PubliCE, (PubliCE) 1985

Revision of Literature

Factores Morfológicos que limitan el Rendimiento Humano

Lindsay J Carter[1]

[1]*Department of Kinesiology, Physical Education and Recreational Arts, San Diego State University, San Diego, California, U.S.A.*

RESUMEN

Palabras Clave: somatotipo, composición corporal, cineantropometría, capacidad funcional

INTRODUCCIÓN

Con el pasar de los siglos, escritores, artistas, científicos y otras personas, han registrado características físicas que fueron asociadas con el éxito, en diferentes actividades y deportes. Pero lo que es tan empíricamente obvio, no ha sido tan fácil de cuantificar, y poco se ha hecho para relacionar directamente estas características de físico, en estudios teóricos y experimentales, con el rendimiento. La intención de este artículo es la de examinar los factores morfológicos que están relacionados al rendimiento físico humano y que pueden limitar al mismo. La discusión se limitaría a la consideración de factores macroscópicos que peden ser determinados por antropometría externa y técnicas asociadas. Los aspectos fisiológicos y biomecánicos que están relacionados a la morfología, han sido expresamente dejados para otros autores.

La morfología es la ciencia de la estructura y la forma, independientemente de la función, pero es un dictamen biológico básico que condiciona las funciones subsecuentemente, y por ello hay una relación entre ambos aspectos. Consideremos lo expresado tan elocuentemente por D'Arcy Thompson: La morfología no es totalmente un estudio de las cosas materiales; tiene su aspecto dinámico, sobre el cual nosotros tenemos que mediar con la interpretación, en términos de fuerza, de operaciones de Energía (Thompson, 1966, pp. 14). El autor señala que la materia como tal, produce nada, cambia nada, y hace nada, inclusive las células nunca pueden actuar como materia solamente, solo como bancos de energía y como centros de fuerza.

Por eso la morfología o el físico, están relacionados a la fisiología y a la biomecánica del cuerpo humano en movimiento. Masa, palancas y fuerzas son las piedras angulares del movimiento humano, y la cuantificación de éstas es el cimiento para la construcción de un más completo conocimiento del rendimiento humano.

Cuáles son las características físicas importantes para el éxito en los diferentes tipos de actividades?. Es probable que la naturaleza y el nivel de rendimiento influencien las características y el grado de asociación esperado. Haciendo referencia a los niveles Olímpicos de rendimiento, Tanner (1964) observó que la falta de un físico adecuado puede hacer prácticamente imposible que un atleta alcance el éxito. En general, los estudios más productivos han sido realizados con atletas de alto nivel, nacional e internacional. Teóricamente, nosotros esperamos que quienes sean los más exitosos tengan estructuras apropiadas, proporcionadas a sus tareas de rendimiento; por ello el examen de las diferencias entre estas estructuras y esfuerzos competitivos incrementará nuestro entendimiento de la importancia de los aspectos del físico.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La medición de la morfología de los atletas se desarrolló en forma intensa durante el siglo pasado. Los estudios durante este período se concentraron sobre descripciones de los atletas, comparaciones de los atletas entre y con los deportes, la relación del físico con la fisiología y la biomecánica, y la selección de los jóvenes atletas para el entrenamiento. En su revisión del físico y el rendimiento deportivo, o la antropometría deportiva Tittel y Wutscherk (1972) citan más de 100 fuentes. Y desde aquel momento, probablemente, más de 100 han sido publicadas. Con respecto a los estudios sobre atletas Olímpicos, 14 libros importantes o monografías han sido publicadas, las más antiguas por Knoll (1928), y las más recientes, por Carter (1984). Una revisión extensiva de estos estudios ha sido realizada, recientemente, por Borms y Hebbelinck (1984).

En los Estados Unidos, Sargent (1887) realizó extensivos tests antropométricos y funcionales sobre una gran cantidad de estudiantes de la Universidad de Harvard y sobre atletas. El destacó que el desarrollo de los atletas no fue gobernado ampliamente por la influencia constitucional del individuo, el deporte en el cual se desempeñaba, y el tiempo que le dedicaba a éste (pp. 541). Aunque sus atletas no eran del calibre de hoy en día, él demostró ciertas características técnicas en ellos que son muy similares a descubrimientos hechos 100 años después.

MODELOS ANTROPOMÉTRICOS Y BIOMECÁNICOS

Si hay una crítica común a muchos de los estudios citados anteriormente, es que ellos han sido ampliamente descriptivos, con solo un pequeño contenido de comparaciones estadísticas sustantivas. Trabajos experimentales directos relacionando estructura y rendimiento de alto nivel, son difíciles de realizar sin interferir con el desarrollo del atleta. A raíz de esto, parece que la creación de modelos biomecánicos en relación a cambios físicos y rendimiento serían más apropiados y el entrenamiento futuro tratará de alcanzar el modelo.

Hay pocos modelos teóricos desarrollados para testear contribuciones del físico al rendimiento. Dos modelos, uno de Tittel (1978), y otro de Hay y Reid (1982), proveen una explicación para relacionar el físico con el rendimiento. Ambos tienen algunas características en común. Ellos identifican las masas, alturas y fuerzas como partes integrales de sus estructuras de caja para la explicación del rendimiento. Tittel describe las relaciones entre tejidos activos actuando en relación a la fuerza de palanca y fuerza de carga, y hace notar que éstos pueden estimarse por métodos antropométricos. Los modelos de Hay son determinantes en que los niveles consecutivos de los modelos son completamente determinados por factores mecánicos en un nivel más bajo. Por ejemplo, en el modelo de análisis cualitativo para el salto en alto, la fuerza de despegue más alta está determinada por dos factores, físico y de posición. El físico está representado por las longitudes, las masas y la ubicación de los centros de gravedad de los segmentos corporales de los atletas. La posición de los segmentos-sus longitudes y ángulos- también ayudan a determinar la altura de despegue. A estos factores se los puede medir antropométricamente.

