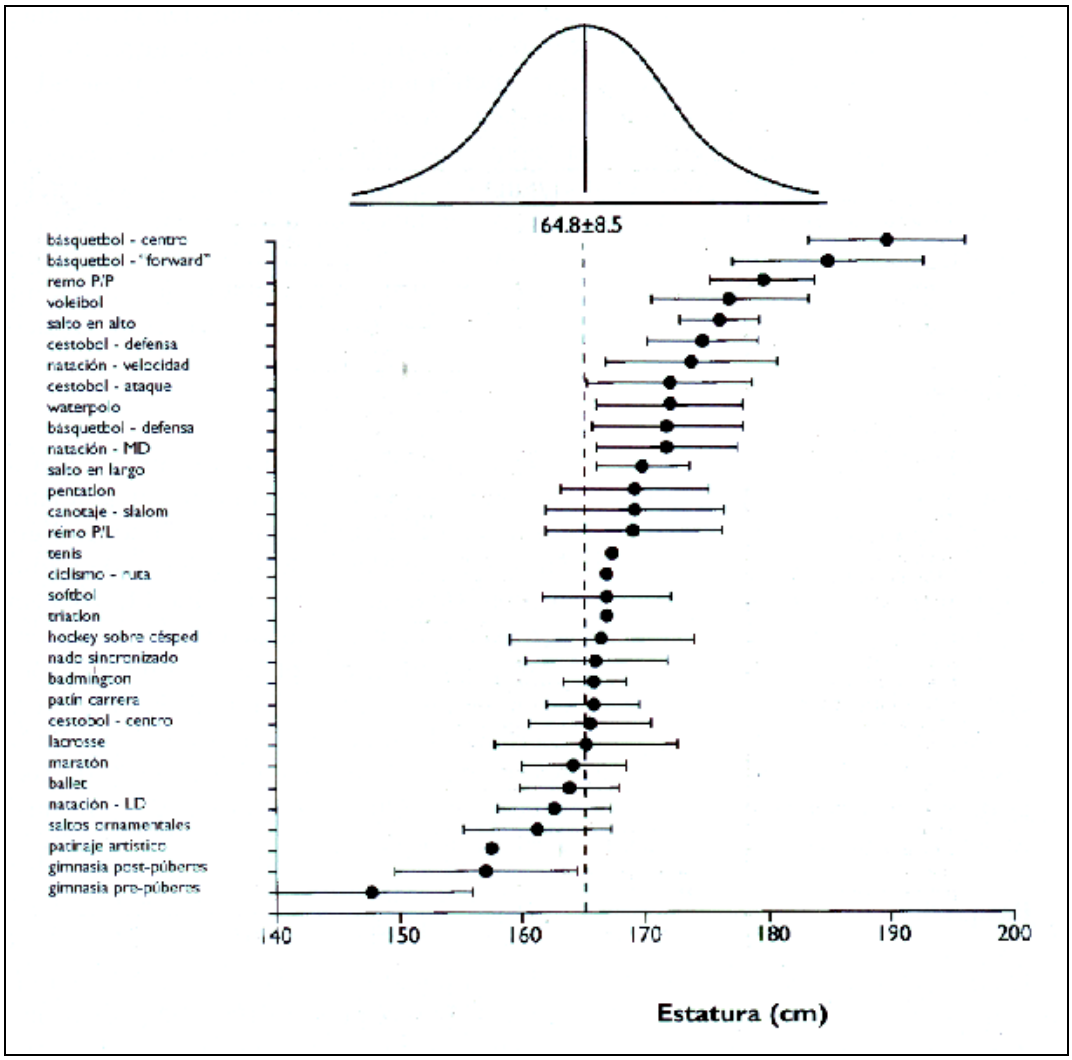


FIGURA 5. *Gráfico de las alturas medias (+/- DS), en deportistas mujeres en distintos deportes, en relación a la población de referencia compuesta por no deportistas.*

Los datos son extraídos de: AADBase, 1995; Ackland, Schreiner, & Kerr, 1994; Claessens, Hlatky, Lefeure, & Holdhaus, 1994; DASET, 1992; Fleck, 1985; Faulkner y cols., 1976; Fox, 1979-1993; Hahn & Bourdon, 1995; Ireland & Mitchell, 1987; Ingen Schenau & de Groot, 1983; Khosla & McBroom, 1988; Leake & Carter, 1991; Mazza y cols., 1994; Micheli, Gillespie, & Walaszek, 1984; Mikkelsen, 1979; Nünimaa y cols., 1979; Norton, 1984; O'Toole, Douglas, & Hiller, 1989; Spence, 1980; Sovak & Hawes, 1987; Tittel & Wutscherck, 1992; Withers, Whittingham y cols., 1987.

A este respecto, los jugadores altos están en ventaja porque pueden mantener un ángulo más agudo en el servicio. Además, la introducción del «tie-break» para determinar el ganador de un set o de un partido ha reforzado la importancia de un servicio dominante y, por lo tanto, de la altura. En respaldo de esta afirmación se observó un débil, pero de cualquier manera significativo, coeficiente de correlación negativa de Spearman (rho= -0.19; p = 0.036) entre la altura de los 100 mejores jugadores varones de la ATE (en 1994) y sus más altos ranking alcanzados (Tour del ATP, 1995).

Voleibol

En el Voleibol, la altura de la red está fijada en 2.43 m para los Varones, y 2.24 m para las mujeres. Por lo tanto, los jugadores altos tienen que saltar a un porcentaje relativo menor de su estatura para poder superar la altura de la red. Debido a que los bloqueadores y los rematadores pasan entre 7.5 y 15 minutos en actividades de saltos en cada partido, los saltos explosivos repetidos son la clave del triunfo (MacLaren, 1990). Si bien Khosla (más arriba) argumentó que las poblaciones que son relativamente bajas de estatura están en desventaja en deportes que requieren altura, aún así podrían tener éxito a nivel internacional. Por ejemplo, el equipo femenino de Voleibol del Japón obtuvo la medalla de oro en las Olimpíadas de Montreal con un equipo con un rango de altura entre 169 y 180 cm. En base a la distribución de alturas de los japoneses (media 152 cm), menos del 0.3 % de las mujeres podrían ser mayores a 169 cm (MacLaren, 1990). Otros voleibolistas de la misma competencia tuvieron un promedio cercano a los 178 cm (Khosla, 1983).

Básquetbol

El básquetbol siempre ha sido dominado por jugadores altos. Cerca del 5 % de jugadores que comenzaron sus carreras en la NBA (E.E.U.U.) en el período 1990-1993 tenía una altura de 213.4 cm (7'0") o más (Sachare, 1994). Actualmente, los dos jugadores más altos de la NBA miden 231.1 cm (7'7"). Sorprendentemente, ambos jugadores son de países extranjeros (Rumania y Sudán). Dado que el tamaño de los jugadores continúa aumentando (Sección 3, más adelante) hubo un debate considerable en las Ligas Profesionales de Básquetbol, particularmente en los Estados Unidos, con respecto a la adecuación de las dimensiones actuales de la cancha y la altura del cesto. Se está volviendo bastante difícil ubicar diez jugadores de fuerza, agilidad, y proporciones extremas en la cancha sin aumentar, al mismo tiempo, el riesgo de colisiones corporales. Se ha sugerido que la cancha se agrande o que se reduzca a 4 el número de jugadores (Sachare, 1994).

Remo

El remo tiene dos divisiones; peso liviano (menos de 72.5 kg y 59.0 kg para los varones y mujeres, respectivamente) y peso pesado (sin límite superior). Las alturas de los deportistas que compiten, tanto en la categoría de peso liviano como en la competición abierta, muestran el tamaño requerido para triunfar en las competencias. Los remeros que triunfan en la competición abierta son más grandes y más mesomórficos que sus compañeros que no alcanzan el triunfo (Rodriguez, 1986; Ross, Ward, Leah, & Day, 1982; Secher, 1983). Debido a que el peso de los botes yel peso de los timoneles por categorías, también son constantes, los modelos matemáticos para predecir el remero más grande (en competencia abierta) estarán en ventaja porque la potencia fisiológica pesa más que la resistencia del bote en el agua (Secher, 1990).

Sorprendentemente, los valores de la ZS para las remeras P/P han disminuido dramáticamente durante la última década en Australia, a medida que el deporte apuntaba a deportistas jóvenes altos. Por ejemplo, los datos recolectados entre los comienzos y la mitad de los '80 muestran que las mujeres P/P tenían una altura cercana a los 167 +/-- 4.3 cm (Whiters, Whittingham y cols., 1987) (ZS = 65.0 %). Esta aumentó a 177.2 +/- 3.6 cm (ZS = 25.4 o/) hacia el final de la década de 1980 (Telford, Egerton, Hahn, y Pang, 1988), y ahora es de 179.2 +/- 3.6 cm (ZS = 20.9 %) (Hahn & Bourdon, 1995).

Baja estatura

El ser de baja estatura es particularmente ventajoso en la aceleración (Ford, 1984), cuando se cambia de dirección (agilidad), y al escalar una montaña. Quizás el mejor ejemplo de la importancia de la interacción entre la altura con otras características fisiológicas puede observarse en las carreras. Para poder descartar todas las influencias posibles del análisis, se llevó a cabo una revisión de los datos antropométricos (Falls, 1977; Ford, 1984; Fox, 1979-1993) de varones que obtuvieron records mundiales en carreras de distintas distancias. La Figura 6 muestra la relación entre las alturas de estos deportistas con relación a las distancias en las cuales eran especialistas.

La Figura 6 muestra el cambio gradual en la morfología a medida que uno se desplaza desde las distancias más cortas hasta el maratón. Los deportistas más bajos se encuentran en las distancias extremas, ya sea eventos muy cortos (< 100 mt) o muy largos (> 5.000 mt). Para investigar las posibles conexiones funcionales con estas tendencias, es útil revisar aspectos de las performances. Mientras que las velocidades medias más elevadas se alcanzan en eventos de 100-200 mt, las distancias más cortas tienen una fase de aceleración relativamente más larga, y por lo tanto, una velocidad media levemente menor. En estos "sprints" (50-60 mt) el atleta puede estar acelerando en la línea de llegada (Radford, 1990). Esto favorecerá a los deportistas más bajos, con piernas relativamente cortas. Debido a que una cadencia de piernas de al menos 4.5 pasos/seg, tanto para hombres como para mujeres, es un requisito previo para velocistas de nivel mundial, las piernas más cortas generalmente tienen un menor momento de inercia, o resistencia al movimiento, que las piernas más largas. Los velocistas también tienen grandes cocientes potencia/peso, reflejado en los BMI relativamente altos y en bajos pliegues cutáneos.

En los eventos con distancias más largas, la masa muscular excesiva es un impedimento requiriendo gastar considerable energía para su transporte, y aún así no es crítica por la producción de potencia relativamente baja. De forma similar, las masas óseas, grasa, y residual son tejidos que necesitan ser minimizados. Es por ello que los deportistas son normalmente pequeños, magros y tienen bajos BMI. Estos deportistas poseen cantidades óptimas de masa muscular, la cual aporta la potencia adecuada para correr a velocidades sólo levemente superiores a 3 minutos por cada kilómetro en la maratón. El hecho de que no sean más pequeños que lo ilustrado en la Figura 6, presumiblemente, se debe a que este hecho podría resultar en un desequilibrio entre las presiones de competencia para la forma corporal. Por ejemplo, algo de presión estaría operando hacia la selección de deportistas más grandes porque estos últimos son más eficientes, requiriendo un costo energético relativamente menor por unidad de distancia recorrida (ver Capítulo 5). En el otro extremo del espectro de las presiones, ser pequeño también estaría presente dado que una menor proporción cociente entre la superficie corporal y el peso (a una masa muscular constante) es una ventaja para la termorregulación, y hay un menor gasto calórico absoluto para mover el cuerpo durante la distancia establecida. Muchos otros factores están indudablemente involucrados, pero la cuantificación de su influencia es difícil de determinar.

En los deportes de alta velocidad serán seleccionados individuos más pequeños. Esto se debe a que existe una relación relativamente constante entre la superficie corporal y el área frontal proyectada (Ap). El Ap determina en gran parte el costo energético que supone moverse, dependiendo de factores tales como la velocidad y el diseño del equipo. Por ejemplo, el Ap en Patín Carrera también es crítica. Los deportistas deben ser capaces de mantener una posición corporal baja (ángulo del tronco) para reducir el Ap durante un tiempo de hasta 14 minutos. Se ha sugerido que casi la mitad de la diferencia en la performance entre hombres y mujeres se debe a la habilidad de los hombres de mantener un menor ángulo de tronco (Ingen Schenau & de Groot, 1983). Esto requiere mayor fuerza en los extensores de la cadera. Por lo tanto, un centro de gravedad más bajo, piernas musculares cortas, y glúteos fuertes brindan una ventaja. Sin embargo, los ciclistas han podido adaptarse a esta presión de selección en la búsqueda de deportistas más bajos introduciendo cambios aerodinámicos tales como aeromanubrios y modificando la posición del cuerpo (ya que pueden descansar sobre los manubrios). Por eso, los ciclistas varones de pruebas contra reloj son deportistas grandes, con un promedio de 186.3 +/- 6.7 cm (Foley y cols., 1989). Esto le da al atleta más grande una ventaja fisiológica cuando pedalea en el llano, ya que

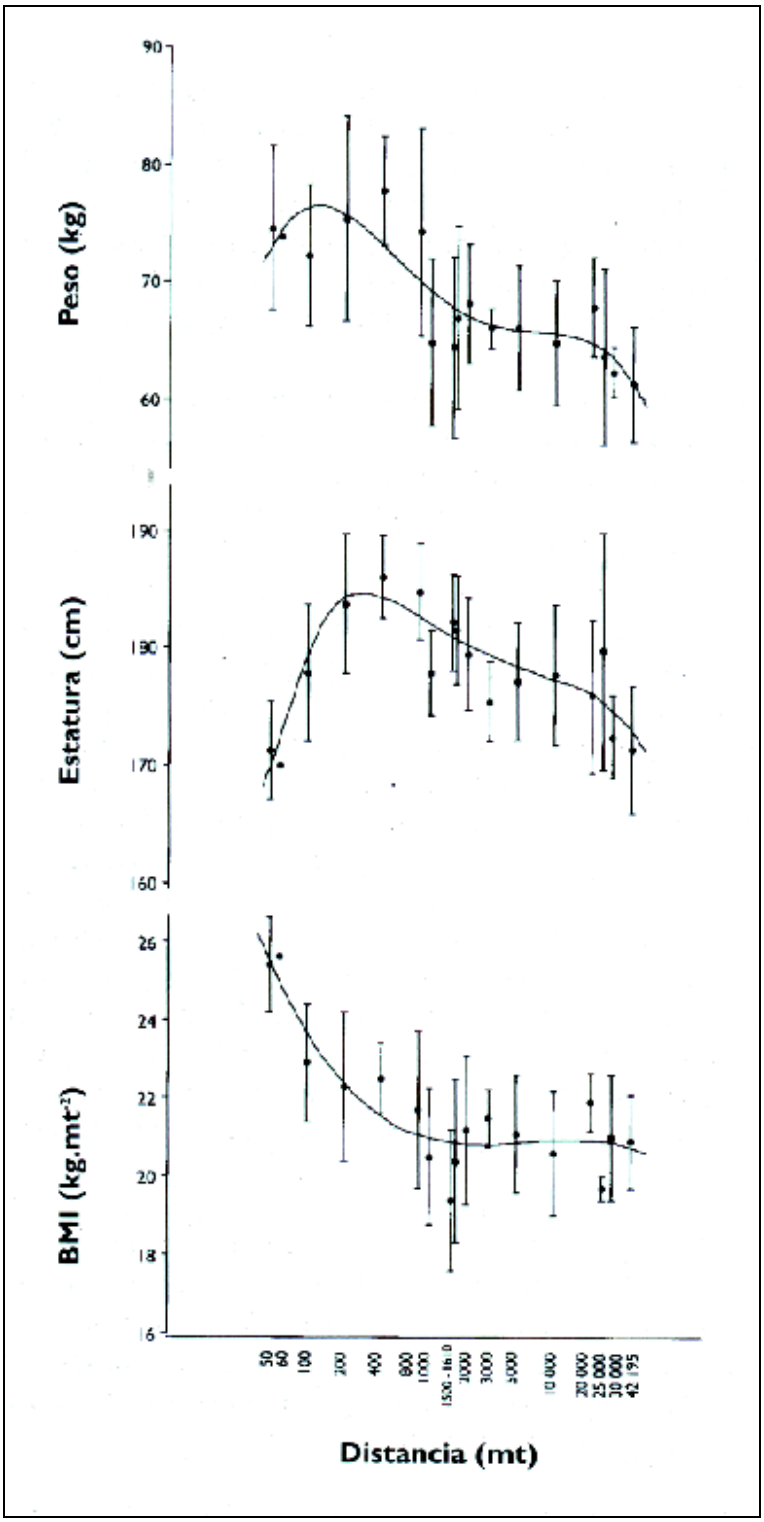


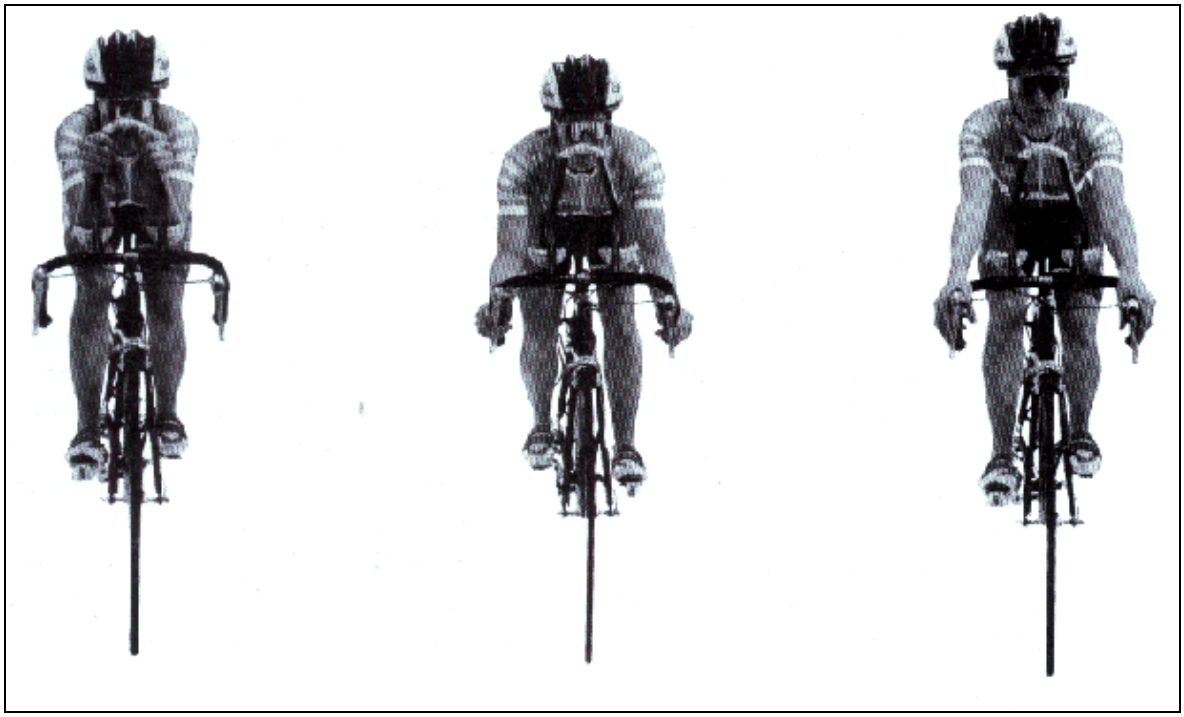
FIGURA 6. *Relaciones entre el peso corporal, estatura, e indice de masa corporal (IMC o BMI), de deoportistas varones que marcaron records mundiales, y su especialidad con respecto a la distancia de* carrera.

Los datos representan las medias (+/- DS) y fueron recolectados de Falls (1977), Ford (1984), y Fox (1979-1993). Las lineas de mejor ajuste fueron generadas por computacion.

el VO_{2max}, se balancea con el peso cerca de una relación de 2/3, mientras que el costo de VO_2 en ciclismo se equilibra con el peso en una potencia menor a 2/3 (Swain, 1994). Sin embargo, el tamaño corporal, y por lo tanto, el Ap son factores críticos en el ciclismo. En la Figura 7 se presentan los efectos del cambio del Ap en el ciclismo, en relación a los tiempos estimados de performance.

Se pueden encontrar deportistas de estatura baja en eventos tales como Gimnasia, Patín Artístico, Ballet, y Saltos Ornamentales. En estos eventos, a menudo, es necesario que el cuerpo se mueva a elevadas velocidades angulares. La estatura baja y las extremidades cortas permiten las reducciones en los momentos de inercia durante los cuales, debido a la conservación del momento angular durante el movimiento angular, facilitan una mayor velocidad angular. Por lo tanto, los deportistas pequeños pueden girar más rápidamente y realizar más vueltas que los deportistas más altos.

En general, en los deportes en los cuales se desarrollan grandes velocidades angulares o donde el peso corporal tiene que ser movido durante largas distancias, el tamaño corporal es más pequeño. Cuando la aceleración es importante, o cuando la rapidez de los movimientos de las extremidades es crítica, los deportistas más pequeños también estarán en ventaja. Cuando los deportistas tienen que superar obstáculos externos predominan los deportistas más grandes y más potentes (Ford, 1984). Sin embargo, cuando este objeto externo es otra persona que puede tomar decisiones acerca de cuando y cómo moverse, los deportistas no son tan grandes como de otra manera se podría esperar. Esto es para acomodar el menor tiempo de respuesta requerido para contrarrestar los movimientos del oponente.



Aeromanubrio	Manubrios hacia abajo	C/cobertura de frenos

Posición de pedaleo	**Distancia (m)**	**Ap (m^2)**	**Tiempo (min.)**	**% Δ de la posición de manubrios hacia abajo**
Aeromanubrio	3000	0.4234	4:01	-3.8
Manubrios hacia abajo	3000	0.4796	4:10.6	0
C/cobertura de frenos	3000	0.5241	4:17.6	+2.8
Aeromanubrio	40000	0.4234	56:51	-3.6
Manubrios hacia abajo	40000	0.4796	58:59,	0
C/cobertura de frenos	40000	0.5241	60:44	+3.0

FIGURA 7. *Efecto de la posición de pedaleo sobre el tiempo de performance estimado. Se llevaron a cabo múltiples simulacros utilizando un modelo computado para cuantificar los cambios en el tiempo estimado de la carrera contra reloj, usando datos de laboratorio para esta ciclista de nivel nacional (Olds, Norton, & Craig y cols., 1993; Olds y cols., 1995). Las estimaciones estuvieron basadas en alteraciones en el área frontal proyectada (Ap) de la ciclista, desde una posición standard de carrera (manubrios hacia abajo).*

2.1.1 Entrenamiento y factores hereditarios

La morfología humana o fenotipo está determinada por la combinación de la descripción genética de la persona, su genotipo, las condiciones ambientales a las cuales están sujetas, y a la interrelación entre estos elementos. Es decir, cómo la dote genética de una persona interactúa con las influencias ambientales, tales como el entrenamiento físico. Esto se puede describir por la siguiente fórmula simple (Bouchard & Lortie, 1984).

$$V_P = V_G + V_A + V_{GXA}, + e$$

Donde:
V_p representa la variación total observada en la variable antropométrica,
V_G representa el componente genético de la variancia,
V_A representa el componente ambiental o no genético de la variancia,
VG_{GxA} representa el efecto de interacción entre los genes y el medio ambiente, y *e* representa el error aleatorio incluido en este modelo de genética cuantitativa.

Muchos estudios han mostrado que si bien una pobre nutrición puede tener influencia sobre la estatura, la misma está determinada principalmente por el genotipo (Bouchard & Lortie, 1984). La estatura final adulta no se ve afectada en gran medida por el ejercicio, ni siquiera en las niñas con menarca tardía resultante de un entrenamiento físico intenso (Malina, 1994; ver más adelante). En base a numerosos estudios, el factor total de herencia para la estatura (V;/ V) es aproximadamente de 0.85 (Bouchard & Lortie, 1984). Esto significa que para el triunfo en un deporte en el cual es necesario un rango específico de altura, es particularmente importante para los potenciales deportistas tener los genes adecuados.

2.2 Peso corporal

Las Figuras 8 y 9 muestran el peso corporal medio observado en deportistas varones y mujeres, respectivamente, en distintos deportes. Los valores de peso más elevados se observan en eventos de corta duración o en los que tienen pequeños cocientes trabajo/pausa, tales como el Sumo, el Levantamiento super-peso pesado, los líneas en el Fútbol Americano, y en otros eventos dependientes de la fuerza. Los luchadores de Sumo, por ejemplo, pueden pesar hasta 263 kg (Zupp, 1994) y los líneas en el Fútbol Americano hasta 143 kg (Reilly, 1990a). Dos excelentes levantadores de super-peso pesado, Jabotinski y Alexyev reportaron pesos superiores a los 160 kg (Jokl, 1976). Otors deportistas macizos se observan en eventos de Lanzamiento, particularmente del disco, martillo, y bala. Debido a su extrema altura, los remeros de peso pesado y los jugadores de Básquetbol también son deportistas pesados, pero con bajos niveles de adiposidad.

Un elevado peso corporal es una ventaja en muchos deportes. Khosla (1968) presentó datos sobre el peso de varones ganadores versus el peso de otros participantes, en los eventos abiertos en las Olimpíadas de 1964. Estos datos se muestran a continuación:

Evento	Peso de los ganadores (kg)	Peso medio de los participantes categoría peso pesado (kg)
Boxeo	89.1	87.7
Lucha libre	106.4	102.7
Lucha Greco-Romana	135.5	115.5
Yudo	120.5	104.5
Levantamiento de pesas	157.3	113.6

TABLA 3. *Peso corporal de ganadores olímpicos varones versus el peso de todos los competidores en cada evento (los datos fueron calculados a partir de los presentados por Khosla, 1968).*

Claramente, el peso en estos eventos brinda una ventaja, particularmente si la masa adicional es masa magra.