Además, en el modelo completo para el salto en alto (Figura 1), el físico y la posición de las partes del cuerpo son factores determinantes de la altura que se logra establecer como luz entre la varilla y el cuerpo, (pudiendo afectar el estilo usado); las fuerzas verticales y las masas son factores determinantes en la producción de cambios en la velocidad vertical del atleta. Por ello, las longitudes de los segmentos, los tejidos de las masas y las fuerzas musculares (estimados por perímetros corregidos), son factores del físico que tienen equivalentes antropométricos. La información sobre estos factores puede proveer un mejor entendimiento de las contribuciones del físico para el rendimiento de salto en alto. Si la fisiología y la biomecánica de los tejidos comprometidos en el rendimiento humano se entienden completamente, entonces es importante la cuantificación de las estructuras anatómicas.

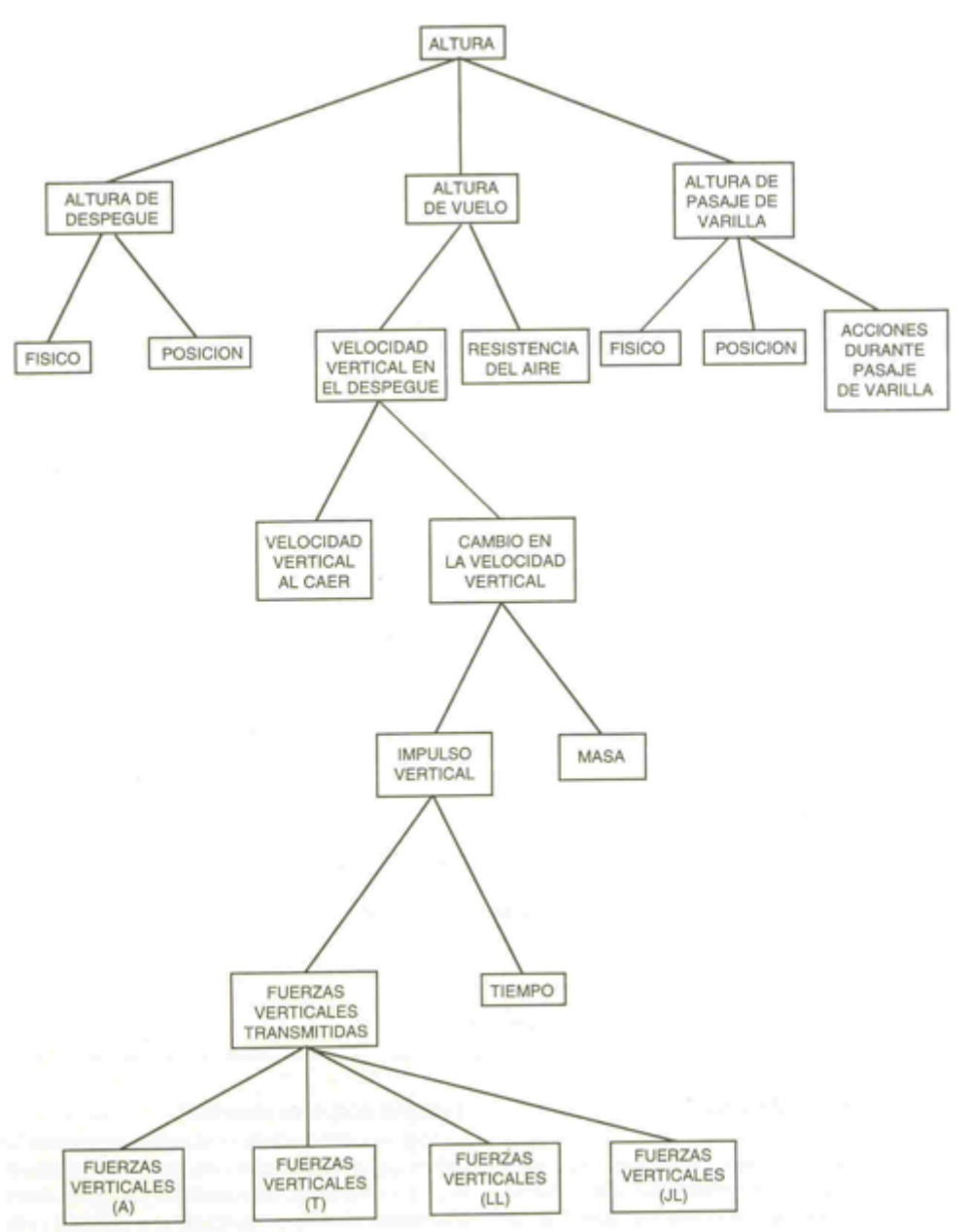


Figura 1. *Modelo biomecánico del salto en alto mostrando los factores que producen el resultado (ej. altura saltada). Los factores que pueden ser medidos por la antropometría son físico, posición, masa y fuerzas (a través del tamaño o dimensiones de los músculos y longitudes de las palancas). (Hay & Reid, 1982).*

El rendimiento humano es un fenómeno multivariado. Además del físico, factores tales como las funciones fisiológicas, los fenómenos biomecánicos, el estado psicológico, el medio ambiente y el contexto sociocultural, todos ellos pueden afectar el rendimiento. El conocimiento de la variación en el físico (o la falta de ésta) nos puede proveer de parámetros muy útiles a través de los cuales nosotros podemos relacionar otros factores que afecten el rendimiento. De todos modos, en algunos estudios se da demasiada poca información acerca de las características físicas de los sujetos, lo que hace que no podamos dar a los hallazgos más que un valor insignificante, especialmente cuando uno considera la variedad de las especies humanas.

Una propuesta relativamente nueva y amplia para la evaluación del físico es a través de la cineantropometría, la cual evalúa la estructura física de los individuos en relación a la motricidad total. El término cineantropometría (kinantropometry) deriva de morfometría, la cual es la medición de la forma y el estado, y de la antropometría, la cual representa la medición del estado y la forma del hombre. La cineantropometría es el estudio cuantitativo del tamaño, forma, proporción, composición y maduración, en relación a la función motriz total (Figura 2). Como ejemplo, la propuesta

de la cineantropometría ha sido exitosamente usada para estudiar la estructura física de atletas Olímpicos (Carter, 1982, 1984), equipos nacionales en diferentes deportes (Pérex, 1984), equipos nacionales en diferentes deportes (Pérez, 1981), y como parte de un programa nacional de testeo de atletas (Ross & Marfell-Jones, 1983).