En muchos deportes, pequeños incrementos en el tamaño y el peso corporal pueden tener un impacto significativo sobre la performance. Suponiendo una composición corporal constante, un aumento en el peso incrementa tanto la demanda de energía como el

aporte calórico en la mayoría de las actividades deportivas. Por ejemplo, un mayor peso en ciclismo (de la bicicleta o del ciclista) aumenta la resistencia de rodado, el Ap y, consecuentemente, la resistencia del aire, la energía necesaria para subir una cuesta, y la energía cinética impartida a la bicicleta durante la aceleración (Olds y cols., 1995).

Los pesos medios más bajos (en deportes que no involucran categorías por peso) son observados cuando el cuerpo no es sostenido por ninguna clase de equipo externo. Extremos de pesos corporales bajos se observan, tanto para varones como para mujeres, en deportes tales como las Carreras de «Ultraendurance», Gimnasia, Patinaje Artístico, y Saltos Ornamentales. Sorprendentemente, casi dos tercios de los deportes masculinos (aleatoriamente seleccionados) se encuentran por encima del peso medio de la población, mientras que ocurre lo contrario con las mujeres. Debido a que la mayoría de deportistas mujeres son más altas que sus pares no deportistas, ésto sugiere que existe una gran diferencia en el nivel de grasa corporal entre los grupos de deportistas y no deportistas.

2.2.1 Entrenamiento y factores hereditarios

La influencia genética del peso corporal con frecuencia ha sido analizada utilizando la evaluación del BMI de padres e hijos (Bouchard & Lortie, 1984). Si bien el BMI (peso x altura^{-2}) no tiene en cuenta aspectos de la composición corporal, de cualquier manera brinda alguna indicación del tamaño corporal relativo. El consenso parece ser que el parecido de individuos heterogéneos, no importa cuán extremos, produce un inmenso rango de progenie. Sin embargo, se demostró un mayor factor de herencia (es decir, menor variación entre padres y el tipo corporal de los hijos adultos) en padres homogéneos, particularmente cuando los padres tuvieron altos valores de BMI (Bouchard & Lortie, 1984). De modo similar, las estimaciones de la concordancia entre las calificaciones de somatotipo entre padres e hijos han variado desde asociaciones moderadas usando métodos antropométricos [nivel hereditario cercano a 0.50 para el endomorfismo, 0.42 para el mesomorfismo, y 0.35 para el ectomorfismo (Bouchard & Lortie, 1984)], hasta un relativamente elevado 0.75 utilizando calificaciones fotográficas (Parnell, 1958).

Los libros de texto indican que aproximadamente el 14 % de la masa corporal es hueso (Goldberg, 1984). Esto puede variar considerablemente dependiendo tanto de las proporciones relativas de los otros componentes, como del tipo y cantidad de ejercicio llevado a cabo (Chilibeck, Sale, & Webber, 1995). Por ejemplo, se ha reportado que el hueso, como porcen taje de la masa magra, varió de 16.3 a 25.7 % entre 25 cadáveres (Clarys, Martin, & Drinkwater, 1984). A pesar de que está bien reconocido que existe una fuerte influencia genética en la longitud de los huesos, los diámetros, la mineralización, el grosor cortical y el peso de los mismos también están bajo considerable control genético (Bouchard & Lortie, 1984). Por ejemplo, Smith, Nance, Kang, Christian, & Johnston (1973) observaron que la variancia entre pares, en la masa ósea, en gemelos monocigóticos (MC) fue casi 1/4 de la de mellizos dicigóticos (DC), y altamente significativa. También se observó cerca de 1/2 de la variancia para el diámetro óseo en los pares MC, en comparación con los pares DC. El tamaño del marco esquelético, importante contribuyente del peso corporal, y en la predisposición de los individuos a determinados deportes, también está dominado por la herencia genética.

Debido a que en los estudios poblacionales el peso corporal y la altura tienen una elevada correlación, los individuos más altos también tienden a ser más macizos y pesados. Por lo tanto, el los deportes en los cuales es necesario un peso corporal bajo, normalmente se seleccionan a las personas de menor estatura, mientras que en los deportistas más altos con frecuencia se encuentran grandes pesos corporales.

2.3 Proporción altura sentado/estatura

El cociente entre la altura sentado y la estatura nos indica la longitud relativa de las piernas con respecto a la estatura. Las Figuras 10 y 11 muestran el cociente altura sentado/estatura observado en deportistas varones y mujeres, respectivamente. Estas figuras indican que los extremos en esta proporción, en deportistas varones, se encuentran en disciplinas que requieren gran fuerza con la parte superior del cuerpo, como el Levantamiento de Pesas y la Lucha. No se pudieron encontrar datos equivalentes en las mujeres, pero largos torsos con relación a la altura no son frecuentes entre deportistas mujeres. Esto puede reflejar la desventaja que presenta un torso relativamente largo en deportes que requieren una considerable movilidad y velocidad. En general, las figuras muestran un alto grado de paralelismo, a pesar del desvío hacia arriba en el cociente altura sentado/estatura de la población, para las mujeres en relación con los varones (ver abajo). Troncos relativamente cortos pueden observarse en distintos

deportes incluyendo Básquetbol, Voleibol, y otras disciplinas que requieren saltar, tales como el Fútbol Australiano y el Decatlon. Los remeros también tienden a tener troncos relativamente cortos. Los remeros de peso pesado exitosos han demostrado tener largas extremidades, tanto en términos absolutos como relativos (a su altura total) (Ross y cols., 1982; Secher, 1993). En comparación con una población estudiantil de referencia, los remeros de peso liviano

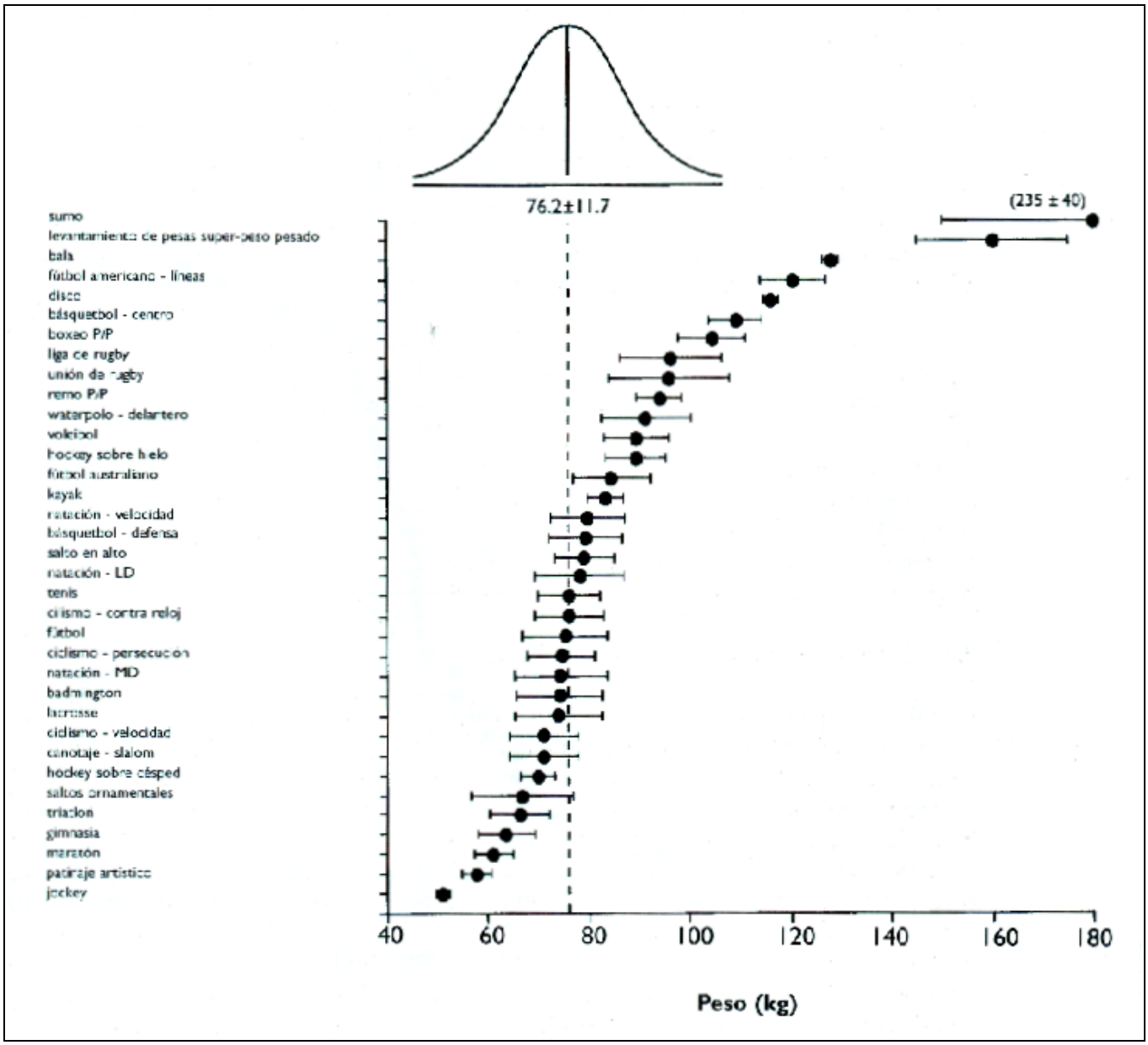


FIGURA 8. *Peso corporal (media +/- DS) de deportistas varones, en un rango de deportes, con relación a un grupo de referencia de no deportistas.*

Los datos son extraídos de: AADBase, 1 995; ATP Tour, 1995; Burke & Reád, 1987; Carter y cots., 1982; Claessens y cols., 1991; Cox, 1995; Craig, 1984; DASET, 1992; Faulkner y cots., 1989; Foley y cots., 1989; Fox, 1979-1993; Jenkins, 1995; Katch & Katch, 1984; Mazza y cots., 1994; Mikkelsen, 1979; Nicholas & Baker, 1995;Nijnjmaa y cots., 1979; O'Toole & Douglas, 1995; Parr y cols., 1978; Soares y cols., 1986; Stepnjcka, 1986; Secher, 1990; Wimore & Haskell, 1972; Withers, Craig, y cols.,1987; Zupp, 1994. Ver Tabla 1 para las abreviaciones.

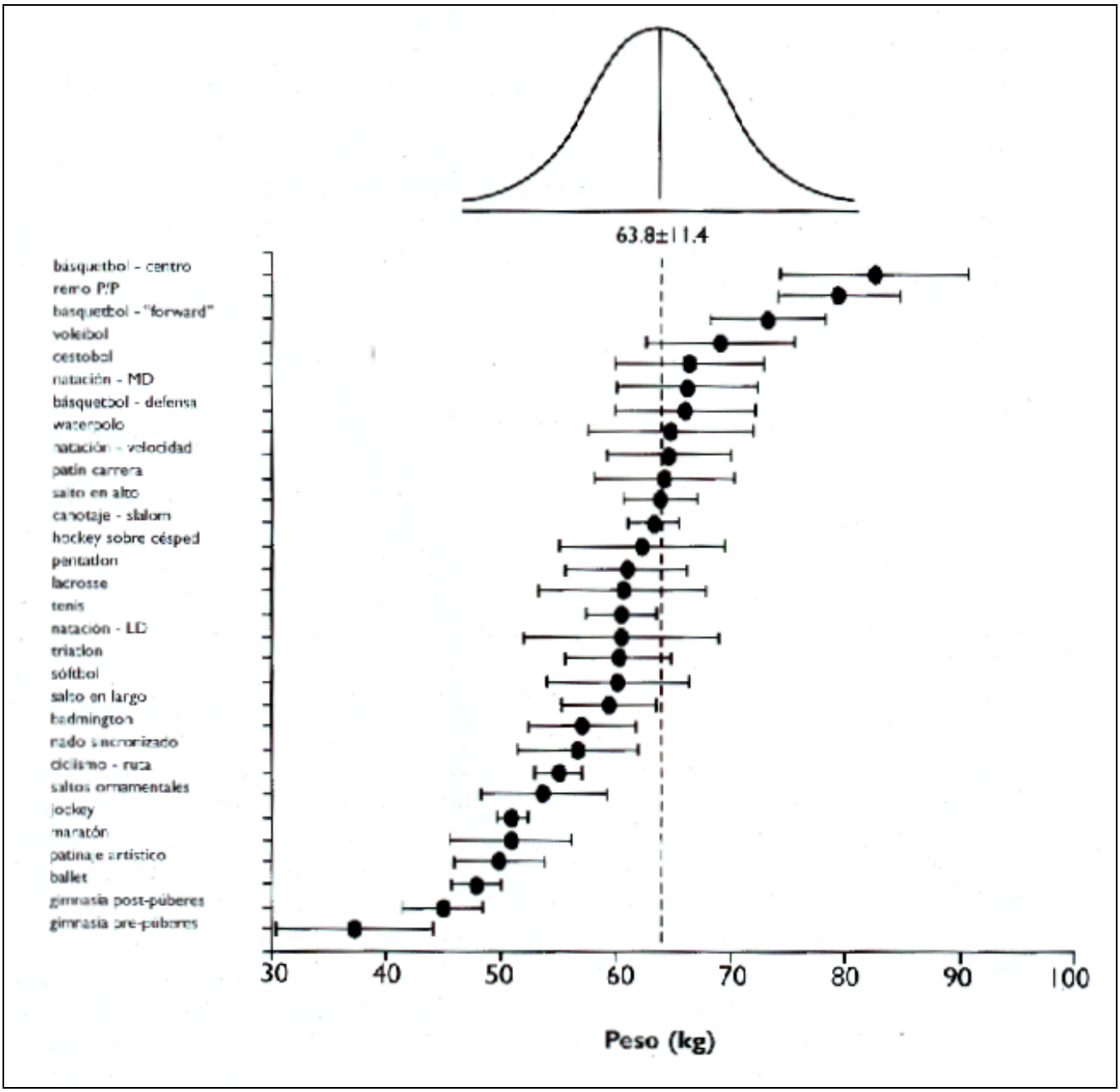


FIGURA 9. *Peso corporal (media +/- DS) de deportistas mujeres, en un rango de deportes, con relación a un grupo de referencia de no deportistas.*

Los datos son extraídos de: AADBase, 1995; Ackland y cols., 1994; Claessens y cols., 1994; DASET, 1992; Fleck, 1985; Faulkner y cols., 1976; Fox, 1979-1993; Jenkins, 1995; Ireland & Mitchell, 1987; Ingen Schenau & de Groot, 1983; Khosla & McBroom, 1988; Leake & Carter, 1991; Mazza y cols., 1994; Micheli y cols., 1984; Mikkelsen, 1979; Niinimaa y cols., 1979; Norton, 1984; O'Toole y cols., 1989; Sovak & Hawes, 1987; Spence, 1980; Tittel & Wutscherck, 1992; Withers, Whittingham y cols., 1987.

también tienen, por lo general, extremidades proporcionalmente largas y alturas sentado más cortas (Rodriguez, 1986). Las extremidades proporcionalmente más largas pueden brindar una ventaja mecánica durante el remo competitivo, permitiendo una mayor longitud de remada. La altura sentado más corta también es una ventaja ya que reduce el Ap, fuente adicional de resistencia al movimiento, y brinda una mayor estabilidad en el tronco. Los ciclistas de pruebas contra reloj también exhiben una longitud de piernas relativa significativamente mayor, en comparación a ciclistas de otras especialidades (Foley y cols., 1989), aunque los datos de la altura sentado no fueron presentados.

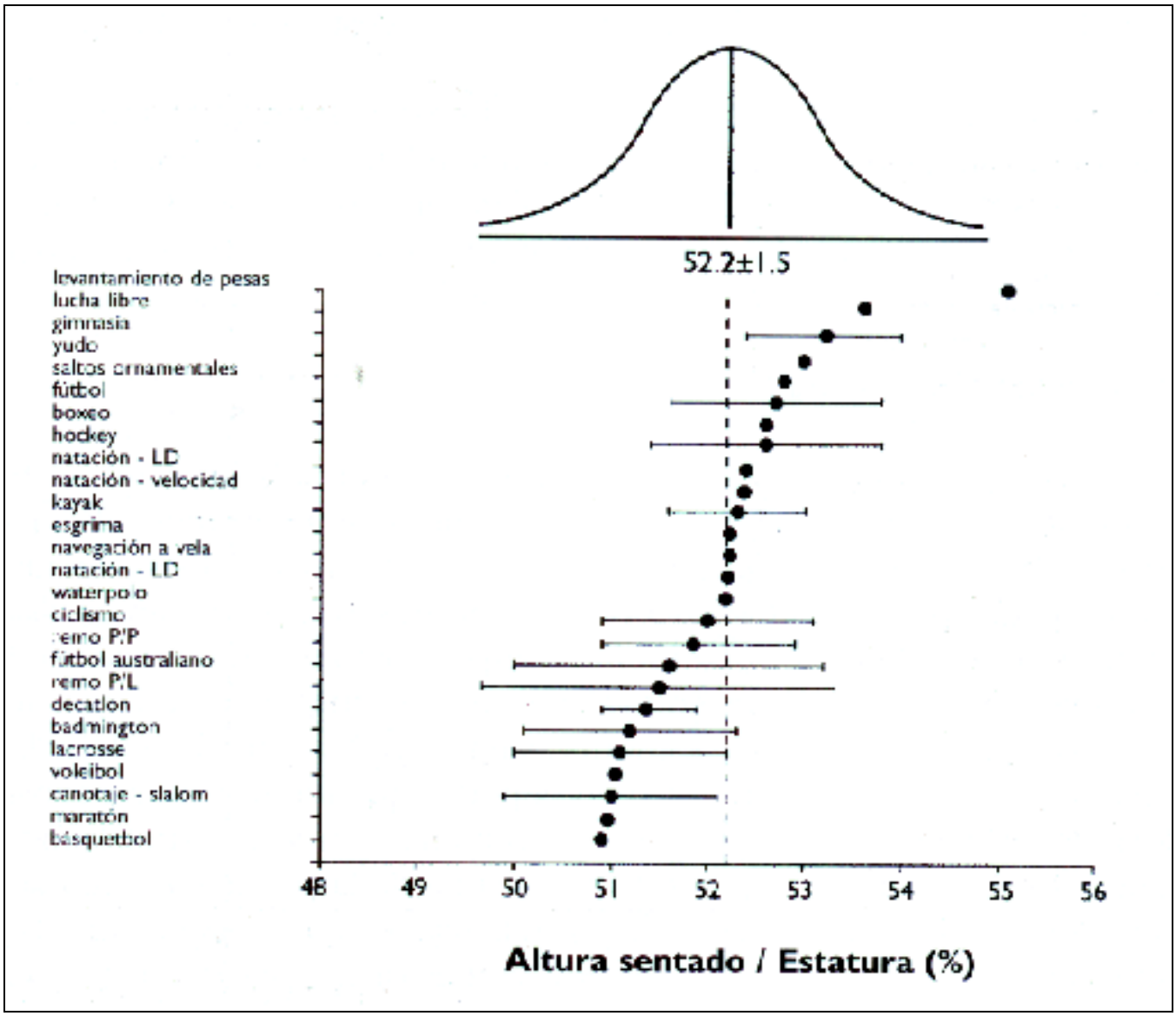


FIGURA 10. *Cociente altura sentado/estatura (en relacion a la longitud de tronco), en deportistas varones en un rango de deportes.*

Los datos representan las medias (+/- DS) y estan graficados en relacion a una poblacion de referencia de no deportistas. Los datos son extraidos de: AADBase, 1995; Ackland y cols., 1994; Carter y cols., 1982; Craig, 1984; Classens y cols., 1991; Hartland, 1981; LeVeau, Ward, & Nelson, 1974; Mazza y cols., 1994; Rodriguez, 1986.

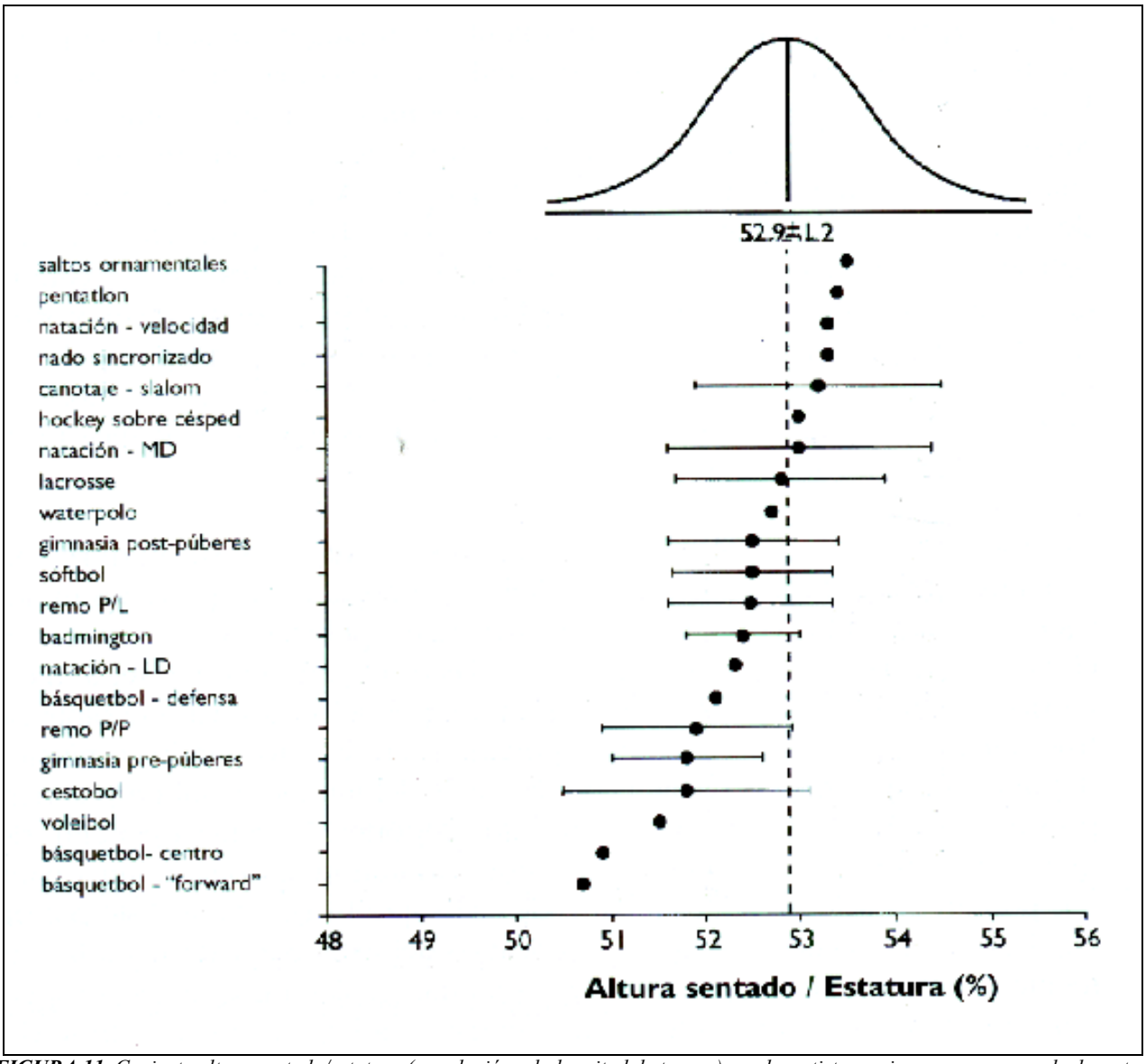


FIGURA 11. *Cociente altura sentado/estatura (en relación a la longitud de tronco), en deportistas mujeres en un rango de deportes.*

Los datos representan las medias (+/- DS) y están graficados en relación a una población de referencia de no deportistas.
Los datos son extraídos de: AADBase, 1995; Ackland y cols., 1994; Carter y cols., 1982; Craig, 1984; Claessens y cots., 1994; Mazza y cots., 1994; Norton, 1984; Rodriguez, 1986; Smith, 1982.

2.3.1 Entrenamiento y factores hereditarios

Las muestras de poblaciones geográficamente diversas variarán en sus tamaños y proporciones corporales características. Muchas de las diferencias entre los grupos son, de algún modo, predecibles en base a las influencias de la evolución. Por ejemplo, se ha mostrado que el peso corporal varía inversamente con la temperatura anual media (Pheasant, 1988). Además, las longitudes relativas de las extremidades (como proporción de la estatura) disminuyen a medida que la temperatura anual media disminuye, y el peso corporal total y la adiposidad aumentan (Pheasant, 1988). De manera similar, la altura sentado relativa muestra el patrón inverso, donde las poblaciones en climas más fríos tienen extremidades relativamente más cortas y torsos más largos.

Si bien los hombres y las mujeres raramente compiten entre sí en competencias deportivas, es útil considerar las diferencias estructurales y su posible efecto sobre la performance. La Figura 12 muestra la edad, sexo, y variación étnica en la altura sentado. En general, las mujeres tienen troncos relativamente más largos que los hombres. Es importante decir, en cuanto a lo que a rendimiento se refiere, que existen patrones distintivos de aumento y descenso de la altura sentado relativa en los adolescentes. Estas tendencias indican los patrones de crecimiento desincronizado de las extremidades y tronco durante los años de desarrollo, lo cual a menudo, tiene un impacto sobre las destrezas motoras

y la coordinación. Esto también se resalta en la Figura 11, en donde los gimnastas pre-púberes muestran una menor altura sentado relativa que los competidores post-púberes. Quizás, ésta es una de las presiones de selección que llevan a la existencia de gimnastas de élite progresivamente más jóvenes (ver Sección 3, más adelante).

La relación entre la morfología de los deportistas exitosos y sus performances, sugiere una conexión entre la forma y la función. Sobre la base de estos patrones en los tipos corporales (que están asociados con deportes en particular), poblaciones o, más correctamente, proporciones de poblaciones pueden ser adecuadas o no para un deporte, al menos en términos de morfología grosera. Sin embargo, no siempre puede ser así, ya que otras características fisiológicas y psicológicas son tan importantes, en distintos grados o niveles, en diferentes deportes. En general, las distintas poblaciones del mundo, y subgrupos dentro de estas poblaciones, gozan de ventajas en distintos deportes. La ventaja general (dentro del sexo) es que un mayor número potencial de deportistas con morfología óptima para deportes específicos podrán ser seleccionados a partir de estos «pools» genéticos. Este patrón puede, en parte, explicar la tendencia de porqué los africanos del Este, con extremidades lineales y relativamente largas, triunfen en eventos de «endurance», mientras que los europeos orientales y los asiáticos, con sus extremidades cortas, tengan una larga historia de triunfos en Levantamiento de Pesas y Gimnasia.

Como con la estatura, el cociente altura sentado/estatura y otras proporciones corporales están fuertemente influenciadas por el genotipo, probablemente más aún que cualquier otro grupo de variables antropométricas (Bouchard & Lortie, 1984). El factor hereditario para la altura sentado solo es aproximadamente de 0.67 (Clark, 1956) a 0.71 (Bouchard & Lortie, 1984), si bien la mayoría de las demás longitudes segmentarias están por encima de 0.80. Esto quizás representa la influencia que los tejidos blandos (con factores hereditarios más bajos) tienen sobre la altura sentado y el subsiguiente cociente con la estatura.

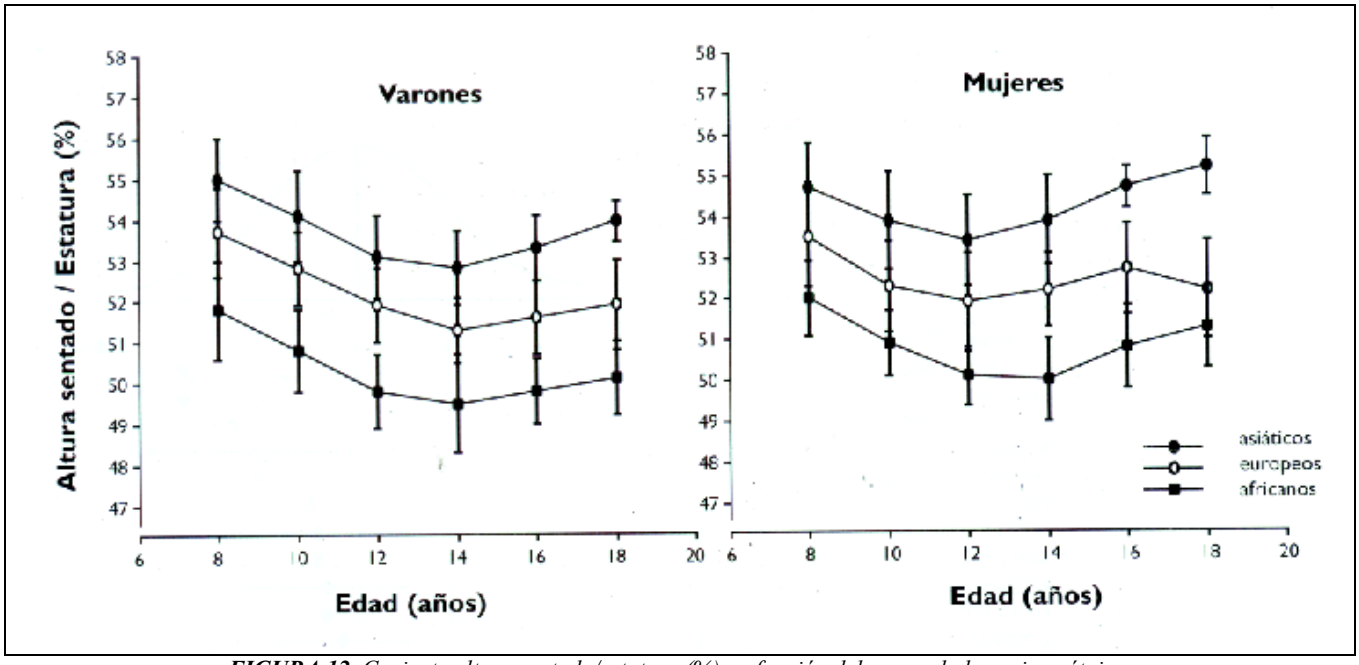


FIGURA 12. *Cociente altura sentado/estatura (%) en función del sexo, edad, y origen étnico.*

Los datos representan las medias (+/- DS) calculadas a partir de distintos estudios enumerados en tablas reportadas por Eveleth y Tanner (1976).

2.4 Proporción longitud de extremidad superior/estatura

El cociente entre la longitud de la extremidad superior (brazo) y la estatura tiene una correlación negativa con el cociente altura sentado/ estatura. Es decir, los individuos con troncos relativamente largos normalmente tienen brazos (y piernas) relativamente cortos. Por lo tanto, como lo indican las Figuras 10 y 11, y lo respaldan las Figuras 13 y 14, los deportistas con troncos relativamente cortos están más frecuentemente asociados con eventos que requieren brazos largos.

Se observan palancas relativamente largas en deportistas varones y mujeres que compiten en Saltos Ornamentales, Waterpolo, Remo y Natación. En Natación y Remo, una gran longitud de brazada es ventajoso, suponiendo que el deportista tiene la potencia muscular para soportarla. Los brazos largos también son útiles para los jugadores de Waterpolo brindándoles mayor alcance para agarrar la pelota. Los boxeadores tienen una combinación inusual de brazos largos y tronco. Las proporciones ideales para los boxeadores serían brazos relativamente largos para un mayor alcance, troncos largos y piernas cortas para descender el centro de gravedad del cuerpo y brindar estabilidad. Si bien, en teoría, los saltadores ornamentales se beneficiarían con una baja estatura y extremidades cortas (para facilitar los rápidos giros del cuerpo), los saltadores varones y mujeres tienen brazos relativamente largos en relación a la estatura. Quizás, este hecho se relaciona con aspectos de la entrada en el agua.

Por el contrario, se observan extremidades más cortas en los deportistas de fuerza, tales como los levantadores de pesas. Esto se debe a que se requieren palancas más cortas para realizar menos trabajo, donde el peso es levantado a través de una menor distancia.

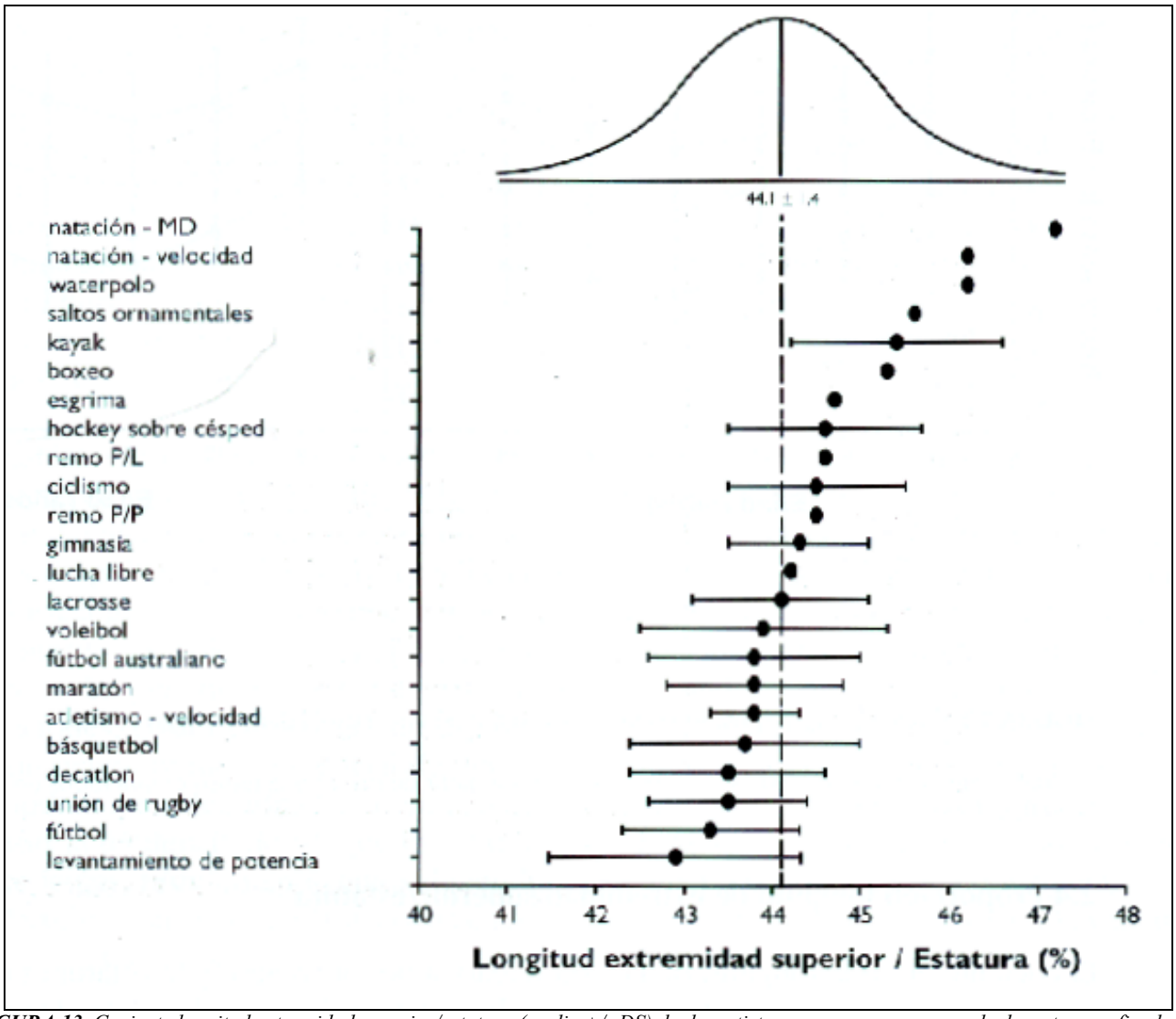


***FIGURA 13**. Cociente longitud extremidad superior/estatura (media +/- DS) de deportistas varones en un rango de deportes, graficados en relacion a una poblacion de referencia de no deportistas.*

Lso datos son extraidos de: AADBase, 1995; Carter y cols., 1982; Craig, 1984; LeVeau y cols., 1974; Mazza y cols., 1994; Paviric, 1986; Vujovic, Lozovina, & Paviric, 1986.

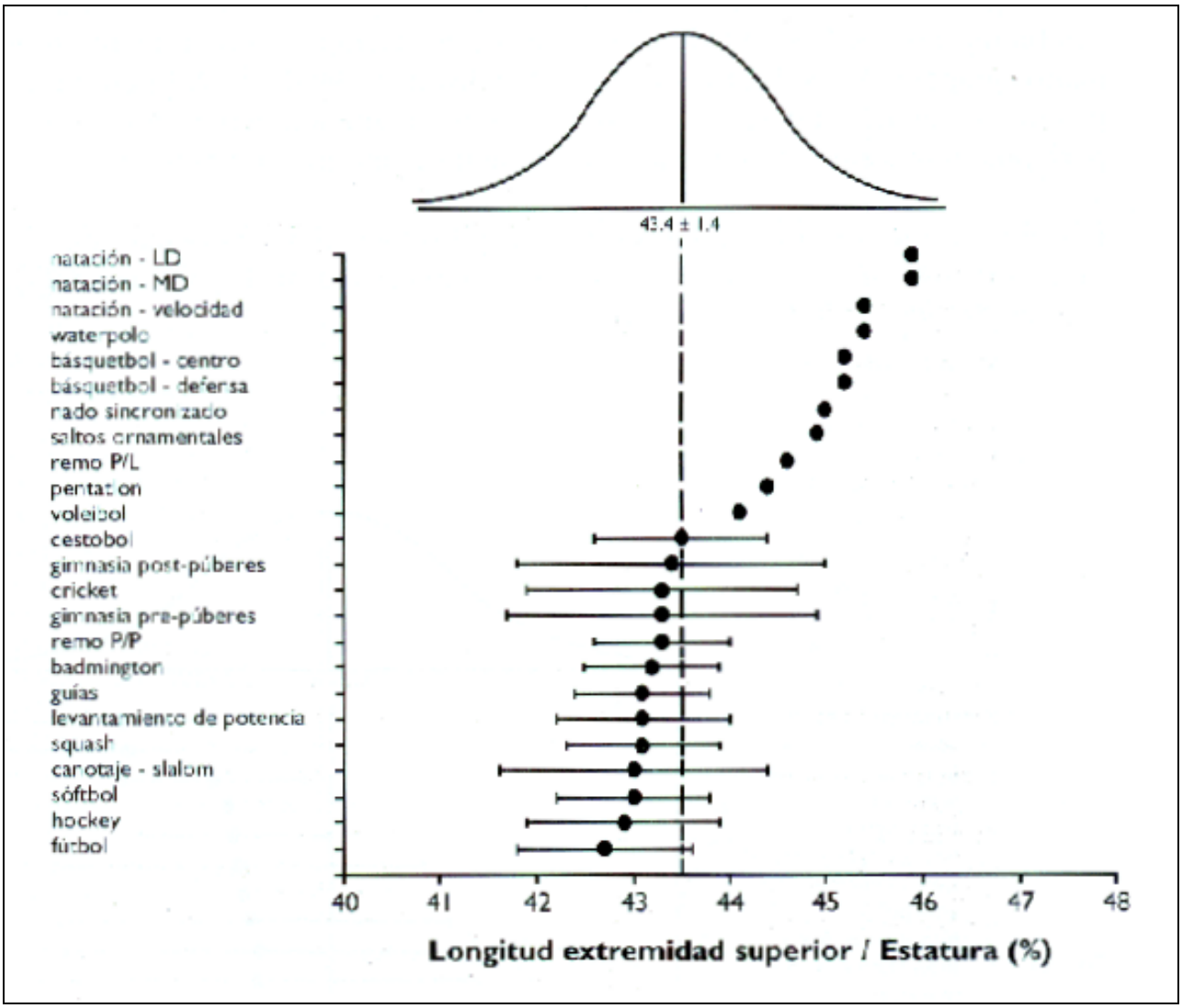


FIGURA 14. *Cociente longitud extremidad superior/estatura (media +/- DS) de deportistas mujeres en un rango de deportes, graficados en relación a una población de referencia de no deportistas.*

Los datos son extraídos de: AADBase, 1995; Ackland y cols., 1994; Carter y cols., 1982; Norton, 1984; Mazza y cols., 1994; Rodriguez, 1986; Smith, 1982.

2.4.1 Entrenamiento y factores hereditarios

Como ocurre con la relación entre la altura sentado y los segmentos corporales, las longitudes de brazos y piernas también están bajo un alto grado de control genotípico (Bouchard Lortie, 1984). Estos autores nos refieren a su trabajo previo, mostrando coeficientes hereditarios de 0.84 +/- 0.10 para la longitud de las extremidades superiores.

2.5 Indice braquial

El índice braquial es la longitud del antebrazo en relación al brazo (parte superior). Las Figuras 15 y 16 muestran el índice braquial observado en deportistas varones y mujeres, respectivamente.

Las longitudes relativas de las palancas del brazo (y de la pierna) son importantes por razones biomecánicas. Los nadadores velocistas, por ejemplo, tienen un alto índice braquial y manos grandes (Ross, Leahy, Mazza, & Drinkwater, 1994), lo cual permite un mayor empuje propulsor del antebrazo. Los canoistas de slalom también tienen brazos relativamente largos para una gran longitud de remada, y también un alto índice braquial.

Por el contrario, los levantadores de pesas y los luchadores necesitan una fuerza y estabilidad tremenda. Esto se logra, en parte, por bajos índices braquiales, y una ventaja biomecánica adjunta de brazos de fuerza cortos.

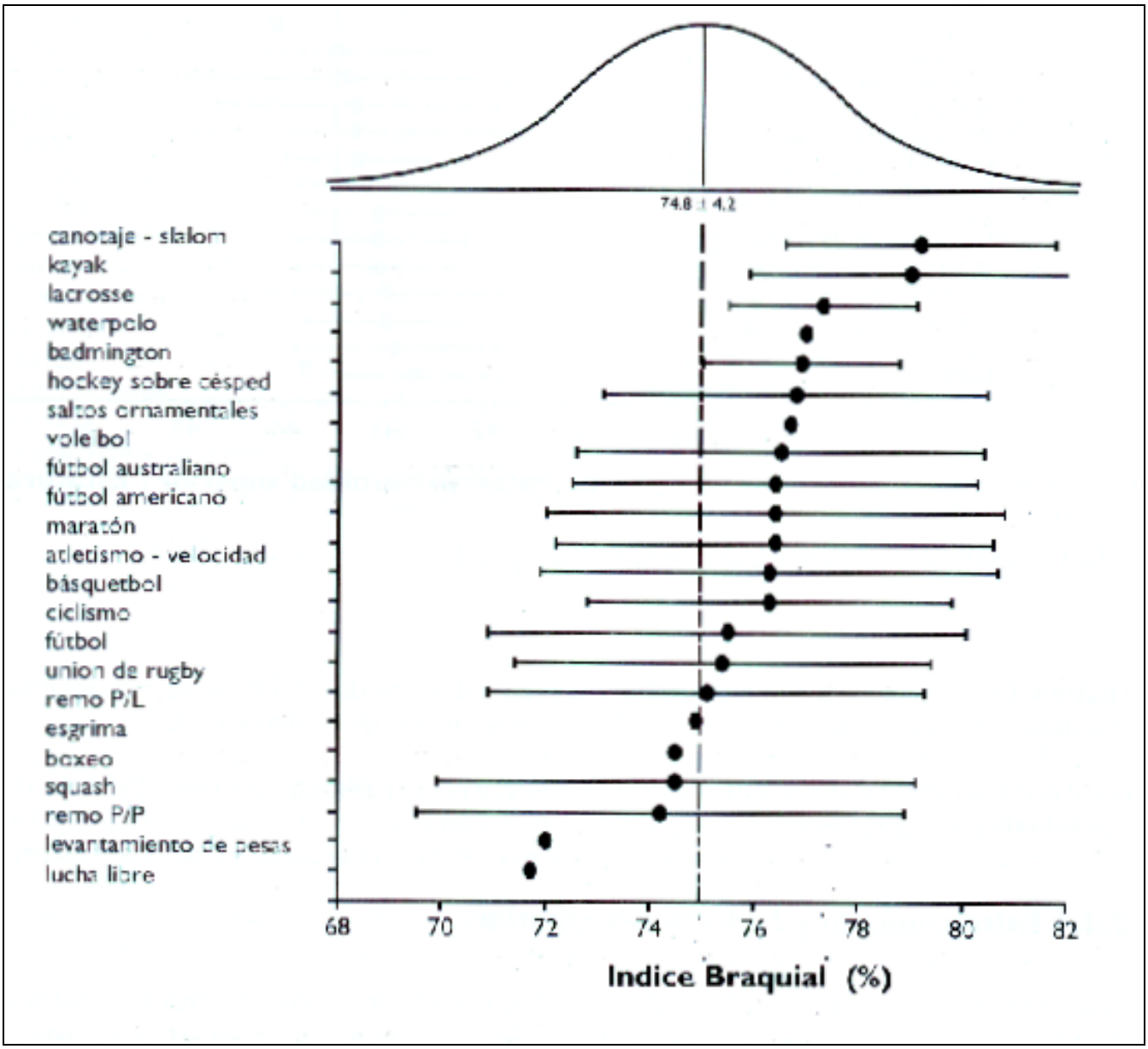


FIGURA 15. *Indice braquial (media +/- DS) de deportistas varones en distintos deportes, en un rango de deportes, graficados en relación a una población de referencia de no deportistas.*

Los datos son extraídos de: AADBase, 1995; Carter y cots., 1982; Craig, 1984; Hartland, 1981; LeVeau y cols., 1994; Mazza y cols., 1994.

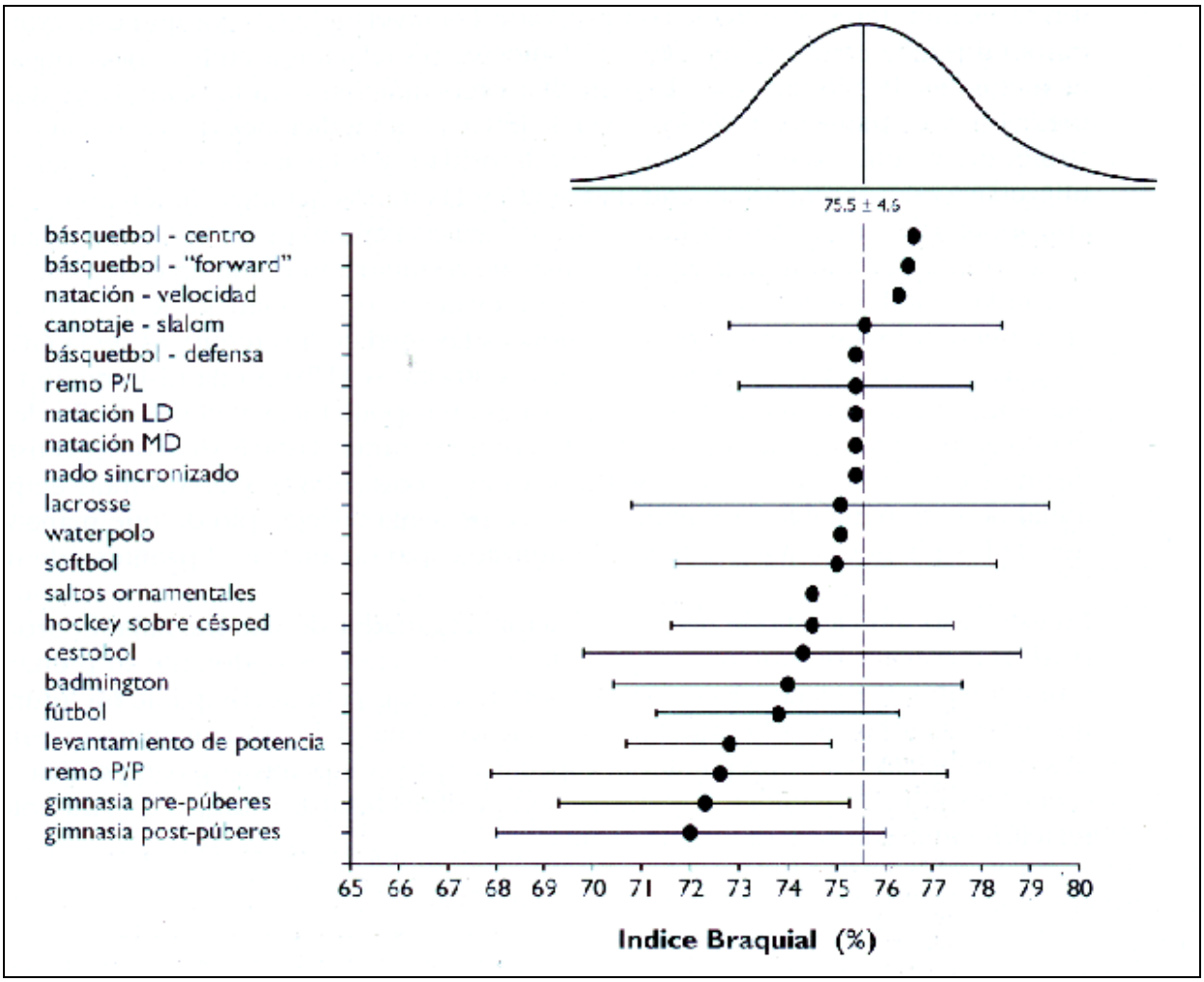


FIGURA 16. *Indice braquial (media +/- DS) de deportistas mujeres en distintos deportes, en un rango de deportes, graficados en relación a una población de referencia de no deportistas.*

Los datos son extraídos de: AADBase, 1995; Ackland y cols., 1994; Carter y cols., 1982; Norton, 1984; Smith, 1982.

2.5.1 Entrenamiento y factores hereditarios

Bouchard & Lortie (1984) reportan coeficientes hereditarios entre 0.62 +/- 0.01 y 0.71 +/- 0.09 para las longitudes del brazo y del antebrazo.

2.6 Sumatoria de pliegues cutáneos

Los deportistas y los entrenadores involucrados en la competencia a nivel de élite reconocen la importancia de alcanzar la forma corporal específica, el tamaño y la composición necesarias para el máximo rendimiento. Uno de los aspectos de la preparación fisiológica de un deportista que es Importante, y que tiene un bajo factor hereditario, es un óptimo nivel de grasa corporal (GC). Las influencias ambientales incluyen intervenciones de los científicos del deporte, del entrenador y del nutricionista, nivel y tipo de entrenamiento, y sincronización de estos factores con el fin de lograr una composición corporal ideal. En el alto nivel de competencia es importante controlar con precisión los niveles de GC, ya que este componente corporal puede cambiar bastante rápidamente con relación a otras dimensiones y masas estructurales. Por lo tanto, es de particular preocupación para los científicos del deporte la medición y cuantificación de los niveles de GC. Las mediciones de los pliegues cutáneos son comúnmente utilizadas para estimar la adiposidad, y estas mediciones pueden luego ser utilizadas como base para el entrenamiento y las intervenciones alimentarias. El uso ele la antropometría para controlar los niveles de grasa corporal es particularmente importante para el deportista comprometido en programas de disminución o aumento de peso. Por lo tanto, es fundamental que los procedimientos de evaluación y el manejo ele los datos sean válidos. Si se pueden lograr estos objetivos, entonces las reediciones regulares de la GC ayudarán a asegurar que cualquier cambio en la masa corporal se deba a una disminución

o aumento del componente adecuado. Las evaluaciones antropométricas y el desarrollo ele los perfiles fisiológicos o morfológicos ayudan a describir las características de los deportistas de élite en distintos deportes (Carter, 1984; Withers, Craig y cols., 1987), y en distintas etapas del ciclo anual de entrenamiento. A continuación, se presenta un ejemplo de qué manera las mediciones de los pliegues cutáneos han sido utilizadas para controlar el progreso de un deportista.