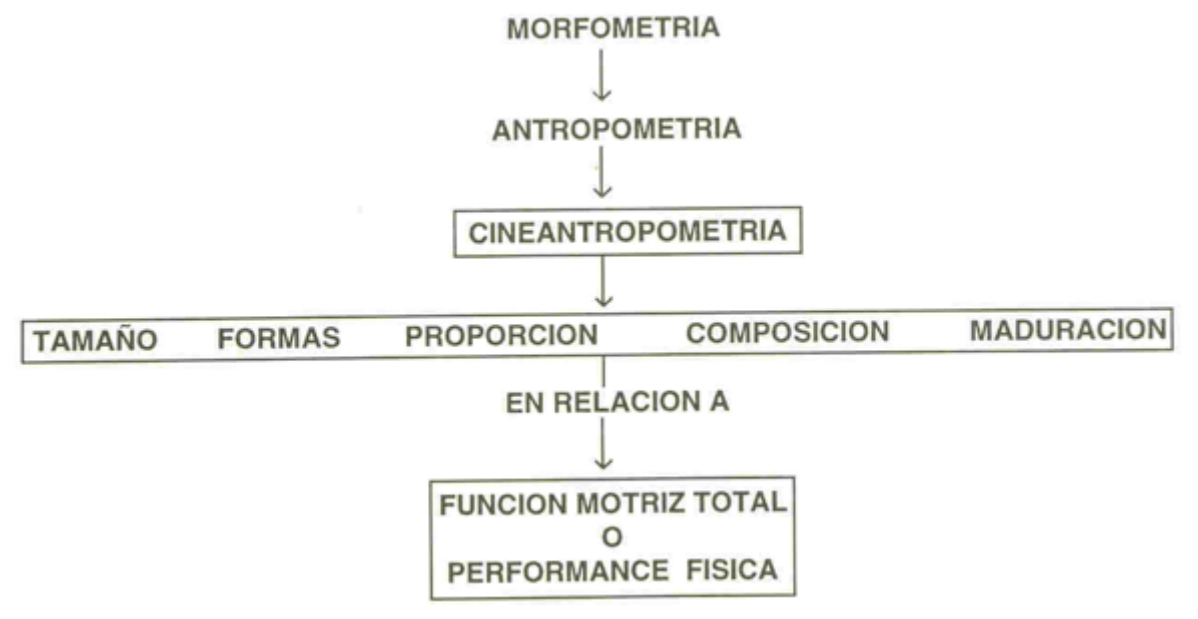


Figura 2. *Origen, derivación y contenidos de la cineantropometría.*

FÍSICO Y RENDIMIENTO

A raíz de la casi infinita variedad de características físicas y esfuerzos, sólo es posible hacer un resumen del conocimiento actual de los factores morfológicos que limitan el rendimiento humano. Además, se darán algunos ejemplos de descubrimientos resientes, la mayoría tomados de estudios sobre atletas de élite. La presentación seguirá las áreas dentro de la cineantropometría.

Tamaño Corporal Absoluto

Hay una abrumadora evidencia que muestra las diferencias en los tamaños corporales entre atletas de deportes diferentes, sean medidos por peso, altura, longitudes, diámetros, perímetros o pliegues cutáneos, entre los diferentes deportes o dentro del mismo deporte, pero en distintos eventos. Carter (1984) publicó una síntesis de esta información para atletas Olímpicos, desde 1928 hasta 1976; e Hirata (1979), lo hizo sobre edad, altura y peso para atletas de Olimpíadas más recientes. Aunque hay claras diferencias en algunas comparaciones, hay una superposición considerable en las dimensiones entre atletas de algunos deportes y eventos. Además, atletas de diferentes deportes variaron de muy pequeños a muy grande (Carter, 1978).

Cuando se relaciona una altura absoluta o un peso absoluto al éxito en un evento, nosotros podríamos esperar que gente con las medidas apropiadas sean más exitosos que otros sin esas características. Por ejemplo, cuando tallas y pesos medios para atletas de eventos de pista y de campo en la Olimpíadas de Montreal fueron comparadas por sexo, hubo un modelo dimórfico sexual típico, sin tener en cuenta o prescindiendo del evento (Carter, 1984). Estas diferencias fueron similares en magnitud a aquéllas en poblaciones normales. De todos modos, además de esta diferencia biológica, hubo diferencias en talla y peso a lo largo de los eventos que fueron comunes para hombres y mujeres. Esto indica que estos cambios en altura y peso están relacionados a las demandas biomecánicas o fisiológicas de los eventos. Aunque nosotros podríamos esperar menos influencia de la altura o el peso sobre el rendimiento en natación comparada con eventos en pista o campo, se observan diferencias similares por sexo y evento, como se demuestra en la Figura 3.