En este caso, un ciclista de nivel internacional (ganador de una medalla de oro en las Olimpíadas) fue evaluado durante un período ele casi siete meses, durante su preparación para los Campeonatos Mundiales. Estos datos aportan la base para la comparación futura, a medida que el atleta atraviesa el normal proceso cíclico anual del entrenamiento, que incluye períodos de transición, fase preparatoria, específica (pre-competitiva) y competitiva. Además son esenciales para determinar sí, y donde son posibles futuros cambios, y para entender la relación entre adiposidad y performance.

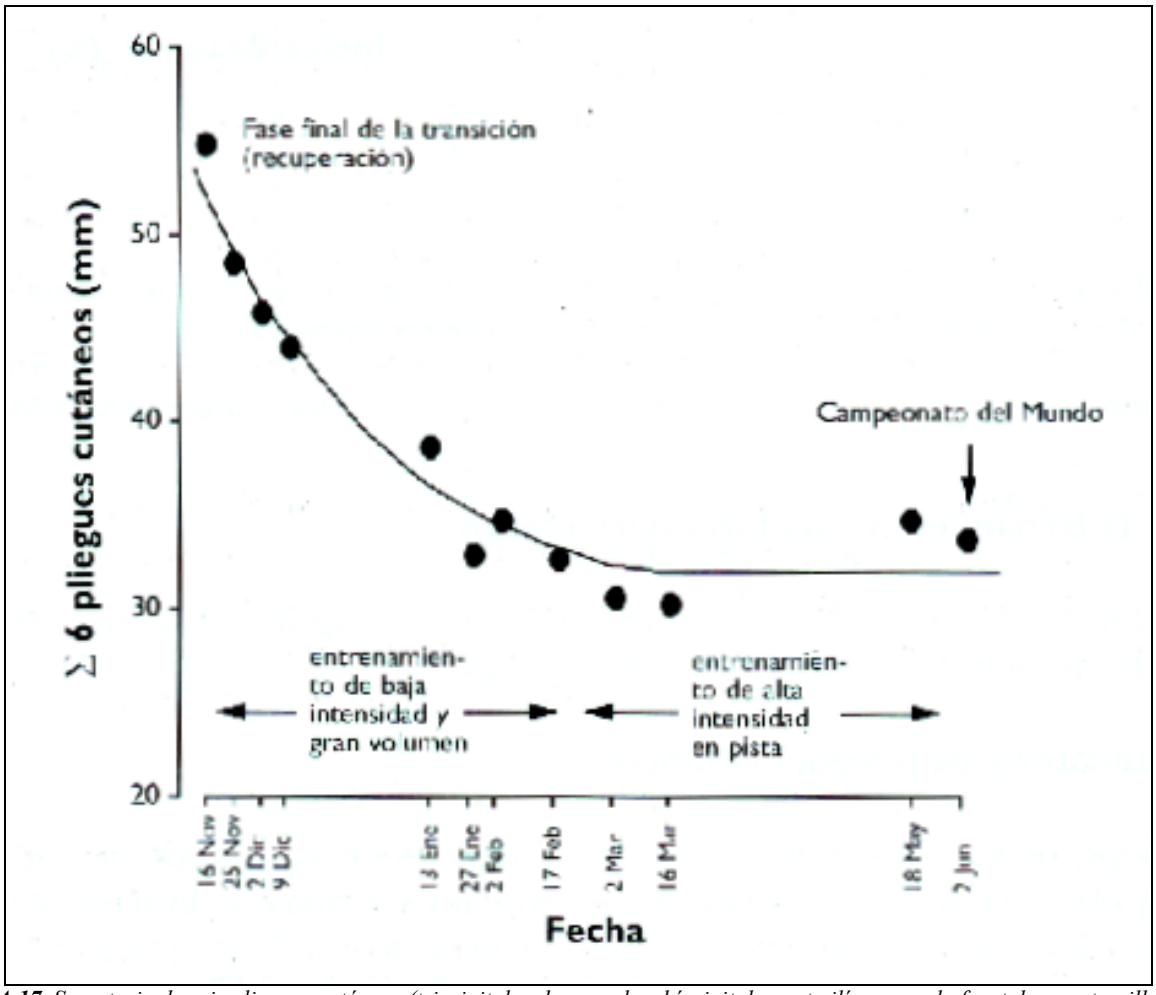


FIGURA 17. *Sumatoria de seis pliegues cutáneos (triccipital, subescapular, bíccipital, cresta ilíaca, muslo frontal, y pantorrilla medial: ETM del evaluador para la sumatoria de 6 pliegues cutáneos = 0.9 %, CCI = 0.999), controlada durante un período de siete meses en preparación para la competencia en los Campeonatos Mundiales (N. Craig, datos no publicados).*

Un alto nivel de GC tiene un efecto adverso sobre la performance en muchos deportes. Esto se ha probado experimentalmente cambiando artificialmente el peso del cuerpo (Cureton y cols., 1978; Cureton & Sparling, 1980; Hanson, 1973; Montgomery, 1982). Por ejemplo, luego e cargar a los sujetos con pesos adicionales, Cureton y Sparling (1980) observaron que el 30 % de la diferencia en el rendimiento de carrera, entre hombres y mujeres, podía atribuirse a las diferencias en los niveles de GC. Las diferencias entre sexos en el VO_{2max}, cuando se expresaron en relación al peso corporal, disminuyeron un 65 % luego de que los niveles de GC: fueron equiparados, agregando peso a los varones.

La relación entre el peso corporal alterado y la performance ha sido utilizada durante décadas en el

negocio de las carreras de caballo. Se sabe que alterar el ˙peso corporal» cargando a los caballos (- 1.000 kg) con cargas penalizadas (hasta > 70 kg, incluyendo jockeys) perjudica la performance. De hecho, los correctores de apuestas determinan las probabilidades de las apuestas en base a una disminución estimada en la performance, normalmente en las longitudes corporales del caballo para cada kilogramo adicional colocado en el caballo. Por ejemplo, una disminución de 1.25 de largos del caballo por cada kilogramo adicional de peso es utilizada corno base para ajustar la performance (Mauri Aho, Handicap Jefe del Jockey Club Australiano, comunicación personal, Julio de 1995).

Ya sea el evento principalmente aeróbico o anaeróbico, el aumento en la masa grasa (MG) será perjudicial para la performance. Por ejemplo, el requerimiento energético a cualquier velocidad determinada de carrera submáxima aumenta con los incrementos en el peso corporal a una tasa de casi 4 kj por cada kg extra, por cada km de carrera. Es decir, en equivalentes aerobicos, el VO2, debe aumentar cerca de 0.2 Lt. 02/kg por cada km recorrido, debido a una mayor demanda necesaria para mantener el movimiento de una mayor masa. El efecto sobre la performance es particularmente obvio en deportes donde son fundamentales las proporciones entre la potencia aeróbica/anaeróbica y el peso corporal, tal como ocurre en los eventos de «endurance y en los juegos de campo. En deportes en los cuales son necesarias la velocidad o la potencia explosiva, por ej. en los juegos con pelota, piques y saltos, el exceso de grasa aumentará el peso corporal y disminuirá la aceleración (aceleración = fuerza/masa), a menos que se apliquen aumentos proporcionales en la fuerza. Esto puede no siempre ser posible, o aún deseable, particularmente en eventos en donde se utiliza algún grado de ritmo, por ejemplo en los 4.000 mt de Ciclismo de persecución, o en los eventos de carreras de media distancia.
Una mayor MG también tiene un impacto sobre el Ap, lo cual es importante para todos los deportistas, particularmente en deportes tales como Ciclismo, Patinaje, Esquí y otros deportes que desarrollan grandes velocidades (Olds y cols., 1995; Quinney, 1990). Esto es así al margen de que el peso corporal es soportado en muchas e estas actividades. El grado en el cual los cambios en el Ap impactan en el rendimiento, se muestra en la Figura 7.

Olds y cols. (1993), usando un modelo matemático, han estimado que un aumento de 2 kg en la MG podría incrementar el tiempo de carrera de una prueba de Ciclismo de 4.000 mt de persecución aproximadamente 1.5 seg (20 mt), y una serie contra reloj de 40 km, en 15 seg (180 mt), La demanda energética del Ciclismo también se verá afectada por una mayor resistencia de rociado, la cual aumenta proporcionalmente con el peso corporal. Además, la energía cinética impartida al sistema bicicleta-ciclista durante la aceleración, a una tasa determinada, será mayor cuando más elevado sea el peso corporal. Por el contrario, la aceleración se reducirá si las mismas fuerzas son aplicadas por el atleta más obeso. El ascenso de pendientes o cuestas en el Ciclismo está particularmente afectado por el aumento del peso corporal, hasta el punto de que cada kilogramo de aumento en el peso (o grasa) corporal producirá una disminución en la performance, tal como se muestra en la 'Tabla 4.

En síntesis, el movimiento a una determinada velocidad o tasa de aceleración requerirá que las personas con sobrepeso trabajen a un mayor porcentaje de su $VO_{2max,}$ de lo que lo harían sin la MG adicional.

Pendiente (%)		**Cambio en el peso del ciclista (kg)**	
	0	+1	+5
0	100	100.2	100.9
0.5	106.4	106.7	107.7
1,0	113.6	113.9	115.4
2	130.5	131 .1	133.8
5	201.7	203.6	211.2

***TABLA 4**. Cambios en los tiempos de rendimiento en Ciclismo en una prueba de 40 km contra reloj, en función tanto del peso corporal agregado como del aumento en la pendiente del terreno. Los resultados son expresados como un cambio relativo (%), en comparación con el rendimiento basal (100 %). Olds y cols. (1993; 1995) llevaron a cabo simulaciones del rendimiento en Ciclismo utilizando modelos matemáticos.*

2.6.1 Consideraciones fisiológicas

La capacidad de trabajo disminuye con una mayor adiposidad debido a la incapacidad de la grasa, la que actúa como un peso muerto. La grasa en sí no tiene influencia sobre las capacidades de los sistemas cardiovascular y respiratorio para llevar oxígeno a los músculos, durante el ejercicio.

La MG adicional normalmente está asociada con una disminución en el cociente entre la superficie corporal y el peso (SC/peso). Debido a que el calor generado por el aumento en el metabolismo de los músculos activos debe eliminarse a través de la evaporación, la convección y la radiación, el cociente SC/peso tiene gran significado en la eficiencia de disipación del calor. Los deportistas con sobrepeso están en desventaja en los ejercicios de larga duración ya que tienen una menor tolerancia al calor que sus pares más magros, principalmente debido a las diferencias en el cociente SC/peso (Pyke, 1981). Cuanto mayor es el cociente (lo que es más evidente en la persona magra), más efectiva es la eliminación de calor cuando la temperatura ambiental es menor a la e la piel. Además, debido a diferencias en el contenido de agua, la cantidad de energía calórica necesaria para elevar la temperatura de una determinada masa de tejido adiposo por una cantidad establecida (calor específico) es menor que la de la masa magra (MM). Se han llevado a cabo numerosos estudios para determinar el calor específico e distintos tejidos del cuerpo (Minard, 1970). Las estimaciones e calor específico de todo el cuerpo han variado desde 2.68 $J.gr^{-1}.°C^{-1}$ para una persona muy obesa, hasta 3.39 $J.gr^{-1}°C^{-1}$ para una persona magra, las que tendría un mayor contenido relativo de agua (Minard, 1970). Por lo tanto, una determinada carga de calor por unidad de masa corporal elevará más la temperatura corporal en el individuo obeso que en el magro. Esto es importante ya que aproximadamente el 75 % de toda la conversión de energía dentro del cuerpo eventualmente es eliminada como energía calórica (Astrand & Rodahl, 1986). Para recalcar esta realidad, consideremos el siguiente ejemplo, utilizando estos extremos. Dos personas de 70 kg, una con sobrepeso y la otra magra, realizan el mismo esfuerzo, es decir, consumir 4 It 0_2 por minuto durante 2 hs. de carrera. Esto generaría suficiente calor (1 It O, = 21 kJ energía x 0.75 carga calórica) para elevar sus cuerpos hasta casi 40 C y 32 C, respectivamente. Sin embargo, debido a que obviamente ellos regulan sus temperaturas en algún grado inferior (digamos 40 oC), ésto significa que la persona obesa debe disipar cerca del 20 % más de calor (y por lo tanto, 20 % más de sudoración, suponiendo que todo se elimina a través de la evaporación) que su compañero magro, con el fin de mantener la misma temperatura corporal.

Eventualmente, en la persona obesa, la calidad (deterioro de la destreza) y la cantidad (capacidad máxima de los sistemas energéticos) de rendimiento se verán disminuidas debido a un elevado metabolismo anaeróbico y al «stress» por calor.

2.6.2 Patrones del peso corporal y niveles de grasa

Existen grupos específicos de deportistas que muestran patrones característicos de composición corporal y control del peso (Brownell. Nelson, Stern, & Wilmore, 1987; Fogelholm, 1994). Hay una considerable cantidad de datos que demuestran que la GC y otras masas corporales se conforman según patrones predecibles para deportistas específicos, así como para posiciones específicas dentro (le los deportes (Holly, Barnard, Rosenthal, Applegate, & Pritikin, 1986; Sinning, 1985; Soares y cols., 1986; Telford, Tumilty, & Damm, 1984; Wilmore, 1983). En las Figuras 18 y 19, se discuten estos patrones de GC en relación a los datos de pliegues cutáneos, presentados para deportistas varones y mujeres de alto rendimiento.

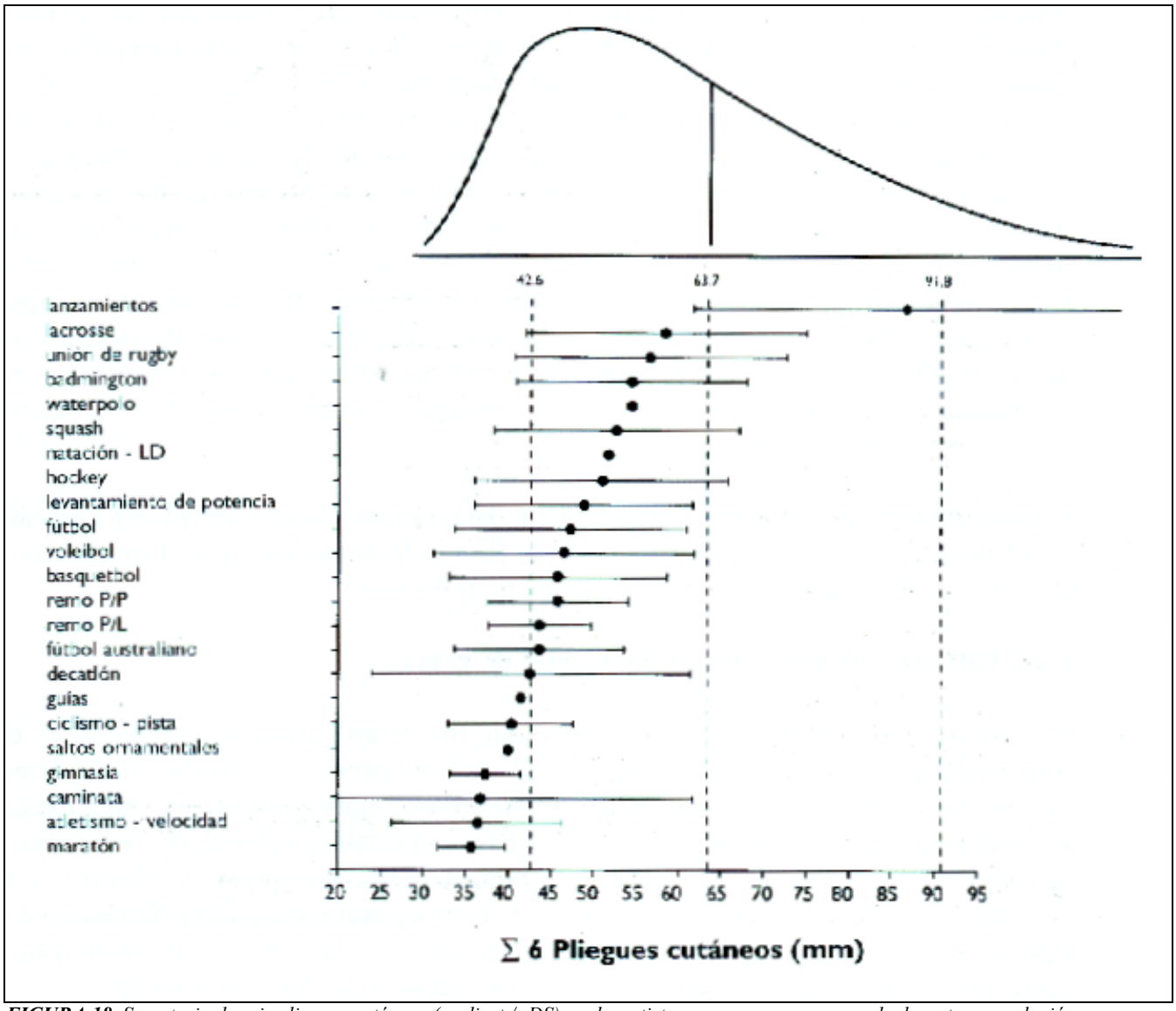


FIGURA 18. *Sumatoria de seis pliegues cutáneos (media +/- DS) en deportistas varones, en un rango de deportes, en relación a un grupo de referencia de no deportistas.*

El grupo de referencia fue tomado de los datos presentados por DASET (1992). Los pliegues cutáneos son: triccipital, subescapular, biccipital, supraespinal, abdominal, y pantorrilla medial. Observar que la distribución de datos de los pliegues cutáneos tiene una desviación positiva. Los valores de la mediana y los rangos intercuartilos (marcados por líneas de punto) se muestran como referencia.

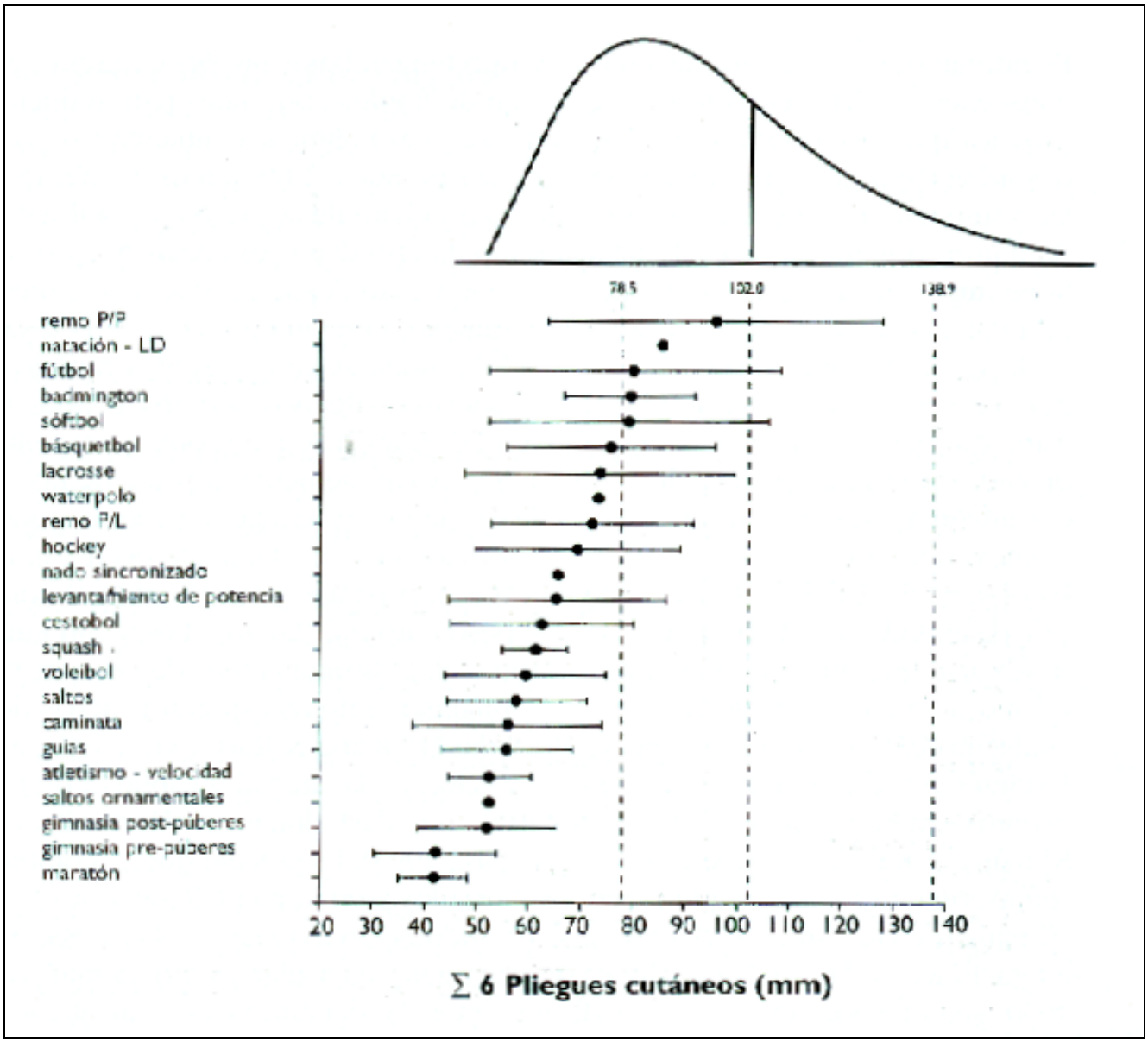


FIGURA 19. *Sumatoria de seis pliegues cutáneos (media +/- DS) en deportistas mujeres, en un rango de deportes, en relación a un grupo de referencia de no deportistas.*

El grupo de referencia fue tornado de los datos presentados por DASET (1992). Observar que la distribución de datos de los pliegues cutáneos tiene una desviación positiva. Los valores de la mediana y los rangos intercuartilos (marcados por líneas de punto) se muestran como referencia.

Estos y otros grupos de deportistas pueden ser someramente clasificados en las siguientes categorías, según su nivel de grasa corporal:

Niveles bajos de grasa corporal

Dentro de este grupo de deportistas magros se encuentran las siguientes subdivisiones, basadas en el control del peso corporal:

- Deportistas en eventos con categorías por peso que necesitan "alcanzar un peso" antes de la competencia. Los deportes en esta categoría incluyen el Yudo, las carreras de caballos (jockey), el Boxeo, la Lucha Libre, las divisiones de Remo por peso, y el Karate.

Es normal que los deportistas en este grupo tengan bajos niveles de grasa corporal. En consecuencia, ésto requiere la eliminación de fluidos corporales para reducir el peso y provoca que los deportistas se sometan a severos regímenes alimentarios y/o de deshidratación, inmediatamente antes de ser pesados. También es común que estos deportistas compitan en categorías de peso muy por debajo de su peso corporal natural. La práctica de utilizar regímenes de deshidratación rápida (1-6 días) para bajar de peso

(hasta en un 8 %) tiene implicancias obvias sobre la salud, que varían desde cambios en el metabolismo corporal total, actividad metabólica del tejido adiposo, función endocrina, y la distribución alterada de la grasa corporal (Brownell y cols., 1987). Además de los rápidos cambios de peso que pueden ser extremos (hasta 9 kg en una semana), algunos deportistas podrían someterse a estos cambios fluctuantes en el peso y en la composición corporal hasta treinta veces o más en cada temporada (Brownell y cols., 1987). Aparentemente, a pesar de tales efectos fisiológicos adversos con las series reiteradas de disminución rápida de peso, la potencia máxima en eventos que duran menos de 30 seg puede no verse afectada. De hecho, al menos un estudio ha observado que la potencia máxima específica para el peso ($Watt.kg^{-1}$) aumentó luego de una deshidratación de hasta un 5 % del peso corporal (Jacobs, 1980). Sin embargo, debería destacarse que muchos deportistas se someten a disminuciones de peso mayores al 5 % del mismo, y que los tests de laboratorio normalmente no incorporan pruebas de habilidad, las cuales podrían verse adversamente afectadas (Klinzing & Karpowicz, 1986; Maffulli, 1992). Distintos estudios han mostrado una reducción en la calidad y cantidad de rendimiento en eventos que duran más de 30 seg, luego (le una deshidratación (Horswill y cols., 1990; Klinzing & Karpowicz, 1986; Webster y cols., 1990). Es posible que la combinación de una reducción en el flujo sanguíneo en los músculos y en la piel (Claremont y cols., 1976; Horstman y Horvath, 1973), en la tasa de sudoración (Sawka y cols., 1983), y las posibles alteraciones en las concentraciones de glucógeno muscular y de minerales (Horswill y cols., 1990) sean responsables de estos decrementos. Se debería mencionar que si bien la mayoría de los deportes con categorías por peso permiten que los deportistas se rehidraten luego de las sesiones de peso, no todos alcanzan los niveles normales de hidratación antes de la competencia.

- Deportistas que reducen el peso corporal y la masa magra principalmente por razones estéticas. Los deportes incluídos en esta categoría son Gimnasia, Aeróbica de Competición, Patín Artístico, Físicoculturismo, Saltos Ornamentales, y otros deportes en los cuales el puntaje está basado tanto en la apariencia como en la performance. Las reducciones de la GC también pueden ayudar al rendimiento.

- Deportistas que compiten con bajos niveles de grasa, específicamente para mejorar el rendimiento físico. Este grupo incluye deportistas en deportes en los cuales una masa grasa baja es la norma. Por ejemplo, Voleibol, Fútbol Australiano, carrera de «sprints», saltos, y eventos de fondo como el Ciclismo, Triatlon, y Pedestrismo. Numerosos investigadores han observado un deterioro de la performance en estos eventos, a medida que aumentan los niveles de adiposidad corporal (Wilmore & Costill, 1987). Con frecuencia, también existe una relación inversa entre el nivel de competencia y el nivel de grasa corporal (Burke, Read, & Gollan, 1985), o con el nivel de triunfo o de éxito en el grupo de élite. Por ejemplo, se ha observado que los remeros de peso pesado que han tenido más éxito tienen valores más bajos en los pliegues cutáneos que los remeros que han tenido menos éxito deportivo (Hahn, 1990).

Niveles moderados de grasa corporal

Estos deportistas están relacionados con deportes tales como el Badmington, Tenis y otras disciplinas con Raqueta, Cricket, Beisbol, y Navegación, en los cuales la disminución de grasa podría ayudar para la aptitud física y la performance, pero generalmente los niveles de grasa corporal tienden a ser mayores que en muchos otros deportes. Por ejemplo, los competidores varones de navegación en las Olimpíadas de Montreal tuvieron una media de 16.4 % de GC (rango 13-24 % GC) entre los distintos eventos de navegación (Shepard, 1990). Los jugadores de Cricket de alto nivel de Australia tuvieron una media de 11 % GC, con algunos jugadores por sobre el 15 % GC (AADBase, 1995).

Niveles de grasa corporal superiores a la media

Los deportes en esta categoría incluyen eventos de lanzamiento (Martillo, Disco, Bala) y deportes tales como Natación de «ultra endurance»

El exceso de grasa en los deportistas involucrados en eventos de lanzamiento podría ser perjudicial para la performance. Esto se debe a que la MG disminuirá la aceleración, particularmente cuando está localizada en las extremidades. Quizás, ésta es un área del deporte en la cual los competidores del futuro diferirán de los de hoy. Sin embargo, niveles extremadamente bajos de GC son raramente observados en combinación con una extraordinaria MM, siendo una excepción los físico culturistas de peso pesado (Fry y cots., 1991).

La baja densidad de la grasa brinda características de flotabilidad que son ventajosas para los nadadores de

aguas abiertas (canal, río u océano), suponiendo que se tiene una adecuada masa muscular que aporte las suficientes fuerzas propulsoras. Además, la grasa brinda un aislamiento contra el agua fría (Holmer & Bergh, 1974). Se ha sugerido que los niveles más elevados de grasa corporal en las nadadoras competitivas mejora su eficiencia (consumo de O_z por unidad de distancia), con respecto a los varones, debido a una elevación del cuerpo fuera del agua y una correspondiente reducción de la resistencia hidrodinámica (Pendergast y cols., 1977). Podría interpretarse que todos los nadadores tienen una tendencia hacia la adiposidad. Sin embargo, quizás la respuesta más definitiva a esta interpretación se observa en los datos antropométricos descriptivos recolectados en nadadores de élite (Mazza y cols., 1994). Los datos recolectados durante el Campeonato Mundial de Natación, en 1990, muestran que todos los grupos de nadadores varones tienen bajos niveles de adiposidad, determinados por la sumatoria de seis pliegues cutáneos (tríceps, subescapular, supraespinal, abdominal, muslo frontal, pantorrilla medial) igual a 41.8 +/- 9.1 mm para los especialistas de 1.500 mt, y 60.3 +/- 13.6 mm para los nadadores de aguas abiertas. En las mujeres, la sumatoria de los seis pliegues varió desde 62.3 +/- 6.7 mm para el grupo de 800 mt hasta 104.6 +/- 29.8 mm para las nadadoras de larga distancia (Mazza y cols., 1994).

En los eventos más largos de la Natación, la grasa sirve para mejorar la performance en dos formas. En primer lugar, la grasa da una mayor flotabilidad al nadador y contribuye a mejorar la eficiencia disminuyendo la resistencia hidrodinámica. En segundo término, la hipotermia es un problema que potencialmente puede poner en peligro la vida en los eventos de Natación de '<endurance>'. Para eliminar el calor del cuerpo se debe pasar por dos gradientes térmicos, desde el interior a la piel (Ti - Tp), y desde la piel al agua (Tp - Ta). El gradiente Ti - Tp es el que más está influenciado por la grasa corporal, particularmente por las reservas subcutáneas de grasa (Nadel y cols., 1974). Por lo tanto, se necesita una capa más gruesa de grasa como aislación térmica para preservar el calor corporal en el agua, a pesar de las elevadas tasas de producción de calor durante la competencia (cerca (le 6-10 veces los niveles de reposo). Pugh y colaboradores (1960) calcularon que una capa de 1 cm de grasa subcutánea (casi el grosor promedio en el cuerpo en los nadadores varones de aguas abiertas) es capaz de mantener una diferencia cercana a 1.7 ºC; entre el interior y el agua circundante (Ta = 16 °C), cuando el flujo de sangre en la piel ha sido significativamente reducido debido a una fuerte acción vasoconstrictora. Cuando la producción cíe calor se eleva 10 veces de los niveles de reposo, se estima que la misma capa de 1 cm mantiene una diferencia de 10 veces en temperatura entre el interior del cuerpo y el agua circundante.
Se han llevado a cabo tanto estimaciones teóricas como mediciones experimentales del segundo gradiente térmico (Tp - Ta). El coeficiente de transferencia de calor por convección determina el flujo de calor entre el cuerpo y el medio ambiente circundante, de la siguiente manera:

$$C_c = \frac{\dot{E}}{\Delta TxSC}$$

donde:
C_c = Coeficiente de transferencia de calor por convección (W x m` x

E = Energía en un momento determinado (Watt)

ΔT= Diferencia entre la temperatura media de la piel y del agua (ºC)
SC= área de superficie corporal (m^2)

Nadel y cols. (1970 han calculado que el C_c en aguas quietas es más de 200 veces mayor que el aire sin movimiento, bajo condiciones promedio de agua y temperatura. Debido a que la superficie corporal está incluida en la ecuación, los deportistas con menores cocientes SC/peso son adecuados para eventos de natación de larga distancia, particularmente en aguas frías.

La grasa subcutánea brinda un efecto de amortiguación en caídas fuertes y colisiones corporales en deportes como el Fútbol Australiano y el Rugby, pero podría ser perjudicial para la performance debido a las razones mencionadas anteriormente. Por lo tanto, es característico que los deportistas de alto rendimiento en estas disciplinas tengan bajos niveles de GC (Withers, Craig y cols., 1987). En sí, un elevado peso corporal «per se» es indudablemente de gran significancia en eventos tales como en los luchadores de Sumo, y posiblemente en ciertas posiciones (por ej., líneas defensivos) en el Fútbol Americano, suponiendo que también se tenga una fuerza adecuada.

2.6.3 Entrenamiento y factores hereditarios

Si bien se sabe que el nivel de GC tiene una considerable base genética, sigue siendo el

componente que más responde al entrenamiento y a las intervenciones alimentarias. Bouchard y Lortie (1984) indicaron que el factor hereditario para la adiposidad corporal, evaluada a través ele mediciones de pliegues cutáneos, era aproximadamente de 0.55. Resúmenes menos más recientes de los mismos autores sugieren ahora un factor hereditario para el porcentaje de grasa cerca del 25 % para la herencia biológica con un 30 % adicional a partir ele la herencia cultural (Bouchard & Perusse, 1994). Si bien explican una proporción significativa de la variancia en la adiposidad, se ha mostrado que el entrenamiento y la dieta, ya sea solos o en combinación, tienen profundos efectos sobre el nivel de adiposidad en algunos individuos (ver Capítulo 12).

3. EVOLUCION DEL TAMAÑO CORPORAL DEL SER HUMANO

Los cambios en el tamaño corporal de los deportistas necesitan ser considerados en el contexto de continuas modificaciones de las dimensiones corporales, dentro de la población general. Por lo tanto, discutiremos sobre la evolución relativamente reciente del tamaño del ser humano antes de concentrarnos en los datos deportivos.

La distribución observada de la altura y del tamaño corporal dentro de cualquier población se debe a una combinación de factores, tanto ambientales como genéticos. Estos representan la culminación de las influencias evolucionarias hasta ese momento, por ejemplo las condiciones climáticas, o altura, y la estabilidad del polo genético. En conjunto, estos factores determinan las características morfológicas y fisiológicas actuales de una población.

Los cambios con el tiempo en las distribuciones de las dimensiones corporales se deben, principalmente, a factores ambientales, y en menor grado, a las influencias genéticas. Entre los factores ambientales se encuentran el estado nutricional de la población y la prevalencia de enfermedades graves o epidemias. Por ejemplo, el análisis ele huesos excavados de individuos adultos que vivieron durante los últimos dos milenios ha dado una explicación bastante clara de las fluctuaciones en la altura del ser humano, desde tiempos bíblicos (Kunitz, 1987), tal como se muestra en la Figura 20.

Estos estudios sugieren que nuestra estatura (predominantemente Europea) ha fluctuado considerablemente durante este período. Es debido a este patrón de cambio en las dimensiones corporales que los registros de la estatura humana sean tan vulnerables en ciencias tan diversas como Medicina, Antropología y Economía.

Como especie, los seres humanos nunca han sido mayores en nuestra historia (hasta lo que podemos decir). Nuestra presente estatura es resultante de una explosión de crecimiento sin precedentes a partir de la mitad del Siglo 19. Esencialmente, se ha sabido, durante al menos por un siglo, que los seres humanos están aumentando en tamaño en generaciones sucesivas. Este fenómeno es denominado «tendencia secular». Si bien no se conocen las razones exactas ele la tendencia secular, podría deberse a una mejor nutrición, a intercambios entre poblaciones geográficamente diversas previamente, a procesos de inmunización de gran escala, al fin de la revolución industrial, a la urbanización, y a un rango de otras razones menos probables, incluyendo la influencia de uniones variadas y selectivas, y a cambios en la temperatura y la humedad mundial (Floud, Wachter, & Gregory, 1990).

Si bien no se sabe si ésto es causa o efecto, ha habido una disminución casi lineal en la edad de la menarca en muchos países durante los últimos 150 años. La Figura 21 muestra este fenómeno.

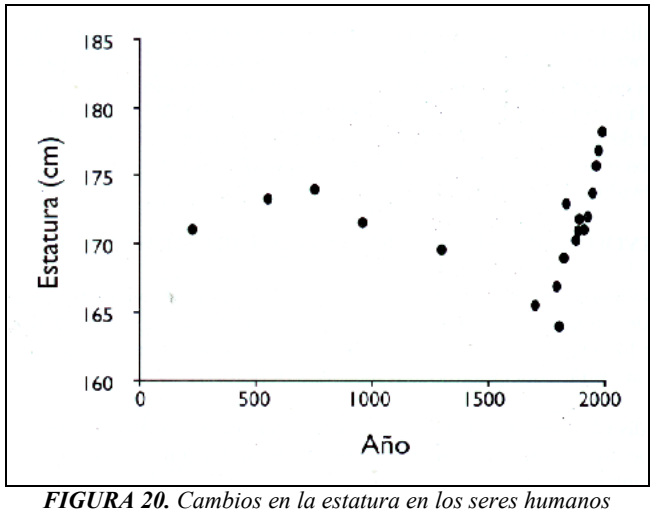


FIGURA 20. *Cambios en la estatura en los seres humanos durante los últimos 2000 años.*

Los datos fueron recolectados utilizando excavación arqueológica y registros históricos. Para cada punto mostrado hay entre 36 y 10.863 sujetos utilizados. Datos extraídos de: AADBase, 1995; DASET,1992; Kunitz, 1987; Meredith, 1976; NSW Department of Public Health,1955; Roth & Harris, 1908.

A pesar de que no ha habido una explicación adecuada para este cambio es posible que las niñas requieran un cierto tamaño corporal para iniciar los cambios fisiológicos y estructurales que acompañan a

la menarca. Por ejemplo, utilizando la ecuación de regresión presentada en la Figura 21 y los datos de tendencia secular (abajo), el tamaño medio (por ej., estatura, reflejando la maduración) de las niñas en la edad de menarca, al final del siglo, es casi idéntico que el tamaño de las niñas actuales, más jóvenes, que alcanzan la menarca (en promedio, cerca de 150 cm). También es interesante observar que el ejercicio físico parece retrasar el comienzo de la menarca (Malina, 1982; Ross y cols., 1976) mientras que la inactividad en deportistas jóvenes (debido a lesiones) podría acelerar la maduración (Ross & Marfell-Jones, 1991). A pesar del retraso de la menarca, los, datos actuales sugieren que no hay una influencia de la actividad física y el entrenamiento crónico sobre el crecimiento final de la altura (Malina, 1994). Los datos con niños Australianos, recolectados a intervalos en este siglo, muestran la tendencia secular de la estatura.

Se ha argumentado, y una considerable cantidad de datos respaldan esta idea, que la tasa de cambio en la estatura en el mundo occidental se ha frenado en la mayoría de los países (Tanner, 1978). Se pensaba que este retraso de la tendencia secular había comenzado durante el período 1960-1970. Sin embargo, los datos presentados en las Figuras 22 y 23 sugieren que la tendencia secular para la altura en Australia no está estabilizada. Los datos combinados muestran un incremento lineal en la estatura (variando las correlaciones entre 0.970 y 0.999 para los grupos por edad individual y por sexo) el cual promedia 1.23 cm por década para las mujeres y 1.33 cm por década para los varones. Por lo tanto, aparentemente la tasa total de cambio en la altura es relativamente constante, y así ha sucedido desde al menos la primera parte de este siglo.

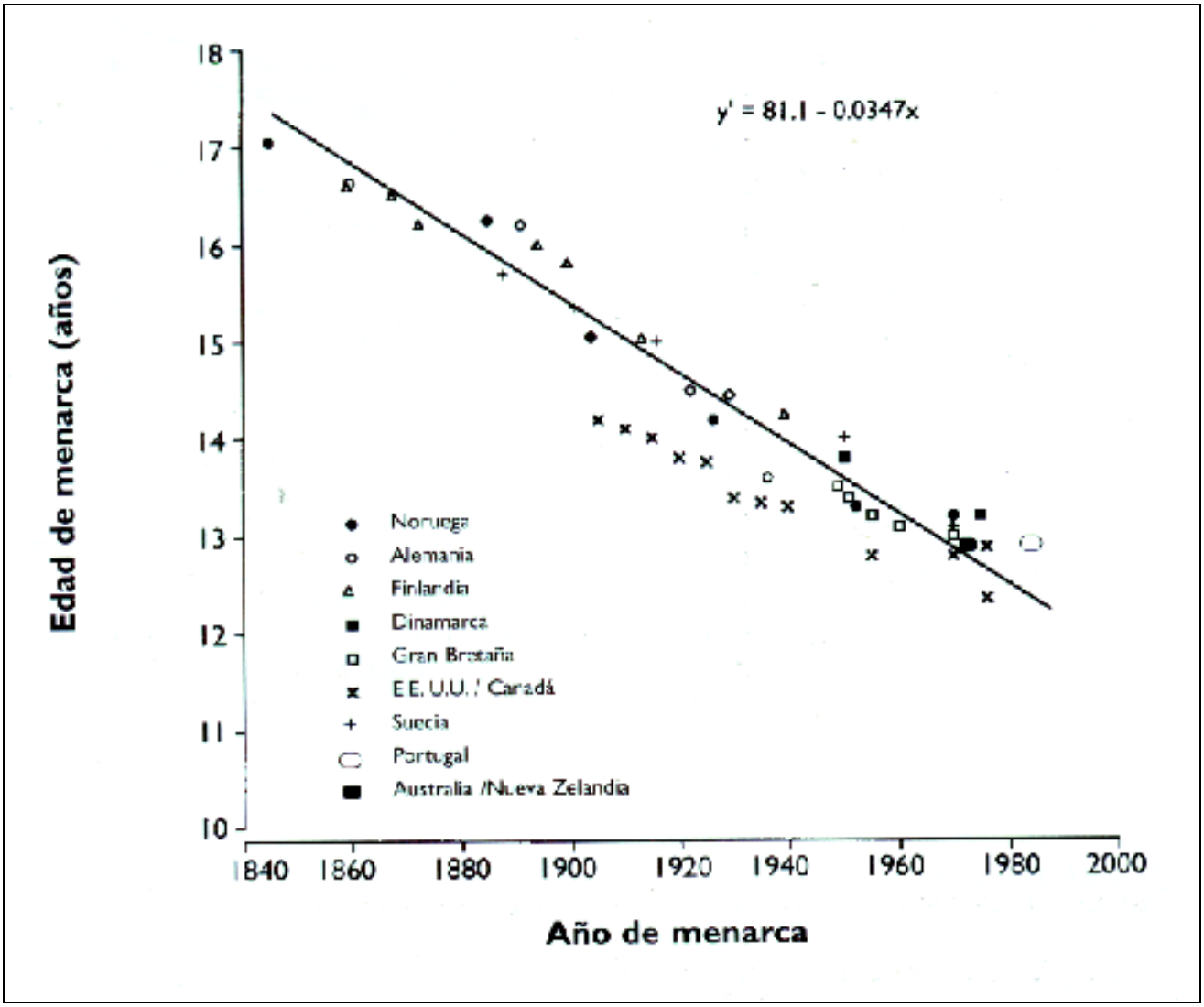


***FIGURA 21**. Edad de menarca, en función del año de menarca, de niñas en distintos países durante los últimos 150 años.*

Los datos fueron recogidos de Jokl, 1976; Ross y cols., 1976; Sobral y cols., 1986 y Tanner, 1978.

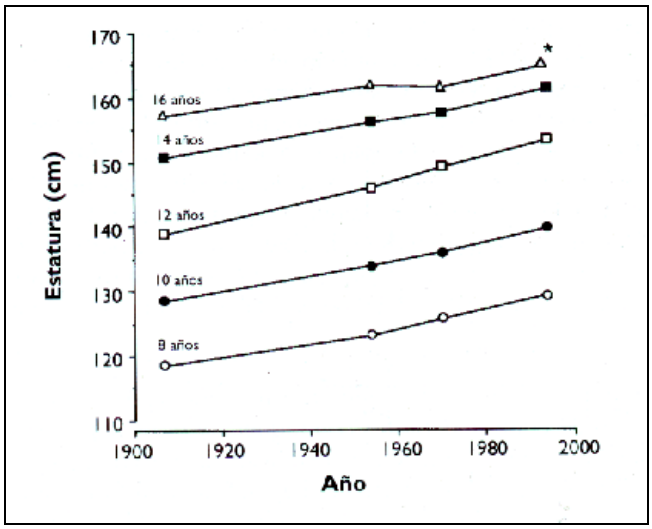


FIGURA 22. *Altura en mujeres, entre 8 y 16 años, desde 1906.*

- *Estatura media en mujeres de 16 años, obtenida de DASET (1992).*

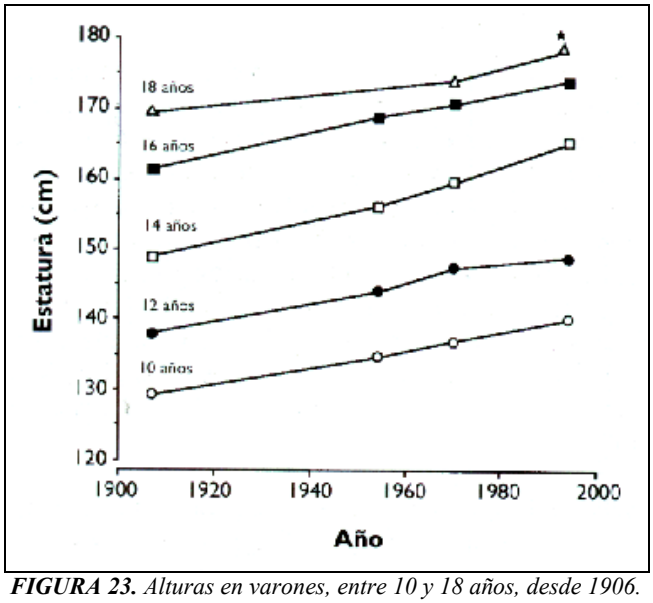


FIGURA 23. *Alturas en varones, entre 10 y 18 años, desde 1906.*

- *Estatura media en varones de 18 años, obtenida de DASET (1992)*

Las Figuras 22 y 23 han sido producidas utilizando resúmenes de datos recolectados en niños de las escuelas de Sidney (o en edad escolar), a lo largo de todo este siglo: (Gard, 1995; Meredith, 1976; NSW Department of Public Health, 1955; Roth & Harris, 1908).

3.1 Evolución del tamaño corporal de los deportistas

El tamaño corporal de los deportistas ha sido de gran interés dentro de la población general (por ej., Johnson, 1974; Sachare, 1994). Es común encontrar estadísticas sobre los tamaños de los jugadores en revistas deportivas semanales. Las alturas y los pesos de los jugadores son elementos fundamentales utilizados en el reclutamiento y selección, son tema de permanente discusión en los medios de comunicación, y principalmente influyen en la performance. Sin embargo, en la discusión científica de la evolución de registros deportivos ha habido sólo ocasionalmente mención sobre la alteración en el tamaño, forma, y composición de los deportistas que participaban en diversas disciplinas (Ackland y cols., 1994; Cox y cols., 1995; Wang, Downey, Perko, Yesalis, 1993). Hay poco cuestionamiento de que el diseño de los equipos, las estrategias de entrenamiento, las mayores oportunidades de competencia, y los avances tecnológicos hayan sido importantes en la contribución de performances record. Sin embargo, igualmente nosotros sugerimos que la evolución de los tipos corporales con frecuencia ha sido ignorada, y fue instrumental en el establecimiento de la mayoría de los records actuales.

Debería recalcarse que muchos eventos no tienen records mundiales, como sucede, por ejemplo, con los deportes de equipo, deportes con raqueta, y otros deportes no Olímpicos. En estos casos no es fácil determinar el grado de evolución de los cuerpos de los deportistas. La tarea es aún más difícil de cuantificar ya que no hay suficiente información sobre el tamaño de los jugadores, anterior a los últimos 30 o 40 años. Cuando se disponen de datos históricos sobre deportistas, son importantes ya que no sólo reflejan el tamaño del jugador en momentos específicos de la historia, sino que pueden ser utilizados para evaluar las necesidades de evolución del tamaño corporal en deportes en particular, y predecir los tamaños de los jugadores futuros. Los datos con deportistas también son importantes ya que podrían, con algunas presunciones, utilizarse como base para estimar la tendencia secular en la población general, cuando no hay datos o los hay pocos. Estas comparaciones tanto dentro como entre grupos deportivos y no deportivos podrían revelar patrones singulares de alteraciones en el tamaño corporal con el tiempo, lo cual puede estar relacionado con otros aspectos de la vida deportiva tales como el entrenamiento, la manipulación alimentaria, las modificaciones en los reglamentos, y otras intervenciones como el uso de drogas. Nosotros sugerimos un modelo para clasificar los deportes, de acuerdo a los tipos de jugadores que probablemente se seleccionen en el futuro. Este modelo está basado en consideraciones teóricas de los deportes de hoy, junto con datos disponibles a partir de la literatura con deportistas, a lo largo de numerosas generaciones.

Existen cuatro grandes grupos de eventos deportivos que nosotros utilizamos para describir nuestro modelo, combinando la optimización morfológica y la evolución de los seres humanos (deportistas y no

deportistas). Estos son: optimización con límite superior abierto, optimización relativa, optimización absoluta, y optimización con límite inferior abierto. Estos modelos de clasificación son presentados en la Figura 24. Cada uno de estos modelos será discutido individualmente, utilizando ejemplos a partir de distintos deportes.