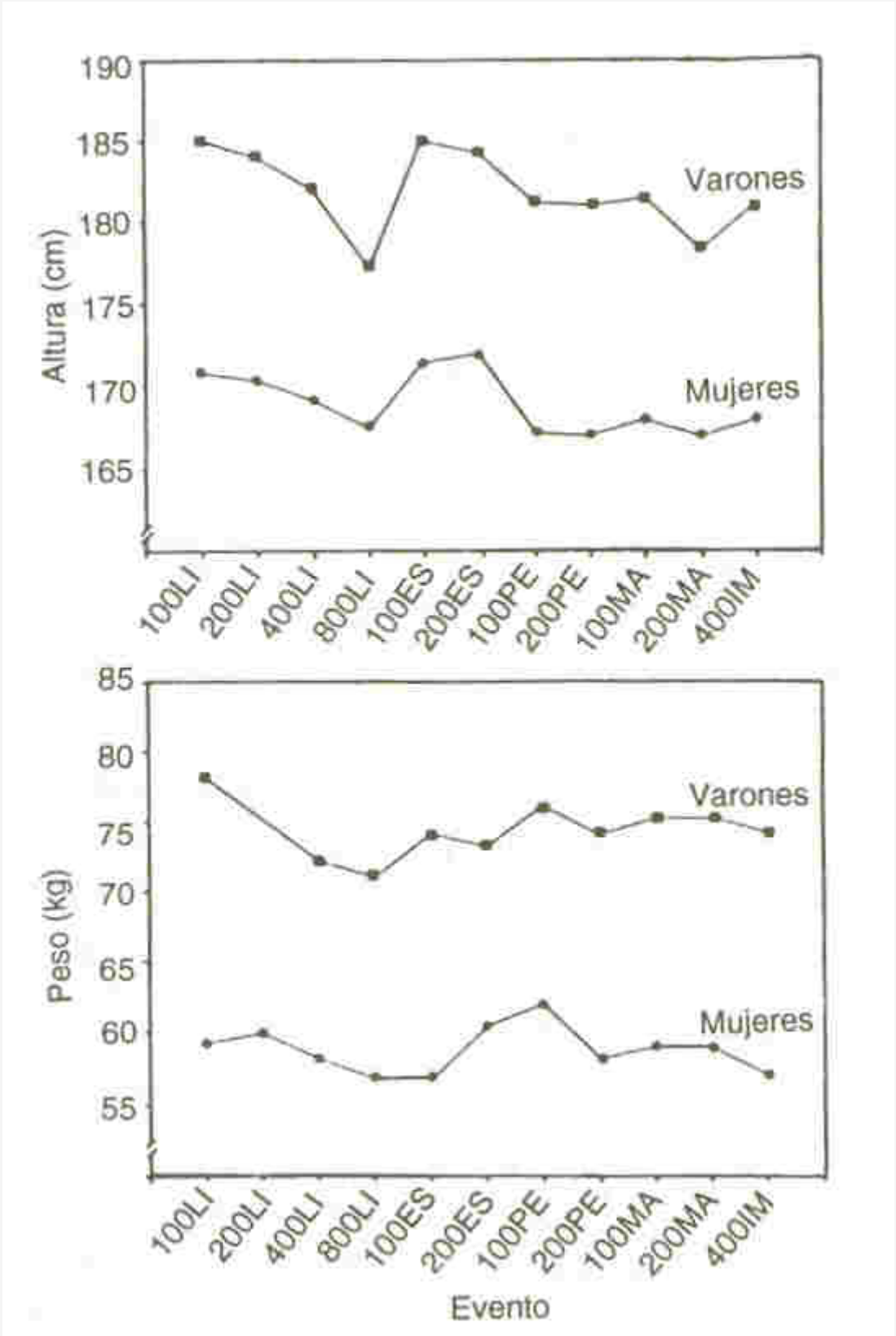


Figura 3. *Dimorfismo sexual en talla y peso de nadadores hombres y mujeres en Montreal por eventos (Adaptación de Hirata, 1979).*

Cuando muchas de las variables de tamaño han sido medidas sobre una muestra o un individuo, las comparaciones con los perfiles de la muestra total de atletas son útiles. En estos perfiles las variables tienen una escala en percentiles o scores Z para mostrar las características de los atletas en diferentes eventos, o para demostrar en qué tanto difiere un individuo de

una media de atletas en el evento elegido (Carter, Ross, Aubry, Hebbelinck & Borms, 1982).

El peso corporal es un factor limitante para la fuerza. Esta relación ha sido examinada en levantadores de peso Olímpicos por Ross y Ward (1984), y por Sale y Norman (1983). El peso levantado se incrementa con la categoría de peso, pero los levantadores más grandes son relativamente más débiles. La fuerza relativa se incrementa con la masa al 0.69 de potencia, lo cual está muy cerca de la expectativa teórica de la masa al 0.67 de potencia, si nosotros asumimos que la forma y la composición son geométricamente similares por cada categoría de peso.

Forma Corporal

Varios métodos de medición de forma o perfil del cuerpo han sido aplicados para el estudio de los atletas; uno de estos es el somatotipo (Heath & Carter, 1967; Carter, 1980). El somatotipo ha sido usado para describir las diferencias en atletas de distintos deportes por Carter (1981, 1984), De Garay, Levine, y Carter (1974), Pérez (1981), Stepnicka (1977) y Tanner (1964).

Estudios extensivos de los somatotipos de atletas de diferentes niveles de rendimiento han demostrado que hay limitaciones en las características somatotípicas de atletas en diferentes deportes y eventos. De todo modos, igual que con el tamaño o medidas del cuerpo, algunos atletas con los mismos somatotipos son exitosos en diferentes eventos. Estas diferencias han sido mostradas en diferentes niveles de competición y se presenta a menudo en atletas jóvenes (Carter, 1978, 1981; Pérez, 1981).

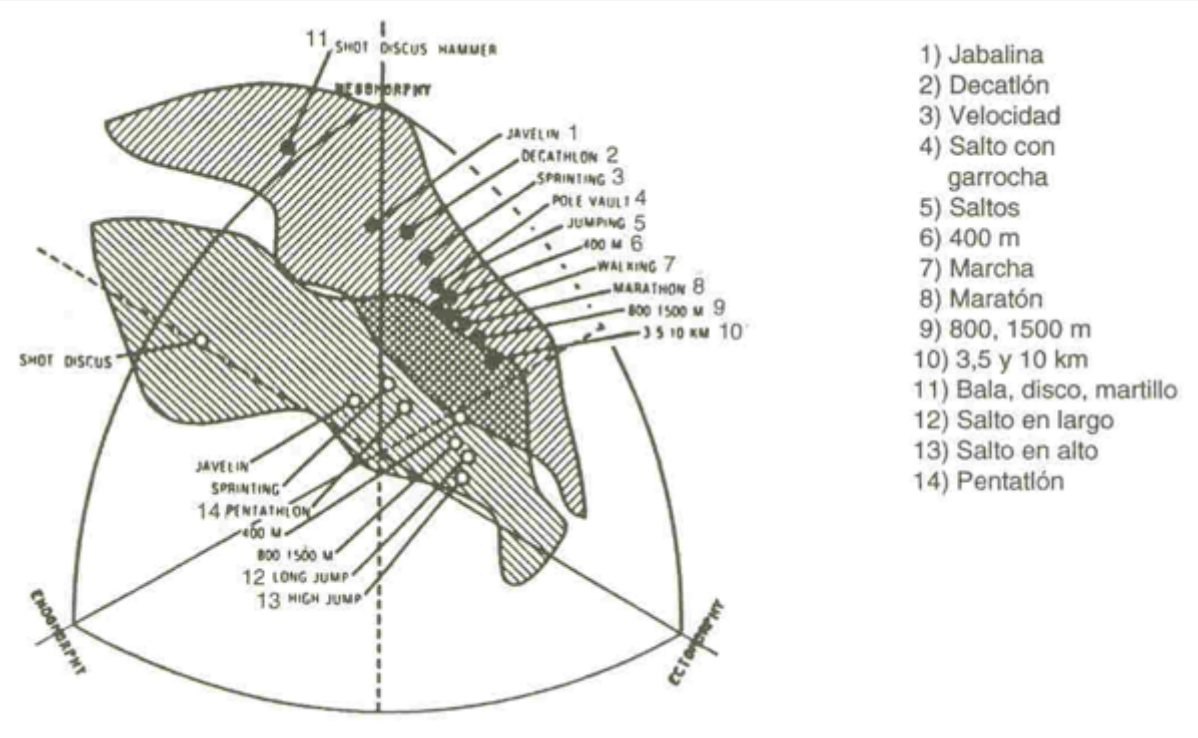


Figura 4. *Somatocarta mostrando las graficaciones de los somatotipos medios masculinos (arriba), y femeninos (abajo) de atletas de pista y campo, de nivel Olímpico, por eventos. Los datos pertenecientes a los estudios de las Olimpiadas de México y de Montreal fueron combinados para el gráfico. Las áreas sombreadas incluyen el 95 % de todos los somatotipos para cada sexo (Carter, 1984).*

Ejemplos de las diferencias en los somatotipos por eventos y sexo, en eventos de pista y campo, se presentan la Figura 4. Se han diagramado las medias de somatotipos de diferentes eventos, y las áreas sombreadas representan el 95 % límite de las distribuciones de los somatotipos de atletas, en todos los eventos (Carter, 1984). Las medias para ambos sexos tienen un patrón bastante consistente de incremento endomórfico y mesomórfico, con una disminución ectomórfica, a partir de los corredores de distancia hacia los lanzadores de martillo o disco en los atletas varones (de abajo hacia arriba, y de derecha a izquierda); y a partir de las atletas saltadoras hacia las lanzadoras de disco en la mujeres (también con una orientación de abajo hacia arriba, y de derecha a izquierda). Hay un patrón consistente de dimorfismo sexual el cual es muy similar para cada evento, y las diferencias entre los eventos indican que son diferentes los somatotipos que se

requieren para el éxito en rendimiento, en este nivel de competición.

TAMAÑO CORPORAL PROPORCIONAL (TÁCTICA PHANTOM)

Aunque la medida absoluta es importante en muchos eventos, una medida proporcional podría ser muy relevante en otros eventos. Por ejemplo, en el levantamiento de pesas, teóricamente, es deseable tener palancas cortas para la aplicación de la fuerza. En general, los levantadores de pesas tienen palancas cortas y éstas son proporcionales al tamaño de los levantadores. Además, los corredores de distancia muestran una pequeña variación en la masa proporcional, pero pueden diferir ampliamente en la talla y el peso absolutos.

La propuesta de proporcionalidad de Ross y Wilson (1974) ha sido utilísima para hacer comparaciones entre atletas de diferentes deportes y eventos, y entre sexos dentro del mismo evento (Ross, Ward, Leahy, & Day, 1982; Ross & Ward, 1984). Esencialmente, la propuesta es la de ajustar matemáticamente a todas las personas a la misma altura Phantom y destacar las desviaciones manifiestas en los valores (+) o (-) en una escala, en términos de scores Z, basados en una escala humana de referencias antropométricas humanas unisexuada, no dividida por grupos etarios, aptitudinarios, ni raciales o étnicos (escala Phantom). Esta forma de tamaño proporcional permite hacer comparaciones entre sexos, a edades diferentes, y/o entre deportes, con la misma escala de referencia. Usando este procedimiento, Ross y Ward (1984) examinaron las tendencias seculares en grupos masculinos Olímpicos, en eventos de pista y campo, desde 1928 hasta 1976.

Ellos demostraron que el peso proporcional ha incrementado drásticamente en los lanzadores de disco, bala y martillo desde 1960, así como también en lanzadores de jabalina, desde 1968. En otros eventos los atletas fueron proporcionalmente más livianos, y no se notó una tendencia secular clara excepto por un incremento gradual en los velocistas.

Un análisis proporcional, usando una amplia variedad de medidas antropométricas tomadas de nadadores y nadadoras en la Olimpíadas del 76', se muestra en la Figura 5. Se infiere que cuando no existe superposición entre las barras de error estándar (horizontales), hay diferencias estadísticamente significativas, los nadadores (línea llena) son proporcionalmente más largos en el antebrazo, tibia y longitud del pie, proporcionalmente más grandes en todos los diámetros, exceptuando el diámetro de fémur, y proporcionalmente más pequeños en diámetro biiliocrestideo, que la nadadoras (línea de guiones). Además, los nadadores tienen pliegues cutáneos de menor grosor, así como menor proporción de masa adiposa, pero proporcionalmente más grandes que las mujeres en las otras tres masas fraccionadas (ver composición corporal). Ambos sexos están próximos en peso relativo.