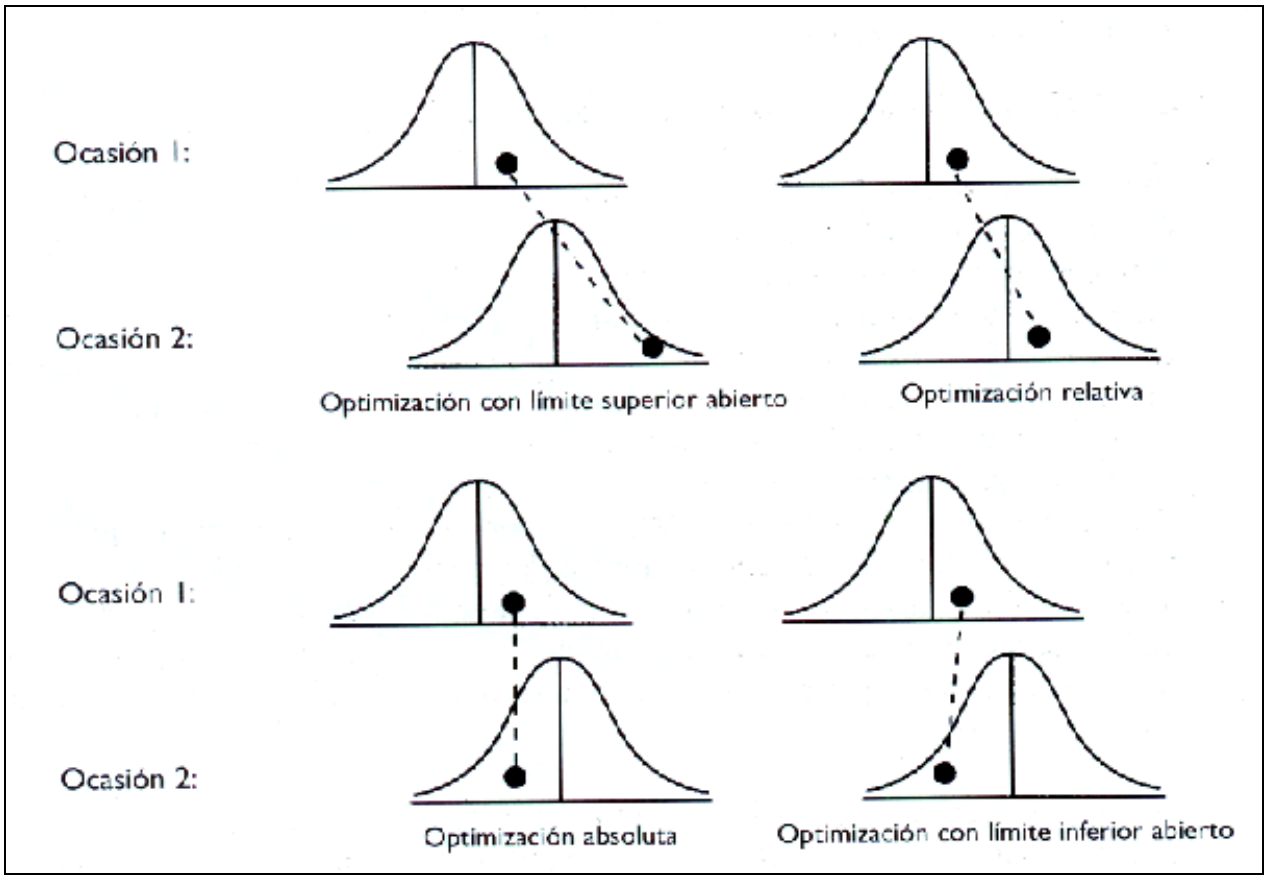


***FIGURA 24**. Modelos de optimización morfológica con referencia al tiempo. Ver texto para detalles.*

3.2 Optimización con límite superior abierto

Los deportes en esta categoría son aquellos en los cuales los deportistas con un mayor tamaño, o proporción absoluta o relativa, tendrán una ventaja en la competencia. Es decir, cuanto más grande mejor, siendo todas las otras variables iguales. Sólo hay algunos deporte; que se encuentran dentro de esta categoría, y son los que por lo general no requieren recorrer grandes distancias o ejercitar durante largos períodos de tiempo (sin descanse). También, estarán incluídos en este grupo los deportes que requieren que los deportistas venzan una resistencia externa, no humana. La optimización con límite superior abierto incluye deportes tales como Levantamiento de Pesas super-pesados, Lucha Sumo y Fútbol Americano, para atributos tales como el peso corporal; Cestobol, Básquethol y Remo de categoría peso pesado para la altura; Boxeo y Levantamiento de Pesas (en los dos extremos; en relación al cociente longitud extremidad superior/estatura, y Ap en Ciclismo. La Figura 2` muestra la consecuencia de un ejemplo de optimización con límite superior abierto. En este caso, se muestran las performances de levantamientos de super peso pesado, desde 1948, el relación a levantamientos dentro de categorías inferiores (cerradas) de peso.

El efecto de esta optimización con límite superior abierto es la aparición de deportistas con más de 160 kg, como el ruso Alexyev (Jokl, 1976). Los records mundiales para los super pesos pesados se han incrementado a una tasa aproximadamente del doble de lo observado en otras categorías de levantadores.

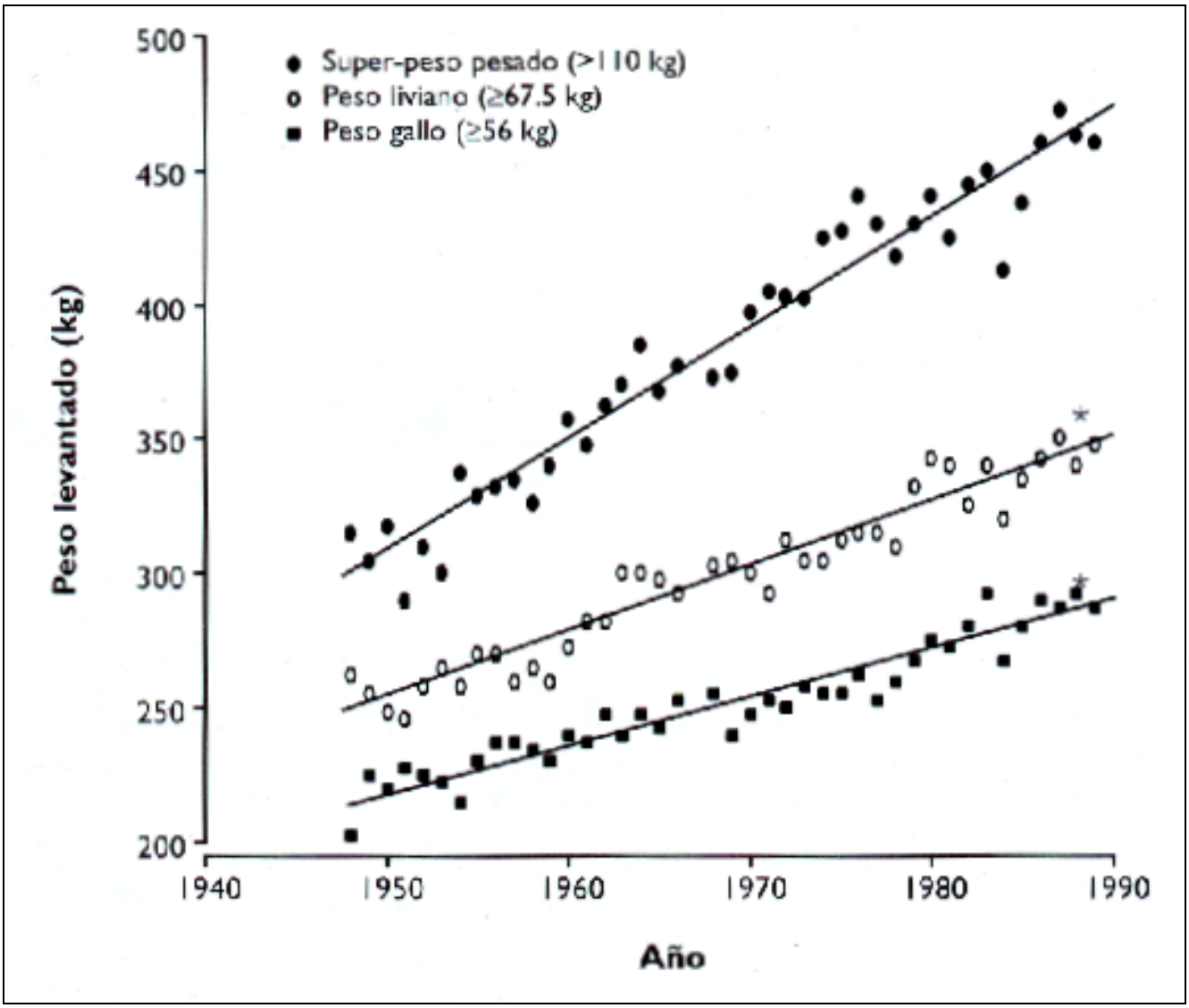


FIGURA 25. *Relacion entre el peso levantado durante los levantamientos de records mundiales y el año en que se logro; en tres categorías de peso.*

Los datos fueron extraídos de: Jokl, 1976; Mathews & Morrison, 1990. Las ecuaciones son: y' super peso pesado = -7739.3 + 4.127x; y' peso liviano = -4572.1 + 2.474x; y' peso pluma = -3260 + 1.784x. (*) Records posteriormente anulados por test positivo de doping.

Otro ejemplo puede encontrarse a través del análisis cuidadoso de los datos recolectados con jugadores de Fútbol Australiano (Olive, Norton, & Olds, 1994). Si bien ay poca información sobre el tamaño corporal de la población general de los Australianos adultos, anterior a las últimas dos o tres décadas, existe una considerable cantidad de datos disponibles con deportistas en tres de los principales tipos de Fútbol jugados en Australia (Fútbol Australiano, Liga de Rugby, y Unión de Rugby). Se obtuvieron datos sobre el tamaño corporal (altura y peso) de los futbolistas a partir de numerosas fuentes, principalmente registros de archivos normalmente guardados por las organizaciones deportivas. En la Figura 26 se muestra el análisis para los «ruckmen»» del Fútbol Australiano.

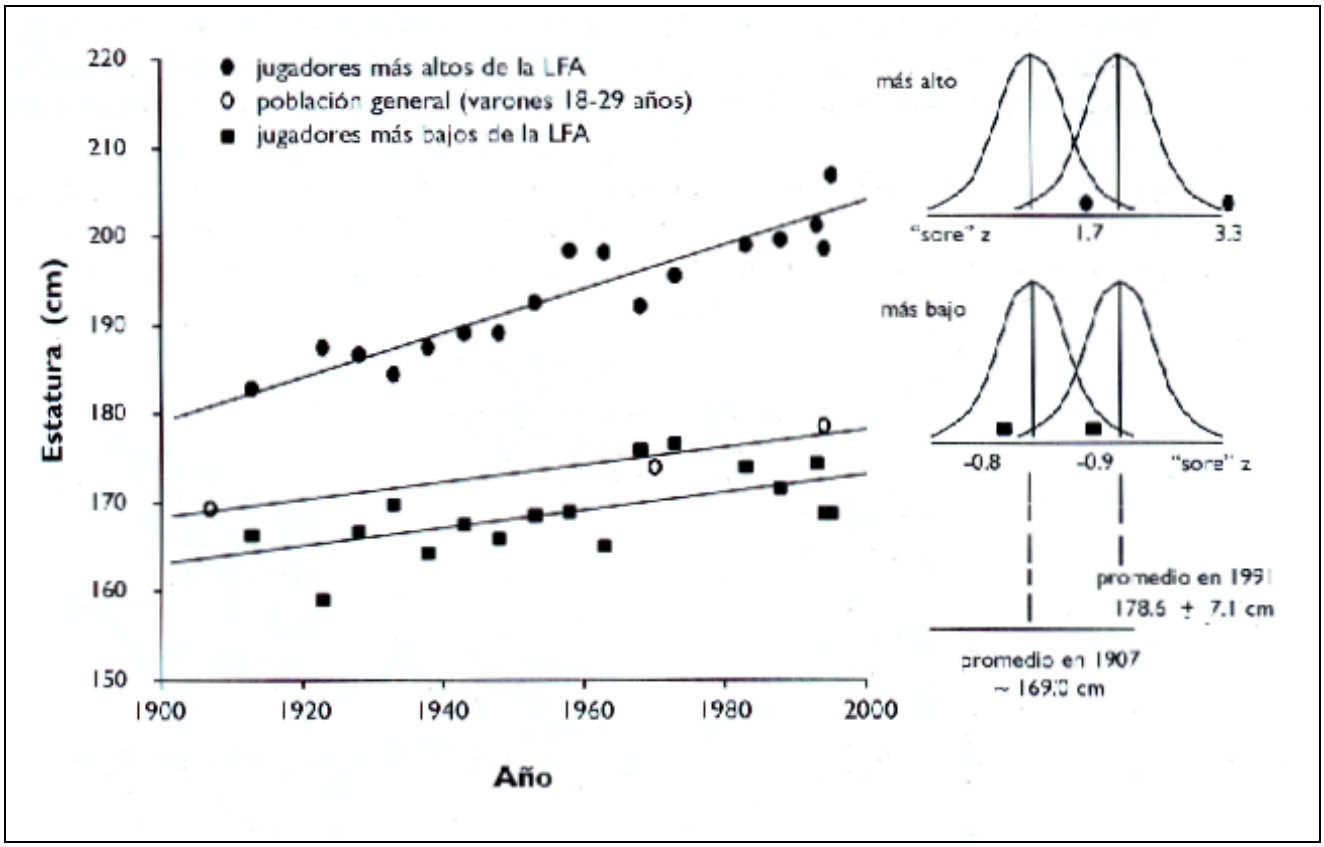


FIGURA 26. *Relación entre las estaturas medias de jugadores de Fútbol Australiano y el año de juego.*

Se muestran estos datos en relación a la población general de varones adultos jóvenes. Los 3 jugadores más altos y los 3 más bajos de la LFA fueron combinados para cada punto de datos en los grupos respectivos. Los datos son extraídos de los registros de la LFA (1994); DASET (1992), Meredith (1976); Roth & Harris (1908). El gráfico de la derecha muestra los «scores» z para los grupos de Fútbol en relación a la población general, cambiante en dos momentos de este siglo. La tasa exagerada de aumento en la altura de los jugadores más altos está representada por un mayor «score» z en la comparación más reciente con la población general (z = 3.3 vs. 1.7).

Estos datos remarcan el cambio en la altura de los «ruckmen» en relación tanto a la población masculina de adultos jóvenes como a los jugadores más bajos, a lo largo de casi 100 años de historia de este juego. Los «ruckmen» están aumentando a una tasa más de dos veces más rápida que cualquiera de los otros grupos. Por ejemplo, el jugador más alto en la gran final de 1913 (182 cm), estaría ranqueado por debajo del percentil 30 vs. sus pares contemporáneos, cuando se considera todo el equipo. Un jugador de 182 cm sería casi 25 cm más bajo que la altura media de los tres «ruckmen» más altos de hoy. Esto refleja, quizás, la naturaleza específica de la posición, el hecho de que estos deportistas ahora puedan descansar más frecuentemente durante el partido, y el reclutamiento selectivo de jugadores altos. También significa que el «pool» potencial de «ruckmen» es mucho menor ahora que antes. Las predicciones para los futuros jugadores indican que para el año 2050 la media de los tres «ruckmen» más altos será aproximadamente de 221 cm (Olive y cols., 1994), alturas alcanzadas actualmente sólo por los centros en el Básquetbol.

La Figura 27 ilustra los cambios en el BMI (peso x altura`) durante el transcurso de este siglo, en las tres clases de Fútbol. También se presentan, a modo de referencia, los datos de jugadores de Fútbol Americano de escuelas secundarias.

Sobresalen dos características. En primer lugar, el BMI medio en las dos clases de Rugby ha aumentado a lo largo del siglo, indicando proporcionalmente mayores aumentos en el peso (presumiblemente mayor musculación) en relación a cambios en la altura. En segundo término, ha habido una aceleración dramática en el BMI entre los jugadores de Rugby desde los comienzos de la década de 1980. Probablemente sea que gran parte de este aumento se deba a un entrenamiento de fuerza-resistencia más prolongado y más intenso a lo largo de sus carreras, a medida que los jugadores fueron adoptando un nivel más profesional. También es posible que haya más jugadores que estén consumiendo drogas para mejorar el rendimiento, tales como anabólicos esteroides y hormona del crecimiento.

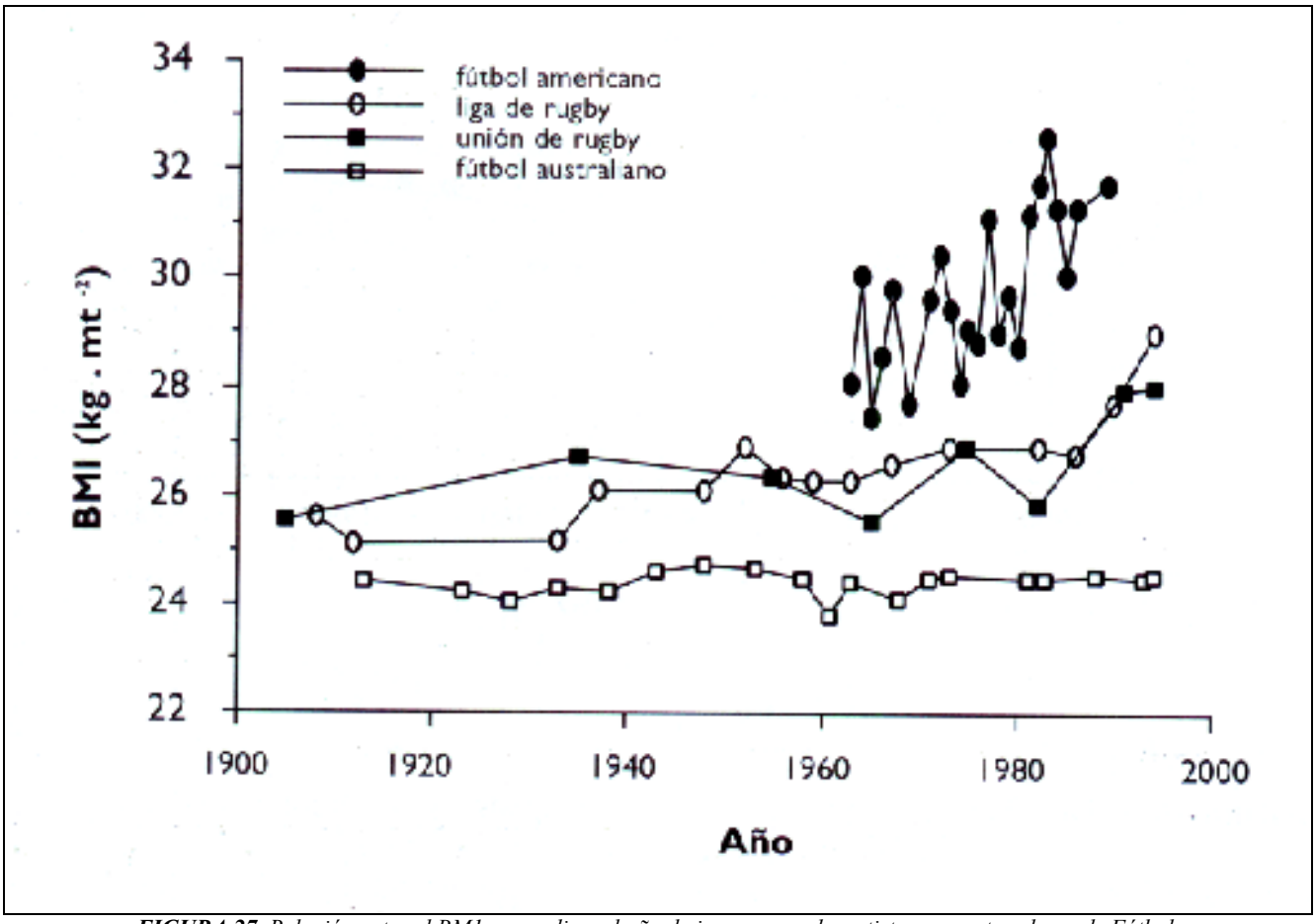


FIGURA 27. *Relación entre el BM1 promedio y el año de juego, para deportistas en cuatro clases de Fútbol.*

Los datos de los jugadores de Fútbol Australiano fueron extraídos de registros oficiales de la LFV y LFA de equipos de gran final, a intervalos de 5 años (registros LFA, 1994); los datos de la Liga de Rugby fueron tomados de las estadísticas del NSWRL (registros de la LRA, 1994). Estos datos corresponden a jugadores representativos del Australian Kangaroo, a intervalos de 4 años. Los datos de la Unión de Rugby fueron extraídos de Pollard (1984) y de registros oficiales de la Unión Australiana de Rugby, posteriores a 1984 (registros de la UAR, 1994). Los datos de Fútbol Americano son de Wang y cols. (1993).

Básquetbol

La Figura 28 muestra otro ejemplo de optimización con límite superior abierto. En este caso, se presenta la altura de cada jugador de la NBA desde 1945 (y algunos de temporadas anteriores). La ecuación de regresión indica que la tasa de cambio en la altura media de todos los jugadores (2.25 cm x década^{-1}) es significativamente mayor que la de la población general [cerca de 1 cm x década^{-1} en los norteamericanos (Tanner, 1978)]. Además, la tasa de aumento en la altura para los jugadores más altos que se incorporaron a la NBA cada año (4.38 cm x década^{-1}) es casi el doble que el incremento medio en la altura, y casi cuatro veces mayor que la de la población general. A esta tasa de incremento en la altura se predice que el primer jugador de 244 cm (8'0") podrá ser observado en la NBA hacia el año 2030.

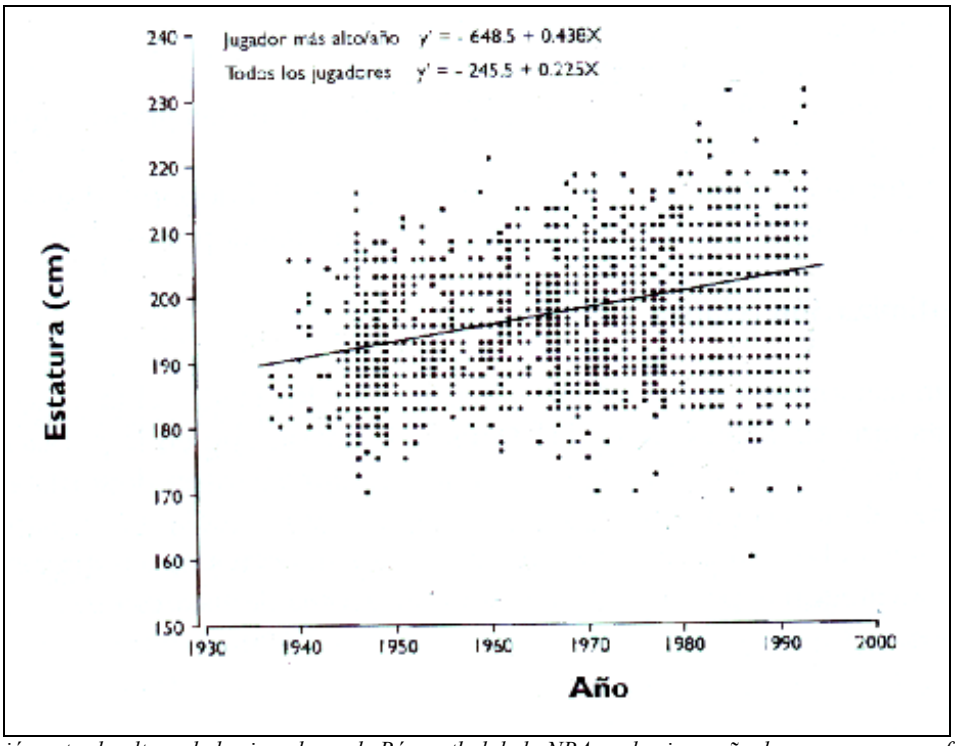


FIGURA 28. *Relación entre la altura de los jugadores de Básquetbol de la NBA, y el primer año de sus carreras profesionales. Datos de Sachare (1994), n= 2.826.*

Como se remarcó anteriormente, existen implicancias asociadas con esta progresión de jugadores más grandes. Ya se han introducido algunos cambios en el juego por razones de seguridad, y para reducir la congestión en el mismo y las excesivas colisiones corporales. Por ejemplo, como destaca DuPree (1994), los sistemas de montaje hidráulico y los aros deformables fueron instalados para soportar jugadores de grandes dimensiones que se cuelgan de los mismos, y para evitar que se rompan los tableros. Además se recortaron 15 cm de la parte de atrás de los tableros para evitar que los jugadores golpeen sus cabezas mientras saltan y bloquean. También se han sugerido otros cambios como instrumentar canchas y pelotas más grandes, aros más pequeños y hasta disminuir el número de jugadores en la cancha.

Ackland y cols. (1994) reportaron que la altura media de jugadoras de nivel internacional había aumentado 3.1 cm, y su peso, 3.2 kg, durante la última década. A pesar de su mayor peso corporal las deportistas fueron además menos endomórficas, indicando una menor sumatoria de pliegues cutáneos, utilizados en los cálculos del somatotipo. Por lo tanto, la tasa de cambio relativa a la de la población general apoya la ubicación del Básquetbol, tanto masculino como femenino, en la categoría de optimización con límite superior abierto.
Hasta el presente no es posible dar una explicación precisa de esta tendencia que pareciera sin fin hacia una optimización con límite superior abierto en distintos deportes, pero además de las influencias de la tendencia secular, podría estar relacionada con uno o más de los siguientes factores:

- Mayor selectividad en el reclutamiento (por ej., apuntando específicamente a jugadores más altos y/o más pesados, tal como en la NBA).
- La influencia de otros factores externos, tal como las mejores técnicas de entrenamiento de sobrecarga.
- El posible uso de drogas.
- La generación de un «pool genético de deportistas grandes que resultan de la unión de deportistas entre sí.
- Internacionalización versus regionalización del deporte, donde las poblaciones potenciales son mucho mas grandes para los deportes.

3.3 Optimización relativa

La optimización relativa se refiere a deportes en los cuales el tamaño óptimo del jugador aumenta aproximadamente en la misma proporción que en la población general. Debido a que la población general está aumentando en tamaño y en deportistas, y en promedio se mantiene el mismo número de DS con respecto a la media, los tamaños absolutos de los deportistas deben aumentar. La mayoría de los deportes que no tienen restricciones en cuanto a

categorías por peso se encuentran dentro de esta categoría. Aquí presentamos varios ejemplos.

Fútbol

En la Figura 26 se mostraba que los «ruckmen» en el Fútbol Australiano estaban aumentando fuera de proporción con respecto a la población general, pero los jugadores más pequeños estaban incrementando proporcionalmente a este cambio. Por lo tanto, los jugadores más pequeños están mostrando una optimización relativa. Esto indica que, suponiendo que las variancias son las mismas, la misma proporción relativa de la población tiene la oportunidad de participar en el deporte hoy, tal como ha sido el caso en generaciones anteriores. Pueden encontrarse otros ejemplos revisando los datos de la Unión de Rugby y de la Liga de Rugby.

Por ejemplo, la altura media de los jugadores de la Unión de Rugby ha sido relativamente constante con referencia a la tendencia secular de la población general. Esto se muestra en la Figura 29.