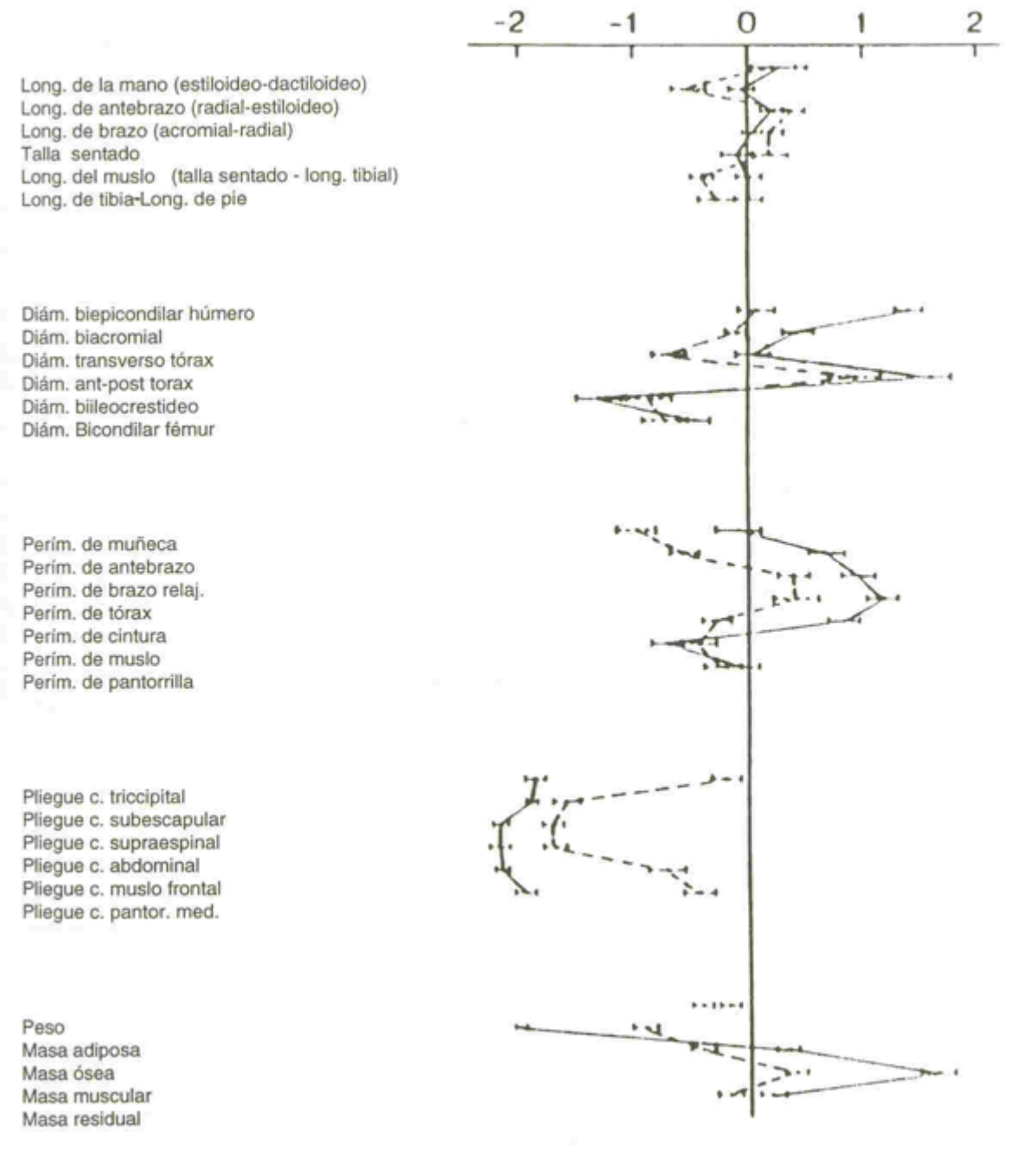


Figura 5. *Perfiles de proporcionalidad en valores o scores Z para nadadores masculinos (líneas sólidas) y femeninos (líneas de guiones) de los Juegos Olímpicos Montreal 1976. Las barras horizontales representan las medias ± un error estándar (Redibujado de Ross y cols., 1982).*

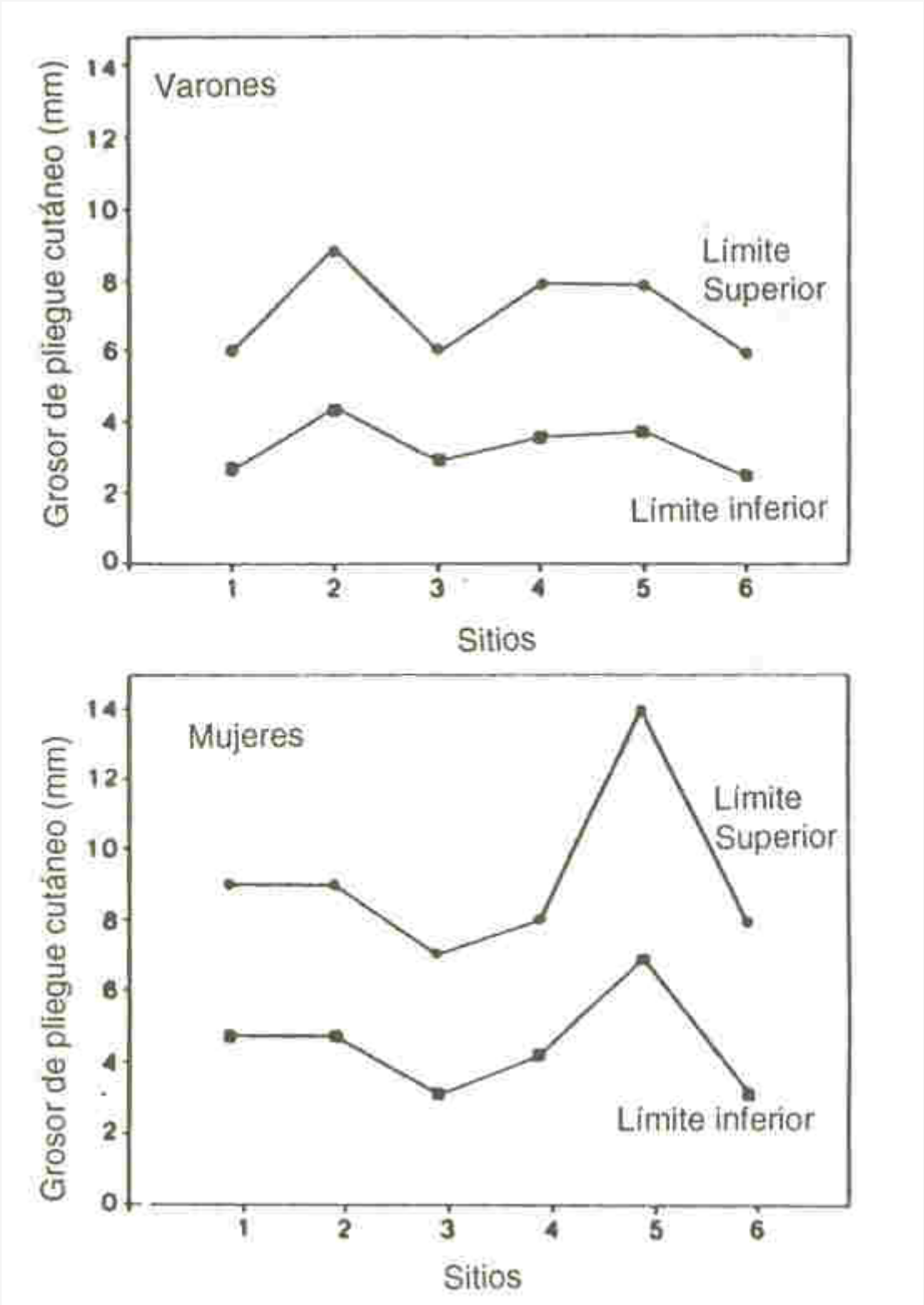


Figura 6. *Región crítica para el grosor más bajo de los pliegues cutáneos en atletas Olímpicos, varones y mujeres. Los sitios 1 a 6 son tríceps, subescapular, supraespinal, umbilical, muslo frontal y pantorrilla medial, respectivamente.*

Además del análisis de la información de los Juegos Olímpicos de Montreal, Ross y Ward (1984) han reanalizado la información de las Olimpíadas de Roma (1960) y de Ciudad de México (1968). Ellos confirmaron y amplificaron las diferencias proporcionales en atletas en diferentes eventos, así como las diferencias étnicas dentro de un mismo tipo de evento. Por ejemplo, los atletas negros tienden a tener brazos y piernas proporcionalmente más largos, tronco más corto, y caderas más estrechas que los atletas blancos. Ellos también notaron que comparadas con los hombres, las atletas

femeninas parecen tener una persistente displasia músculo-esquelética corporal superior-inferior y una displasia de los pliegues cutáneos entre los miembros y el torso.

COMPOSICIÓN CORPORAL

La composición corporal en los atletas es un tópico de gran interés y controversia. En muchos deportes los atletas tienen interés en la pérdida de exceso de peso que podría perjudicar su óptimo rendimiento, y los científicos deportólogos han intentado hacer sus mejores estimaciones de la grasa del cuerpo como el más dispensable de los lastres. De todos modos, la simple verdad es que la mayoría de los métodos proveen groseras estimaciones de un solo tejido o fluidos en un multicompartimiento corporal. Toda la evidencia va en dirección de una variación considerable en las masas y densidades de todos los compartimientos disecionables del cuerpo humano (Martin, 1984). Muy pocos progresos en la evaluación del cuerpo humano serán hechos hasta que nosotros podamos cuantificar con mayor exactitud, las variaciones humanas, no sólo del tejido adiposo, sino del tejido óseo, tendones y músculos, tejidos conectivos, y otros compartimientos anatómicos o químicos del cuerpo humano en su totalidad. Este conocimiento es importante, si nosotros queremos relacionar de una manera significativa la estructura total con variables biomecánicas y fisiológicas. Por otro lado, evidencia empírica y sentido común muestran que muchos atletas tienen niveles de adiposidad extremadamente bajos, siempre que ésta pueda ser estimada. Cuando la adiposidad es baja en los atletas, hay una variación pequeña entre quienes participan del mismo evento, a los altos niveles de competición, por lo tanto, es mayor la variación en el peso magro, el cual en muchos casos es muy cercana al peso del cuerpo.

De importancia práctica para muchos atletas es la identificación de los más bajos niveles de pliegues cutáneos compatibles con una óptima performance y salud. Basados sobre pliegues cutáneos en 6 sitos diferentes sobre 2000 atletas Olímpicos, Carter y Yuhasz (1984) propusieron una región crítica de los valores de los pliegues cutáneos, que podrían abarcar bajos niveles aceptables. Han sido construidos ejemplos de estas regiones para atletas masculinos y femeninos como se muestra en la Figura 6. El espacio entre límites superiores e inferiores de cada región es suficiente para permitir modelos étnicos e individuales de pliegues cutáneos, tanto como para medir e instrumentar el error, Los límites inferiores son los más bajos pliegues cutáneos para cada sitio medido sobre los atletas Olímpicos; los límites superiores son, esencialmente el doble del valor bajo, aproximadamente. El monitoreo de los pliegues cutáneos de los atletas puede servir para indicar qué tan cerca está el atleta de los niveles mínimos aceptables de la adiposidad total.

Un método antropométrico para proveer estimaciones de masas para la adiposidad, huesos, músculos y masa residual ha sido propuesto por Drinkwater y Ross (1980), y usado en el estudio de atletas (Hebbelinck, Ross, Carter, y Borms, 1980; Ross y cols. 1982). Ambas masas, la absoluta y la proporcional pueden ser calculadas por esta prometedora propuesta a partir de una simple antropometría (ver Figura 5).

MADURACIÓN

La antropometría de los niños en crecimiento es necesaria para el monitoreo del crecimiento normal y anormal. Con un especial énfasis en los deportes juveniles en muchos países, y ante la precosidad de algunos atletas en algunos deportes tales como la gimnasia y la natación, crecen los interrogantes con respecto a los efectos del entrenamiento sobre el crecimiento y la maduración.

Artículos recientes han revisado algunos de estos interrogantes (Malina, Little, Bouchard, Carter, Hughes, Kunze & Ahmed, 1984; Marker, 1981; Ross & Marfell-Jones, 1983). En general, los nadadores masculinos como femeninos, son normales o levemente avanzados en maduración, pero las gimnastas, corredoras de distancia, patinadoras artísticas, y las saltadoras de distancia, patinadoras artísticas, y las saltadoras ornamentales sufren un retraso. Estos últimos deportes requieren que las niñas desplacen su masa corporal en contra de la gravedad, por lo que una alta proporción en la relación fuerza/masa podría resultar como ventajosa. Los mecanismos del retraso de la maduración no están claros, pero información longitudinal publicada por Marker (1981) demuestra que no hay efectos perjudiciales sobre las funciones reproductivas y la maternidad. Más aún, jóvenes atletas parecen crecer en una manera similar, pero a una tasa diferente al de los jóvenes de referencia, siendo sus físicos generalmente consistentes con aquellos de atletas mayores en el mismo deporte o evento (Malina y cols., 1984).