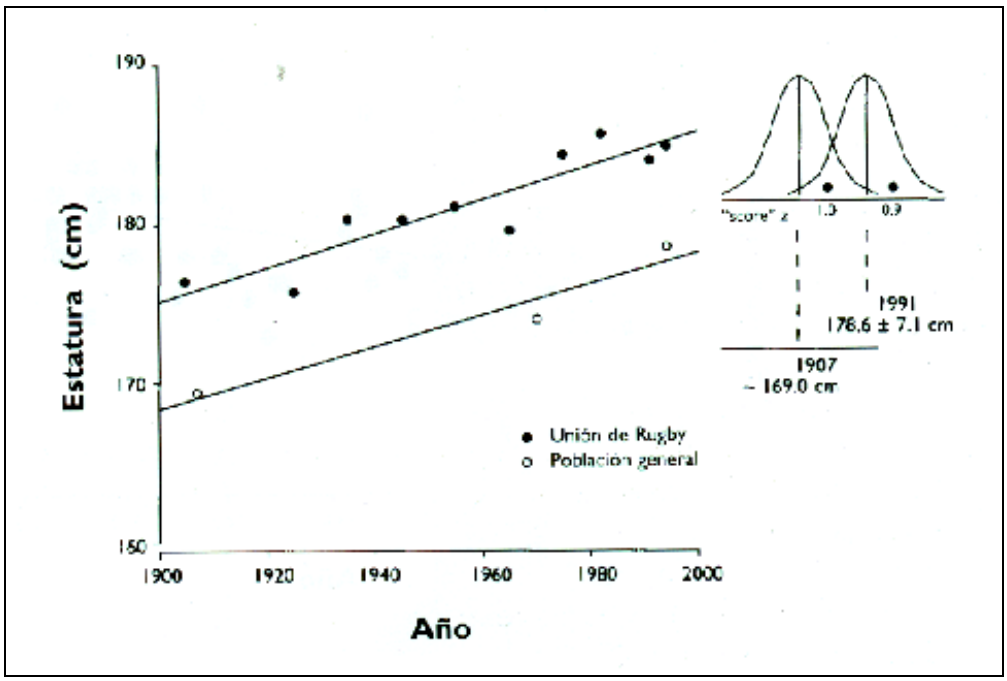


FIGURA 29. *Relación entre la altura media de los jugadores de la Unión de Rugby y el año de juego, con relación a la altura de la población general en el mismo período. Los datos de la Unión de Rugby fueron extraídos de las fuentes mencionadas en el texto. Para datos de referencia, ver Figura 26.*

Boxeadores de peso pesado

Ford (1984) analizó los datos originalmente obtenidos por McCallum (1974) sobre el tamaño corporal de campeones mundiales de Boxeo peso pesado, entre 1889 y 1978. A pesar de la «expectativa inocente de que los deportistas más grandes y más fuertes hacen mejores boxeadores, el autor concluyó que las ventajas derivadas de una mayor potencia muscular absoluta, en los boxeadores más grandes, no son tan grandes como las desventajas de la disminución en la velocidad y agilidad. Utilizando los datos de McCallum, Ford concluyó que sólo tres boxeadores pesos pesados en la historia tuvieron una altura mayor a 189.2 cm, defendiendo los tres el título no más de una vez. Sin embargo, nosotros volvimos a analizar la serie completa de datos desde 1882 hasta 1994 (Ballarati, 1994; Goldman, 1986; Ford, 1984; Mullan, 1995), y observamos que, en promedio, el campeón moderno es en realidad más alto y más pesado que sus predecesores de comienzos de siglo. La diferencia entre la altura media (le los boxeadores y la del hombre adulto en la población general es de casi 2 DS (178.6 versus 191 cm). El hecho de que la tasa de cambio de los campeones de Boxeo no sea diferente de la tasa de cambio de la población general (el IC 95 % para la pendiente inferior de la línea de boxeo es + 0.029 cm x década^{-1}), resulta en la tendencia secular de tamaño corporal de la población general, presentando un «pool» potencial relativamente constante de boxeadores de peso pesado. Estos datos sugieren además, que el tamaño por si sólo no es necesariamente una ventaja en el boxeo. Quizás, el intercambio de tamaño por velocidad y aceleración podría ser particularmente importante en este deporte.

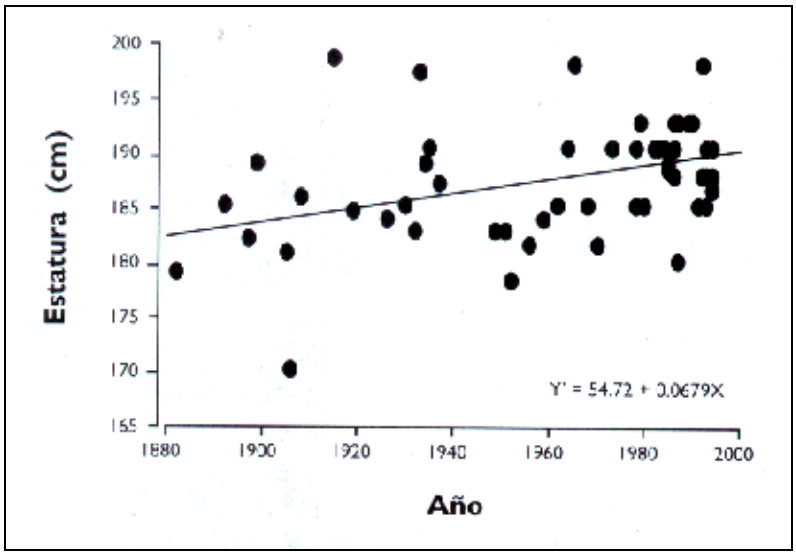


FIGURA 30. *Relación entre la altura de los campeones de Boxeo en la categoría peso pesado (se han incluído campeones no disputados, de IBC, WB(1, y WBF) y el año en que ganó el título. Datos de Ballarati (1994), Ford (1984), Goldman (1986), y Mullan (1995).*

3.4 Optimización absoluta

Jockeys

El tamaño promedio del jockey no ha cambiado mucho en la mayor parte (le este siglo. El peso corporal promedio +/- DS en 1933 (n= 138) era de 49.9 +/- 3.3, en 1964 (n= 77) de 48.9 +/- 2.3, y en 1995 (n= 103) de 51.0 +/- 1.4 kg (registros del JCA, 1933, 1964; Jenkins, 1995). En la Figura 31 se muestran las distribuciones de frecuencia de los jockeys utilizados en estos análisis.

Esta figura muestra algunos puntos importantes. La optimización absoluta es aparente durante este período, donde el peso promedio no cambia (y se estrecha la variabilidad de pesos corporales). Es decir, el peso promedio de los jockeys es restringido mientras que el de la población general aumenta. Por lo tanto, las medias se distancian, reduciendo el valor OZ.. Esta variabilidad o rango en el tamaño de los jockeys está influenciada por el rango de peso que los caballos normalmente soportan en las carreras. Este peso actualmente varía entre un peso mínimo de 51 kg, incluyendo jockey, montura y equipo, hasta pesos máximos cercanos a los 70 kg. En 1964, era de 49 kg. Se desconoce la cifra para 1933. Por lo tanto, los pesos mínimos han aumentado debido tanto a las dificultades que encontraban los jockeys para mantener un peso bajo (ésta fue la razón principal por la que el peso mínimo soportado por los caballos aumentó de 49 a 51 kg), como al menor número de personas pequeñas debido a las tendencias seculares.

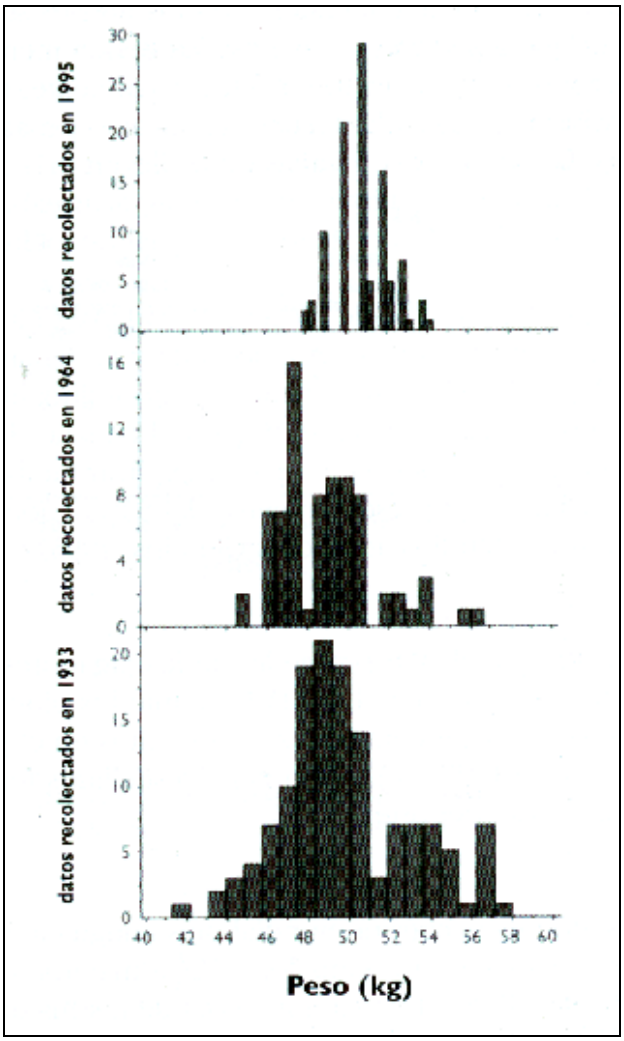


FIGURA 31. *Distribuciones de frecuencia del peso de jockeys profesionales, en tres períodos durante este siglo.*

Datos extraídos de los registros del JCA (1933, 1964); Jenkins (1995).

Con el tiempo, la porción inferior de la distribución ha sido erosionada. El peso más bajo en 1995 era de 48.0 kg, en comparación con los 41.3 kg en 1933. Una explicación para la disminución en los niveles superiores para el peso de los jockeys podría ser que los jockeys más pesados tienen menos oportunidad de montar, es decir, reducen su posible número de carreras. Finalmente, las carreras en las cuales a los caballos se les colocan cargas adicionales, tales como pesas y vallas, se están volviendo menos populares. Los eventos con vallas no se llevan más a cabo en las carreras en la ciudad de Sydney. Debido a que los vallistas, en general, acarreaban mayores pesos que los corredores llanos, una considerable población potencial de jockeys ha sido eliminada del deporte.

Debido a que el «pool» potencial de jockeys es cada vez menor en cada generación (OZ actualmente = 3.23 % para los varones), la oferta y la demanda hoy hace que la carrera de caballos sea un deporte profesional lucrativo. Esto indudablemente ha hecho que muchos deportistas, quienes apenas están en el rango del tamaño deseable para jockeys, encuentren difícil llegar a un peso. Esto podría, en parte, explicar también el aumento de jocketas licenciadas, quienes ahora representan cerca del 5 % de jockeys, en comparación con una «no» representación en estudios anteriores (Jenkins, 1995).

Fútbol

La Figura 27 muestra que el BMI promedio de los jugadores de Fútbol Australiano se ha desviado en menos de una unidad de BMI durante los últimos 81 años (Olive y cols., 1994). Este hecho, junto con los concomitantes incrementos en el peso corporal, sugieren que los jugadores de Fútbol Australiano han mantenido similares formas corporales lineales, a lo largo de la evolución del deporte.

Maratón

La maratón de Boston es la carrera mundial más antigua aún existente. Se re-analizaron los datos del tamaño corporal de los ganadores de la maratón de Boston, desde 1897 hasta 1992 (Falls, 1977; Fox, 1979-1993). La estatura media de los maratonistas varones es de 171.3 +/5.4 cm (rango 154.9-190.5 cm) permaneciendo constante la altura durante casi 100 años, como se muestra en la Figura 32.

La estatura media de los ganadores en Boston no ha cambiado, a pesar de la tendencia secular en la población general (cerca de 1 cm x década' en los norteamericanos; Tanner, 1978). Esta tendencia sugiere que existe un tamaño corporal óptimo para estos eventos. Esta idea está respaldada además por el peso y el índice de masa corporal (peso x altura`) de los corredores de la maratón de Boston, a lo largo del tiempo. El peso promedio de los corredores ha permanecido relativamente constante con el tiempo (61.6 +/- 5.1 kg). También el BMI ha permanecido sin cambios durante el mismo período, tal como se muestra en la Figura 33.

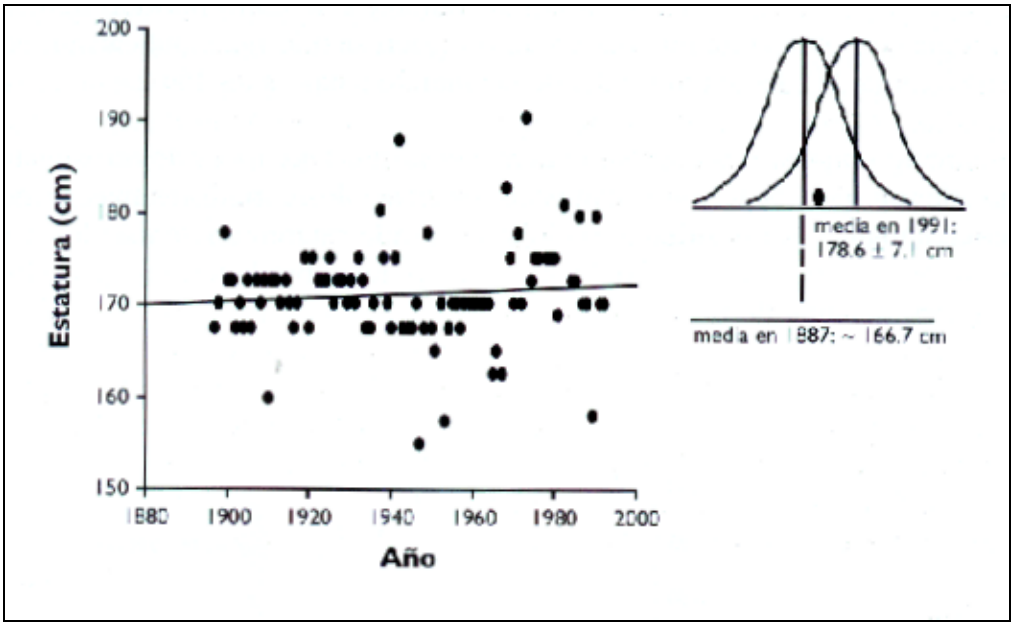


FIGURA 32. *Relación entre la altura de los ganadores masculinos de la maratón de Boston y el año en que ganaron. Los datos son de Jenkins (1995). Datos de Falls (1977) y Fox (1979-1993).*

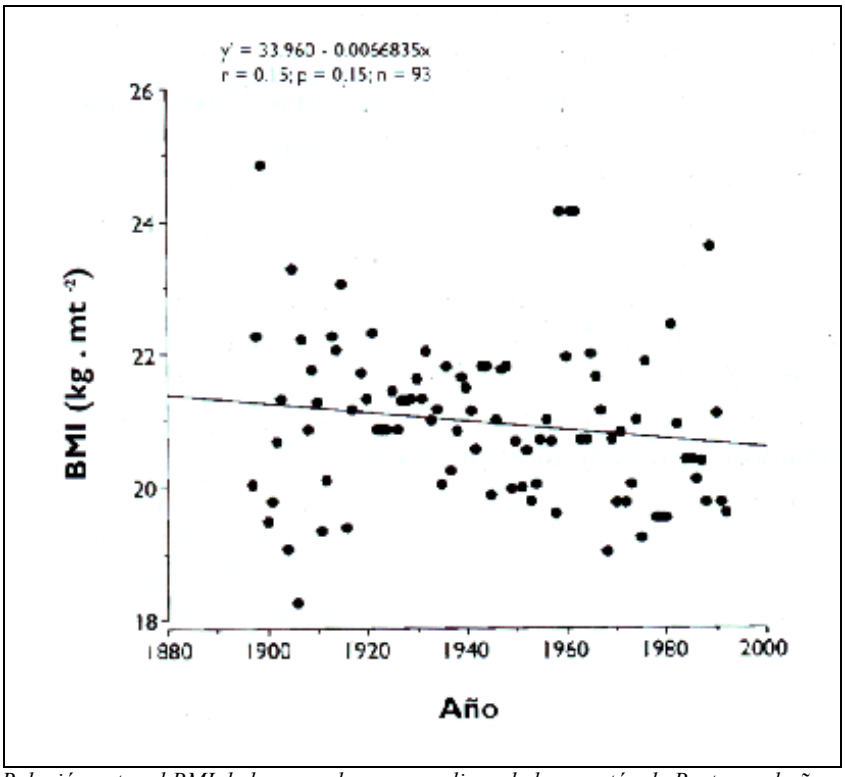


***FIGURA 33**. Relación entre el BMI de los ganadores masculinos de la maratón de Boston y el año en que ganaron*

.Datos de Falls (1977) y Fox (1979-1993).

También se encuentran disponibles los datos de las ganadoras mujeres, desde 1979 hasta 1992 (Fox, 1979). Si bien más dispersos durante este corto período de tiempo, las ecuaciones de regresión para la altura, peso, y BMI siguen siendo no significativamente diferentes dé cero (Figura 34). La altura media de las maratonistas es de 164.2 +/- 7.2 cm.

El tamaño corporal óptimo para los maratonistas dependerá de otros factores, incluyendo el tipo de terreno (los terrenos llanos en los cuales los corredores más grandes tendrán una ventaja relativa, o los terrenos ondulados donde estarán en ventaja los correctores más pequeños), y los beneficios del tamaño corporal sobre la termorregulación (cociente ASC/ peso) en el clima de Boston.

3.5 Optimización con límite inferior abierto

Hay muy pocos eventos que se ubican en esta categoría. Uno de los deportes en este grupo es la Gimnasia femenina. Nodeny (1994) reportó que el tamaño promedio de las representantes del equipo nacional de los E.E.U.UL ha disminuido durante los últimos 30 años. Esto se ilustra en la Figura 35.

Durante este período, la altura y el peso han disminuido en forma constante de 1.6 mt, 47.7 kg en

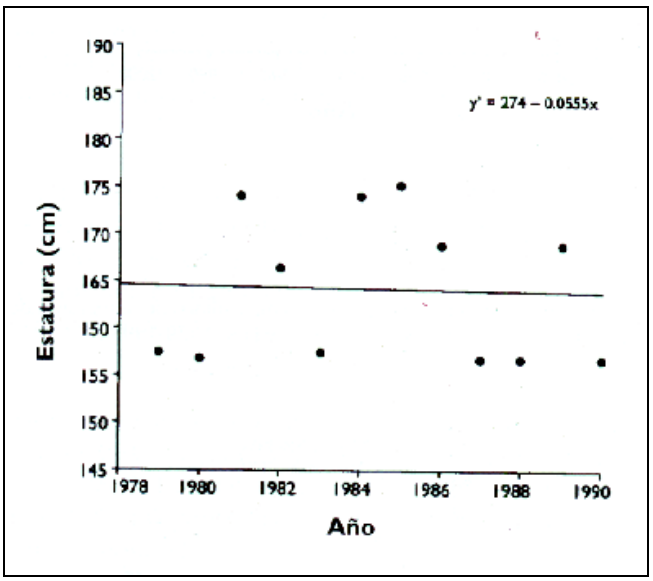


***FIGURA 34.** Relación entre la altura de las ganadoras femeninas de la maratón de Boston y el año en que ganaron.*

Datos de Fox (1979-1993).

1976 a 1.45 mt, 40 kg en 1992. El BMI en las mujeres ha bajado de 21.1 en las Olimpíadas de 1964, hasta 19.2 kg x m' en el Campeonato Mundial de 1987 (Classens y cols., 1991). Concordante con estas

tendencias, la edad promedio de las gimnastas mujeres que compitieron en Campeonatos Mundiales y Olimpíadas ha disminuido de 22.7 años en 1964 a 16.5 años en 1987. En esencia, debido a las demandas del deporte (de un tamaño más pequeño), el «pool» potencial de gimnastas mujeres óptimamente proporcionadas se ha reducido entre la población adulta. En respuesta a ésto, las niñas más jóvenes se han vuelto progresivamente más adecuadas para el deporte y, como fruto de esta edad y del alto volumen de entrenamiento, han desarrollado patrones característicos de menarca tardía y mantenimiento de las características de crecimiento de un niño (tales como bajos niveles de grasa corporal). Esto ha influido en el reciente cambio en el reglamento para las Gimnasia femenina internacional, en el cual existe ahora un límite inferior de edad de 15 años. Sin duda, este cambio en el reglamento producirá una alteración en la morfología de las mejores competidoras de nivel internacional, en maneras que en esta etapa, son impredecibles.

4. RESUMEN

Este capítulo ha hecho una revisión del concepto de optimización morfológica. Este es el proceso por el cual las demandas físicas de un deporte llevan a la selección de los tipos corporales (estructura y composición) mejor adecuados para tal actividad. Esto es más obvio a nivel profesional. Las características anatómicas aparentes entre los deportistas de élite no son fijas dentro de la población deportiva. Por el contrario, se están sometiendo continuamente a refinamientos dentro de cada generación, como respuesta al entrenamiento y a lo largo de las generaciones, a medida que evolucionan los seres humanos, que son cambiados los reglamentos y las tecnologías, y que cambia el estado de los deportes. Todas estas características tienen un impacto sobre el deporte, modificando la población potencial a partir de la cual los deportistas son seleccionados. Nosotros presentamos un modelo para determinar estadísticamente la probabilidad de que una variable antropométrica sea encontrada dentro de la población general (o potencial). Esto permite el análisis de las presiones de selección para cualquier variable antropométrica, y la cuantificación de cómo estas presiones podrían variar entre sexos, niveles competitivos, y con el transcurso del tiempo. Un análisis de la evolución (reciente) del tamaño y forma del ser humano ha permitido, además, estimar los requerimientos de las dimensiones corporales futuras para distintos deportes.

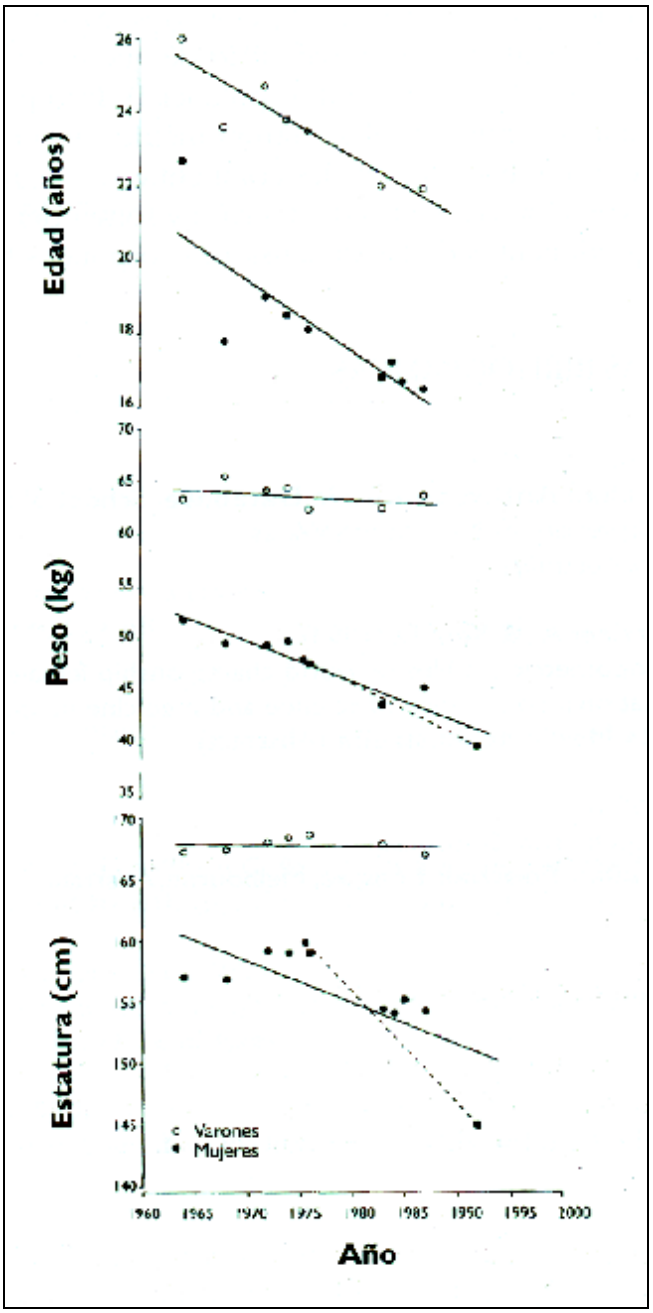


FIGURA 35. *Relación entre la edad, el peso y la estatura de gimnastas varones y mujeres, que compitieron en Campeonatos Mundiales y Olimpíadas, desde 1964. Los datos son de Classens y cols., 1991 (Tabla 6); y Nodeny, 1994 (línea punteada).*

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AADBase (1995).
Australian Anthropometric Database. School of Sport and Leisure Studies, The University of New South Wales, Sydney, Australia.

Ackland,T, Schreiner A.,& Kerr, D. (1994).
Anthropometric profiles of world championship female basketball players. International conference of science and medicine in sport, Brisbane,
Sports Medicine Australia (Abstract).

AFL records (1994).
Col Hutchinson, Statistician,
Australian Football League, Melbourne, Australia

AJC records (1933-1964)
The Australian jockey Club Racing Calendar (September I, 1933; September I, 1964).
Australian jockey CIub,Alison Road, Randwick, New South Wales, Australia.

ARL records (1994).
David Middleton, Statistician
League Information Services, 31 Morton Street,Wollstonecraft, New South Wales,
Australia.