CONCLUSIONES REMARCABLES

El tamaño absoluto y relativo, el somatotipo, la composición, y la maduración son factores morfológicos que pueden limitar la performance humana. Por ello, se infiere que los atletas que tienen o adquieren, el físico óptimo para un evento, tienen mayores probabilidades de triunfar que aquellos a quienes les faltan estas características. La cuantificación del físico a través de la cineantropometría puede proveer una mejor base para el entendimiento de los límites físicos relacionados con la biomecánica y la fisiología del rendimiento.

REFERENCIAS

1. Borms, J & Hebbendick, M (1984). Review of studies of Olympic atheletes. *In J.E.L, Carter (Ed.). Physical structure of Olympic athletes, Part II; Kinanthropometry of Olympic athletes. Basel: Karger*
2. Carter, J.E.L (1978). Predictions of outstanding athletic ability: The structural perspective. *In F. Landry & W. Orban (Eds.), Exercise Physiology (Vol. 4) Miami: Simposia Specialists*
3. Carter, J.E.L (1980). The Heath-Carter somatotype method. *San Diego: San Diego State University Press*
4. Carter, J.E.L (1981). Somatotypes of female atheletes. *In J. Borms, M. Hebbelinck & A. Venerando (Eds.), The female athelete. Basel: Kruger*
5. Carter, J.E.L (1982). Physical structure of Olympic athletes. *Part I: The Montreal Olympic Games anthropological project. Basel: Krager*
6. Carter, J.E.L (1984). Physical structure of Olympic athletes. *Part II: Kinantrophometry of Olympic athletes. Basel: Karger*
7. Carter, J.E.L, Ross, W. D., Aubry, S.P., Hebbenlinck, M. & Borms, J (1984). Anthropometry of Montreal Olympic athletes. *In J.E.L. Carter (Ed.), Physical structure of Olympic athletes, Part I: The Montreal Olympic Games anthropological project. Basel: Karger*
8. Carter, J.E.L. & Yuhasz, M.S (1984). Skinfolds and body composition of Olympic athletes. *In J.E.L. Carter (Ed.), Physical structure of Olympic athletes, Part II: Kinanthropometry of Olympic athletes. Basel: Karger*
9. De Garay, A.L., Levine, L. & Carter, J.E.L. (Eds.) (1974). Genetic and anthropological studies of Olympic athletes. *New York: Academic Press*
10. Drinkwater, D.T. & Ross W.D (1980). Anthropometric fractionation of body mass. *In M. Ostyn, G, Beunen & J. Simosns (Eds.) Kinanthropometry II. Balti-more: University Park Press*
11. Hay J.G. & Reid J.C (1982). The anatomical and mechanical bases of human motion. *Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall*
12. Heath, B.H. & Carter, J.E.L (1967). A modified somatotype method. *American Journal of Physical Anthropology, 27, 57-74*
13. Hebbelinck, M., Ross, W.D., Carter, J.E.L. & Borns, J (1980). Anthropometric characteristics of female Olympic rowers. *Canadian Journal of Applied Sports Science, 5, 255-262*
14. Hirata, K.I (1979). Selection of Olympic champions. *Vols. I-II. Toyota: Chukyo University*
15. Knoll, W (1928). Die sportzlichen Ergebnisse der II. Olympischen Winer-spiele in St. Moritz. *Bern: Haupt*
16. Malina, R.M., Little B.B., Bouchard, C., Carter, J.E.L., Hughes, P.C.R., Kun-ze, D. & Ahmed, L (1984). Growth status of Olympic athletes less than 18 years of age. *In Carter, J.E.L. (Ed.), Physical structure of Olympic athletes, Part II: Kinanthropometry of Olympic athletes. Basel: Karger*
17. Marker, K (1981). Influence of athletic training in the maturity process of girls. *In J. Borms, M. Hebbelinck & A. Venerando (Eds.), The female athlete. Basel: Karger*
18. Martin, A.D (1984). Quantification of skin, adipose tissue, muscle and bone in adults: Evidence from cadaver dissections and a critique of some in vivo methods. *Unpublished doctoral dissertation, Simon Fraser University*
19. Ross, W.D. & Marfell-Jones, M.J (1983). Kinanthropometry. *In J.D. MacDougall, H.A, Weneger & H.J. Green (Eds.), Physiological testing of the elite athlete. Ottawa: Canadian Association of Sport Sciences*
20. Ross, W.D. & Ward, R (1984). Proportionality of Olympic athletes. *In Carter, J.E.L. (Eds.), Physical structure of Olympic athletes, Part II: Kinantropometry of Olympic athletes. Basel: Karger*
21. Ross, W.D., Ward, R., Leathy, R.M. & Day J.A.P (1982). Proportionality fo Montreal Athletes. *In Carter, J.E.L. (Eds), Physical structure of Olympic athletes, Part I: The Montreal Olympic Games anthropological project. Basel: Karger*
22. Ross, W.D. & Wilson, N.C (1984). A stratagem for proportional growth assessment. *In J. Borms & M. Hebbelinck (Eds.), Children and exercise. Acta Paediatrica Belgica, 28, Supplement, 169-182*
23. Sale, D.G. & Norman, R.W (1983). Testing strength and power. *In J.D. Mac Dougall, H.A. Wenger, & H.J. Green (Eds.). Physiological testing of the elite athlete. Ottawa: Association of Sport Sciences*
24. Sale, D.G. & Norman, R.W (1983). Testing strength and power. *In J.D. Mac Dougall, H.A. Wenger, & H.J. Green (Eds.). Physiological testing of the elite athlete. Ottawa: Association of Sport Sciences*
25. Stepnicka, J (1977). Somatotypes of Czechoslovak athletes. *In O.G. Eiben (Ed.), Growth and development: Physique, Budapest: Akademiai Kiado*
26. Tanner, J.M (1966). The physique of Olympic athlete. *London: Allen & Unwin*
27. Thompson, D.W (1966). On growth and form. *(Abridged edition by J.T. Bonner). Cambridge: Cambridge University Press*
28. Tittel, K (1978). Tasks and tendencies of sport anthropometry□s development. *In F. Landry & W. Orban (Eds.) Biomechanics of*

sports and kinanthropometry, Vol. 6, Miami: Symposia Specialists
29. Tittel, K. & Wutschenk, H (1972). Sportanthropometrie. *Leipzig: Barth*