ARU records (1994)
Rob Bradley, Statistician,
Australian Rugby Union, 353 Anzac Parade, Kingsford, New South Wales,Australia

Astrand, PO., & Rodahl, K. (1986).
Textbook of Work Physiology, 3rd Ed. (p. 595).
New York: McGraw-Hill.

ATP Tour (1995).
ATP 1995 player guide.
Ponte Vedra Beach, Florida:ATP Tour.

Bale, J. (1998).
Sport Geography.
New York: E & FN. Spon.

Ballarati, G. (1994).
Pugilato.
Rome: Ballerati Publishing.

Bartlett, R.M., & Best, R.J. (1988).
The biomechanics of javelin throwing: a review.
Journal of Sports Science, 6, 1-38.

Bouchard, C., & Lortie, G. (1984).
Heredity and endurance performance.
Sports Medicine, I, 38-64.

Bouchard, C., & Perusse, L. (1994).
Heredity, activity level, fitness, and health. In C. Bouchard, R.J. Shepherd, & T Stephens (Eds.),
Physical activity, fitness and health (pp. 106-I 18). Champaign, Illinois: Human Kinetics.

Brownell, K.D., Nelson Steen, S., & Wilmore, J.H. (1987).
Weight regulation practices in athletes; analysis of metabolic and health effects.
Medicine and Science in Sports and Exercise, 19, 546-556.

Burke, E.R., Faria, I.E., & White, J.A. (1990).
Cycling. In T Reilly, N. Secher, P. Snell, & C. Williams (Eds.), **Physiology of Sports**
(pp. 175-213).
London: E & F N. Spon.

Burke, L.M., & Read, R.S.D. (1987).
Diet patterns of elite male triathletes.
Physician and Sports Medicine, 15, 140-155.

Burke, L.M., Read, R.S.D., & Gollan, R.A. (1985).
Australian Rules football: an anthropometric study of participants.
British Journal of Sports Medicine, 19, 100-102.

Carlson, B.R., Carter, J.E.L., Patterson, P, Petti, K., Orfanos, S.M., & Noffal, G.J. (1994).
Physique and motor performance characteristics of US national rugby players.
Journal of Sports Sciences, 12, 403-412.

Carter, J.E.L., Ross, WD., Aubry, S.P, Hebbelinck, M., & Borms, J. (1982).
Anthropometry of Montreal Olympic athletes.
Medicine Sport 16 (pp. 25-52).
Karger: Basel.

Carter, J.E.L. (Ed.). (1984).
Physical Structure of Olympic Athletes. Part II:
Kinanthropometry of Olympic Athletes.
Karger: Basel.

Chilibeck, PD., Sale, D.G., & Webber, C.E. (1995).
Exercise and bone mineral density.
Sports Medicine, 19, 103-122.

Claessens,A.L.,Veer FM., Stijnen,V., Lefeure, J., Maes, H., Steens, G., & Beunen, G. (1991).
Anthropometric characteristics of outstanding male and female gymnasts.
Journal of Sports Sciences, 9, 53-74.

Claessens,A.L., Hlatky, S., Lefevre, J., & Holdhaus, H. (1994).
The role of anthropometric characteristics in modern pentathlon performance in
female athletes.
Journal of Sports Science, 12, 391-401.

Claremont,A.D., Costill, D.L., Fink,W, &Van Handel, P (1976).
Heat tolerance following diuretic induced dehydration.
Medicine and Science in Sports, 8, 239-243.

Clark, P.J. (1956).
The heritability of certain anthropometric characters as ascertained from measurements
of twins.
American Journal of Human Genetics, 8, 49-54.

Clarys, J.P, Martin,A.D., & Drinkwater, D.T (1984).
Gross tissue weights in the human body by cadaver dissection. 459-473.
Human Biology, 56,

Conners, M., Dupuis, D.L., & Morgan, B. (1992).
The Olympic Factbook.
London: Visible Ink Press.

Cox, M.H., Miles, D.S.,Verde, TJ., & Rhodes, E.C. (1995).
Applied physiology of ice hockey.
Sports Medicine, 19, 184-201.

Craig, N.P. (1984).
South Australian state representative sportsmen: relative body fat, somatotype
and anthropometric prediction of body density. Unpublished master's thesis.
The Flinders University of South Australia, Adelaide, South Australia, Australia.

Cureton, K.J., & Sparling, P.B. (1980).
Distance running performance and metabolic responses to running in men and women with
excess weight experimentally equated.
Medicine and Science in Sports and Exercise, 12, 288-294.

Cureton, K.J., Sparling, PB., Evans, B.W, Johnson, S.M., Kong, U.D., & Purvis, J.W. (1978).
Effect of experimental alterations in excess weight on aerobic capacity and distance running
performance.
Medicine and Science in Sports, 10, 194-199.

DASET (1992).
Department of the Arts, Sport, the Environment and Territories.
Pilot survey of the fitness of Australians.
Canberra: Australian Government Printing Service.

Dupree, D. (1994).
Shaq,'Zo and beyond:A peek into the future. In A. Sachare (Ed.), **The official NBA**
basketball encyclopedia pp. 164-173).
NewYork:Villard Books.

Dyson, G.H.G. (1975).
The mechanics of athletics (pp. 146-163).
London: Hodder and Stoughton.

Eveleth, PB., & Tanner, J.M. (1976).
Worldwide variation in human growth (pp. 276-433).
Cambridge: Cambridge University Press.

Falls, J. (1977).
The Boston Marathon (pp. 163-165).
NewYork: Macmillan.

Faulkner, R.A. (1976).
Physique characteristics of Canadian figure skaters.
Unpublished Master's thesis, Simon Fraser UniversityVancouver.

Fleck, S.J., Case, S., Puhl, J., &Van Handle, P (1985).
Physical and physiological characteristics of elite women volleyball players.
Canadian Journal of Applied Sport Sciences, 10, 122-126.

Fogelholm, M. (1994).
Effects of bodyweight reduction on sports performance.
Sports Medicine, 18, 249-267.

Foley, J.P, Bird, S.R., & White, J.A. (1989).
Anthropometric comparison of cyclists from different events
British Journal of Sports Medicine, 23, 30-33.

Ford, L.E. (1984).
Some consequences of body size.
American Journal of Physiology, 247, H495-H507.

Fox, E. (Ed.) (1979 - 1993).
Track and Field News, (Vols. 32,#I 1 - 46#I).
Mt View, California: Track and Field Publications

Floud, R.,Wachter, K.W, & Gregory,A. (1990).
Height, health and history: Nutritional status in the United Kingdom, 1750-1980.
Cambridge: Cambridge University Press.

Fry,A.C., Ryan,A.J., Schwab, R.J., Powell, D.R., & Kraemer,WJ. (1991).
Anthropometric characteristics as discriminators of body-building success.
Journal of Sports Sciences, 9, 23-32.

Gard, M. (1995).
Anthropometric survey of Sydney school children. Unpublished
Master's thesis,The University of New South Wales, Sydney, Australia.

Goldberg, K.E. (1984).
The skeleton: Fantastic framework (p. 57).
Washington: U.S. News Books.

Goldman, H. G. (Ed.). (1986).
Ring Record Book.
New York: Ring Publishing Corporation.

Goldman,A., & Dill, D. B. (1977).
A physiological profile of a jogging class young and old, male and female. In P. Milvy (Ed.),
The marathon, physiological, medical, epidemiological and psychological studies.
Annals of the New York Academy of Sciences, 301, 550-560.

Hagerman, F, Hagerman, G., & Meckelson,T (1979).
Physiological profiles of elite rowers.
The Physician and Sports Medicine, 7, 74-83.

Hahn,A. (1990).
Identification and selection of talent in Australian rowing.
Excel, 6, 5-I 1.

Hahn,A., & Bourdon, P (1995).
Protocols for the physiological assessment of rowers.
In J. Draper, B. Minikin, & R,Telford (Eds.). **Test methods manual, section III.**
Canberra: Australian Sports Commission.

Hanson, J.S. (1973).
Exercise responses following production of experimental obesity.
Journal of Applied Physiology, 35, 587-59 I.

Hartland, M. (1981).
The anthropometric prediction of body density and relative body fat in South Australian males.
Unpublished Honours thesis,The Flinders University of South Australia, Adelaide, South Australia, Australia.

Holly, R.G., Barnard, R.J., Rosenthal, M., Applegate, E., & Pritikin, N. (1986).
Triathlete characterisation and response to prolonged strenuous competition.
Medicine and Science in Sports and Exercise, 18, 123-127.

Holmer, I., & Bergh, U. **(1974).**
Metabolic and thermal responses to swimming in water at varying temperature.
Journal of Applied Physiology, 37, 702-705.

Horstman, D.H., & Horvath, S.M. (1973).
Cardiovascular adjustments to progressive dehydration.
Journal of Applied Physiology, 35, 501-504.

Horswill, C.A., Hickner, R.C., Scott, J.R., Costill, D.L., & Gould, D. (1990).
Weight loss, dietary carbohydrate modifications and high intensity physical performance.
Medicine and Science in Sports and Exercise, 22, 470-477.

Ireland, M.L., & Micheli, L.J. (1987).
Triathletes: biographic data, training, and injury patterns.
Annals of Sports Medicine, 3, 117-120.

Ingen Shenau, G.J., & de Groot, G. (1983).
On the origin of differences in performance level between elite male and female speed skaters.
Human Movement Science, 2, 151-159.

Jacobs, I. (1980).
The effects of thermal dehydration on performance of the Wingate anaerobic test.
International Journal of Sports Medicine, 1, 21-24.

Jenkins, PH. (Ed.). (1995).
Australian Jockey Club Racing Calender (Vols. 72 #9; April, 1995)
Sydney: Australian Jockey Club, Alison Road, Randwick, New South Wales, Australia.

Johnson, W O. **(1974).**
From here to 2000.
Sports Illustrated, 41, 80.

Jokl, E. (1976).
Record physiology.
In E. Jokl (Ed.), **Advances in exercise physiology** (pp. 3-22).
Basel: Karger.

Katch, Fl., & Katch,V.L. (1984).
The body composition profile.
In J.A. Nicholas, & E.B. Hershman (Eds.), **Clinics in Sports Medicine 3** (pp. 31-42).
London: W B. Saunders.

Klinzing, J.E., & Karpowicz, VV. (1986).
The effects of rapid weight loss and rehydration on a wrestling performance test.
Journal of Sports Medicine, 26, 149-156.

Khosla, T (1968).
Unfairness of certain events in the Olympic games.
British Medical journal, 4, 111-113.

Khosla, T (1983).
Sport for tall.
British Medical journal, 287, 736-738.

Khosla, T, & McBroom,V.C. (1988).
Age, height and weight of female Olympic finalists.
British Journal of Sports Medicine, 19, 96-99.

Kunitz, S.J. (1987).
Making a long story short: a note on men's height and mortality in England from the first
through the nineteenth centuries.
Medical History, 31, 269-280.

Leake, C.N., & Carter, J.E.L. (1991).
Comparison of body composition and somatotype of trained female triathletes.
Journal of Sports Sciences, 9, 125-138.

LeVeau, B.,Ward,T, & Nelson, R.C. (1974).
Body dimensions of Japanese and American gymnasts.
Medicine and Science in Sports, 6, 146-150.

MacLaren, D. (1990).
Court games: volleyball and basketball.
In T Reilly, N. Secher, P. Snell, & C. Williams, (Eds.), **Physiology of Sports** (pp. 427-464).
London: E & F N. Spon.

Maffulli, N. (1992).
Making weight: a case study of two elite wrestlers.
British Journal of Sports Medicine, 26, 107-110.

Malina, R.M. (1982).
Menarche in athletes: A synthesis and hypothesis.
Annals of Human Biology, 10, 1-24.

Malina, R.M. (1994).
Physical activity: relationship to growth, maturation, and physical fitness. In C. Bouchard,
R.J. Shepherd, & T Stephens (Eds.), **Physical activity, fitness and health** (pp. 918-930).
Champaign, Illinois: Human Kinetics.

Mathews, R, & Morrison, I. (1990).
The Guinness encyclopedia of international sports records and results.
Middlesex: Guinness Publishing.

Mazza, J.C., Ackland, TR., Bach, TM., & Cosolito, P. (1994).
Absolute body size. In J.E.L. Carter, &TR. Ackland (Eds.),
Kinanthropometry in Aquatic Sports (pp. 15-54).
Champaign, Illinois: Human Kinetics.

McCallum, J.D. (1974).
The world heavyweight boxing championship, a history.
Radnor, PA: Chilton.

McLean B.D. & ParkerA.W (1989).
An anthropometric analysis of the elite Australian track cyclist.
Journal of Sports Science, 7, 247-255.
Meredith, H.V (1976).
Findings from Asia, Australia, Europe and North America on secular change in mean height of
children, youths and young adults.
American Journal of Physical Anthropology, 44, 315 - 326.

Micheli, L.J., Gillespie, WJ., & Walaszek, R.PT (1984).
Physiologic profiles of female professional ballerinas. In J.A. Nicholas & E.B. Hershman (Eds.).
Clinics in Sports Medicine 3 (pp. 199-213).
London: W.B. Saunders.

Mikkelsen, F (1979).
Physical demands and muscle adaptation in elite badminton players. In J.Terauds (Ed.),
Science in Racquet Sports (pp. 55-67).
Del Mar, California: Academic.

Miller, FR., & Manfredi, TG. (1987).
Physiological and anthropometrical predictors of 15-kilometre time trial cycling performance.
Research Quarterly for Exercise and Sport, 25, 250-254.

Minard, D. (1970).
Body heat content. In: J.D. Hardy, A.P Gagge, & J.A.L. Stolwijk (Eds.). Physiological and
Behavioural **Temperature Regulation** (pp. 345-357).
Illinois: Charles C. Thomas Publishers.

Montgomery, D.L. (1982).
The effect of added weight on ice hockey performance.
Physician and Sports Medicine, 10 (11), 91-99.

Mullan, H. (1995).
Boxing News.
London: Boxing News Ltd.

Nadel, E.R., Holmer, I., Bergh, U.,Astrand, P-O., & Stolwijk, J.A.J. (1974).
Energy exchanges of swimming man.
Journal of Applied Physiology, 36, 465-471.

Nicholas, C.W, & Baker, J.S. (1995).
Anthropometric and physiological characteristics of first- and second-class rugby players.
Journal of Sports Sciences, 13, 15.

Niinimaa,V,Wright, G., Shepherd, R.J., & Clarke, J. (1977).
Characteristics of the successful dingy sailor.
Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 17, 83-96.

Nodeny, M. (Aug. 8, 1994).
Dying to win.
Who Weekly, 130, 50-57.

Norton, K.I. (1984).
South Australian females: Body fat, somatotype, body density and anthropometric fractionation of body mass.
Unpublished Master's thesis, The Flinders University of South Australia, Adelaide, South Australia, Australia.

NSW Department of Public Health, School Medical Service. (1955).
Height and weight tables.
Sydney: New South Wales Government Printer (Australia).

Olds,TS., Norton, K.I.,& Craig, N.P. (1993).
Mathematical model of cycling performance.
Journal of Applied Physiology, 75, 730-737.

Olds,TS., Norton, K.I., Lowe, E.L.A., Olive, S., Reay, F, & Ly, S. (1995).
Modeling road cycling performance.
Journal of Applied Physiology, 78, 1596-1611.

Olive, S.C., Norton, K.I., & Olds,TS. (1994).
The evolution of body size in Australian male athletes. **Proceedings of the Australian Sports Medicine National Scientific Conference,** Brisbane.

O''Toole, M.L., & Douglas, PS. (1995).
Applied physiology of triathlon.
Sports Medicine, 19, 251-267.

O''Toole, M.L., Douglas, PS., & Hiller,WD. (1989).
Applied physiology of a triathlon.
Sports Medicine 8, 201-225.

Parnell, R.W. (1958).
Behaviour and physique.
London: Arnold.

Parr, R.B., Wimore, J.H., Hoover, R., Bachman, D., & Kerlan, R. (1978).
Professional basketball players: athletic profiles.
Physician and Sportsmedicine, 6, 77-84.

Pavicic, L. (1986).
Anthroponmetrical characteristics in relation to activity in sports. In T Reilly, J.,Watkins, J.,
& Borms, J. (Eds.), **Kinanthropometry III** (pp. 221-226).
London: E & F N. Spon.

Pendergast, D.R., Di Prampero, RE., Craig, A.B. Jr,Wilson, D.R., & Rennie, D.W. (1977).
Quantitative analysis of the front crawl in men and women.
Journal of Applied Physiology, 43, 475-479.

Pheasant, S. (1988).
Bodyspace. Anthropometry, ergonomics and design.
London:Taylor and Francis.

Pollard, J. (1984).
Australian rugby union:The game and the players.
Sydney: Angus and Robertson.

Pugh, L.G.C.E., Edholm, O.G., Fox, R.H.,Wolff, H.S., Hervey, G.R., Hammond, W H., Tanner, J.M., & Whitehouse, R.H. (1960). Physiological study of channel swimming.
Clinical Science, 19, 257-273.

Pyke, FS. (1981).
Physiological considerations during exercise in hot climate.
Transactions of the Menzies Foundation, 2, 213-220.

Quinney, H.A. (1990).
Sport on ice. In T Reilly, N. Secher, P Snell, & C.Williams (Eds.), **Physiology of Sports**
(pp. 311-334).
London: E & F N. Spon.

Radford, FF (1990).
Sprinting. In T Reilly, N. Secher, P Snell, & C.Williams (Eds.), **Physiology of Sports** (pp. 71-99).
London: E & F N. Spon.

Reilly,T. (1990a).
Football. In T Reilly, N. Secher, P Snell, & C.Williams (Eds.), **Physiology of Sports** (pp. 371-425).
London: E & F. N. Spon.

Reilly,T (I990b).
Swimming. In T. Reilly, N. Secher, P Snell, & C. Williams (Eds.), **Physiology of Sports**
(pp. 217-257).
London: E & F N. Spon.

Reilly,T (I 990c).
The racquet .port.. In T Reilly, N.Secher, P Snell, & C. Williams (Eds.), **Physiology of Sports**
(pp. 337-369).
London: E & FN. Spon.

Rodriguez, FA. (1986).
Physical structure of international lightweight rower.. In T Reilly, J. Watkins, & J. Borms (Eds.),
Kinanthropometry III (pp. 255-261).
London: E & F N. Spon.

Ross,W D., Brown, S.R., Faulkner, R.A., & Savage, MY (1976).
Age of menarche of elite Canadian skaters and skiers.
Canadian Journal of Applied Sports Sciences, I, 288.

Ross,W.D., Leahy, R.M., Mazza, J.C., & Drinkwater, D.T (1994).
Relative body size. In J.E.L. Carter, &T.R. Ackland (Eds.),
Kinanthropometry in Aquatic Sports (pp.83-101).
Champaign, Illinois: Human Kinetic..

Ross, W D., Ward, R., Leah, R., & Day, J. (1982).
Proportionality of Montreal athlete.. In J. Carter (Ed.). **Physical structure of Olympic**
Athletes. Part I:The Montreal Olympic Games Anthropological Project (pp. 81-106).
Basel: Karger.

Ross, W D., & Marfell-Jone., M.T (1991).
Kinanthropometry. In J.D. MacDougall, H.A.Wenger, & H.J. Green (Eds.),
Physiological Testing of the High-Performance Athlete, 2nd Ed. (pp. 223-308).
Champaign, Illinois: Human Kinetic..

Roth, R.E., & Harris, M. (1908).
The physical condition of children attending public schools in New South Wales.
Sydney: Department of Public Instruction.

Sachare, A. (Ed.). (1994).
The official NBA basketball encyclopedia.
New York: Villard Books.

Sawka, M.N.,Toner, M.M., Francesconi, R.P, & Pandolf, K.B. (1983).
Hypohydration and exercise: effects of heat acclimation, gender and environment.
Journal of Applied Physiology, 55, 1147-1153.

Secher, N. (1983).
The physiology of rowing.
Journal of Sports Sciences I, 23-53.

Secher, N. (1990).
Rowing. In T Reilly, N. Secher, P. Snell, & C.Williams (Eds.), **Physiology of Sports** (pp. 259-285).
London: E & F N. Spon.

Shephard, R.J. (1990).
Sailing. In T Reilly, N. Secher, P Snell, & C.Williams (Eds.),
Physiology of Sports (pp. 287-309).
London: E & F N. Spon.

Sinning, W E. (1985).
Body Composition and Athletic Performance. Proceedings of the 56th Annual Meeting of
the American Academy of Physical Education, 18:45-56.
Champaign, Illinois: Human Kinetics.

Smith, D.M., Nance, W E., Kang, K.W, Christian, J.C., & Johnston, C.C. (1973).
Genetic factors in determining bone mass.
Journal of Clinical Investigations, 52, 2800-2808.

Smith, J.R. (1982).
The relationship of selected biomechanical and anthropometric measures to
accuracy in netball shooting. Unpublished Honours thesis, University of Western Australia,
Perth, Australia.

Sobral, F, Paula Brito, A., Alves, J., Fragoso, M.I., & Rodriguez, M.A. (1986).
Physique, personality and strength as related with menarcheal age in college women. In T Reilly,
J.Watkins, & J. Borms (Eds.), **Kinanthropometry III** (pp. 181-184).
London: E & F N. Spon.

Soares, J., De Castro Mendes, O., Neto, C.B., & Matsudo, V K.R. (1986).
Player fitness characteristics of Brazilian national basketball team as related to game function.
In J.A.P. Day (Ed.), **Perspectives in Kinanthropometry** (pp. 127-133).
Champaign, Illinois: Human Kinetics.

Sovac, D., & M.R. Hawes. (1987).
Anthropological states of international calibre speed skaters.
Journal of Sports Sciences, 5, 287-304.

Spence, D.W, Disch, J.G., Fred, H.L., & Coleman, A.E. (1980).
Descriptive profiles of highly skilled women volleyball players.
Medicine and Science in Sport and Exercise, 12, 299-302.

Steele, J.R. (1987).
The relationship of selected anthropometric and lower extremity characteristics
to the mechanics of landing in netball. Technical Report 1, Part B.
Canberra: Australian Sports Commission.

Stepnicka, J. (1986).
Somatotype in relation to physical performance, sports and body posture. In T Reilly, J.Watkins,
& J. Borms (Eds.), **Kinanthropometry III** (pp. 39-52).
London: E & F. N. Spon.

Swain, D.P. (1994).
The influence of body mass in endurance bicycling.
Medicine and Science in Sports and Exercise, 26, 58-63.

Tanner, J.M. (1978).
Foetus into man (p. 143).
London: Open Books.

Telford, R. Egerton,W. Hahn,A., & Pang, P. (1988).
Skinfold measures and weight controls in elite athletes.
Excel 5, 21 - 26.

Telford, R.,Tumilty, D., & Damm, G. (1984).
Skinfold measurements in well-performed Australian Athletes.
Sports Science and Medicine Quarterly, I (2), 13-16.

Tittel, K., & Wutscherk, H. (1992).
Anatomical and anthropometric fundamentals of endurance. In R.J. Shepherd,
& P-O.Astrand (Eds.), **Endurance in Sports** (pp. 35-45).
London: Blackwell Scientific.

Vujovic, D., Lozovina,V., & Pavicic, L. (1986).
Some differences in anthropometric measurements between elite athlete in waterpolo and
rowing. In T Reilly, J. Watkins, & J. Borms, (Eds.), **Kinanthropometry III** (pp. 27-32).
London: E & F N. Spon.

Wang, M.Q., Downey, G.S., Perko, M.A., & Yesalis, C.E. (1993).
Changes in body size of elite high school football players: 1963-1989.
Perceptual and Motor Skills, 76, 379-383.

Watman, M. (1986).
World records in Europe.
Athletics weekly, September 27, 5-10.

Webster, S., Rutt, R., & Weltman,A. (1990).
Physiological effects of a weight loss regimen practiced by college wrestlers.
Medicine and Science in Sports and Exercise, 22, 229-234.

Wilmore, J.H. (1983).
Appetite and body composition consequent to physical activity.
Research Quarterly for Exercise and Sport, 54, 415-425.

Wilmore, J.H., & Costill, D.L. (1987).
Training for Sport and Activity:The Physiological Basis of the Conditioning Process,
3rd Ed.
Boston:Allyn and Baun.

Wilmore, J.H., & Haskell, W L. (1972).
Body composition and endurance capacity of professional football players.
Journal of Applied Physiology, 33, 564-567.

Withers, R.T, Craig, N.P., Bourdon, PC., & Norton, K.I. (1987).
Relative body fat and anthropometric prediction of body density of male athletes.
European Journal of Applied Physiology, 56, 191-200.

Withers, R.T, Norton, K.I., Craig, N.P, Hartland, M.C., & Venables,W (1987).
The relative body fat and anthropometric prediction of body density of South Australian
females aged 17-35 years.
European Journal of Applied Physiology, 56, 181-190.

Withers, R.T,Whittingham, N.O., Norton, K.I., La Forgia, J., Ellis, M.W, & Crockett,A. (1987).
Relative body fat and anthropometric prediction of body density of female athletes.
European Journal of Applied Physiology, 56, 169-180.

Zupp,A. (1994).
A gutful of Sumo.
Inside Sport, 34, October, 108-116.

Acknowledgments

The authors wish to thank the following people who have helped with data presented in this chapter:

Dr Tim Ackland,The University of Western Australia, Perth
Rob Bradley, Australian Rugby Union, Sydney
Pitre Bourdon,The South Australian Sports Institute, Adelaide
Dr Enid Ginn, Performance Edge Health & Fitness Services, Queensland
Dr Alan Hahn,The Australian Institute of Sports, Canberra
John Hogg, Boxing Historian, Brisbane, Queensland
Col Hutchinson,Australian Football League, Melbourne,Victoria
David Middleton, Rugby League Information Services, Sydney
Mauri Aho, Chief Handicapper, Australian Jockey Club, Sydney
Julie Steele,Wollongong University,Wollongong, NSW