

## **Aplicació als esportistes del fraccionament antropomètric del pes en 5 components (Mètode de Kerr)**

## **Aplicación en deportistas del fraccionamiento antropométrico del peso en 5 componentes (Método de Kerr)**

Casajús, J.A.; Aragonés, M.T.

Centro de Medicina del Deporte de la Diputación General de Aragón. Zaragoza.

### **Introducció**

L'estudi del fraccionament del pes en diferents components ha originat nombroses investigacions, donat que el pes, com a variable única, no explica les modificacions que s'hi produeixen degut als canvis d'alimentació, per malaltia o activitat esportiva.<sup>2, 3, 6, 10, 11, 13, 16</sup>

Les modificacions que s'observen en els diferents components del pes, sobretot pes greixós i pes muscular, tenen un interès especial en l'anàlisi i estudi morfològic dels esportistes, degut a la seva clara incidència en el rendiment esportiu.<sup>3, 4, 5, 6</sup>

Matiegka, el 1921, proposa un model tetracompartimental per a l'estudi del fraccionament del pes total en: pes ossi, muscular, greixós i residual. Behnke (1942) proposa una simplificació del mètode anterior assumint que el pes total pot dividir-se en pes de greix i pes lliure de greix. El 1980, Drinkwater i Ross,<sup>7</sup> basant-se en el model de Matiegka, introdueixen la utilització del Phantom en el fraccionament antropomètric del pes. Drinkwater, el 1984,<sup>8</sup> revisa el model de proporcionalitat del Phantom, amb un nou model geomètric. Finalment Kerr, el 1988,<sup>9</sup> dissenya un nou mètode pentacompartimental (pell, múscul, os, adipós i residual) i torna a utilitzar el mètode del Phantom, nous algorismes i té en compte els resultats obtinguts en la dissecció de cadàvers.

### **Introducción**

El estudio del fraccionamiento del peso en diferentes componentes ha originado numerosas investigaciones ya que el peso como variable única no explica las modificaciones que en él se producen por cambios en alimentación, enfermedad o actividad deportiva.<sup>2, 3, 6, 10, 11, 13, 16</sup>

Las modificaciones que se observan en los diferentes componentes del peso, sobretodo peso graso y peso muscular, tienen un especial interés en el análisis y estudio morfológico de los deportistas por su clara incidencia en el rendimiento deportivo.<sup>3, 4, 5, 6</sup>

Matiegka en 1921 propuso un modelo tetracompartimental para el estudio del fraccionamiento del peso total en: peso óseo, muscular, graso y residual. Behnke (1942) propone una simplificación del método anterior asumiendo que el peso total puede ser dividido en peso de grasa y peso libre de grasa. En 1980 Drinkwater y Ross,<sup>7</sup> basándose en el modelo de Matiegka introducen la utilización del Phantom para el fraccionamiento antropométrico del peso. Drinkwater en 1984<sup>8</sup> realiza una revisión del modelo de proporcionalidad del Phantom con un nuevo modelo geométrico. Finalmente Kerr en 1988<sup>9</sup> diseña un nuevo método pentacompartimental (piel, músculo, hueso, adiposo y residual) volviendo a utilizar el modelo del Phantom, nuevos

Aquest treball es centra en el model de Kerr i es planteja els objectius següents:

- Comprovar la precisió de la predicció del mètode de fraccionament del pes en 5 components, de D. Kerr,<sup>9</sup> en esportistes masculins.
- Estudiar el fraccionament del pes corporal en 5 components en esportistes masculins de categoria nacional i internacional.

## Material y mètode

S'han seguit les normes establertes pel Grup Espanyol de Cineantropometria (GREG)<sup>1, 12, 14, 15</sup> en cada una de les mesures antropomètriques estudiades: pes, talla, talla assegut, sis plecs cutanis (tríceps, subescapular, suprailíac, abdominal, cuixa anterior i medial de la cama), set perímetres (braç, avantbraç, cuixa, cama, tòrax, abdomen i cap), sis diàmetres (biepicòndil de l'húmer, bicòndil del fèmur, biacromial, biiliocrestal, transvers i àntero-posterior del tòrax.

L'error tècnic de medició dels antropometristes que intervenen en aquest treball es troba dins el rang acceptat pel mètode antropomètric.<sup>1, 12, 14</sup>

Han estat estudiats 102 esportistes masculins (basquetbol, ciclisme, hoquei sobre gel, futbol, futbol sala i tennis) de nivell competitiu nacional i internacional.

El material antropomètric utilitzat ha estat: bàscula de precisió 100 grams, tallímetre amb precisió d'1 mm, cinta mètrica (R.C.H.), compàs de plecs cutanis (Holtain), paquímetre (C.P.M.) i banc de 40 cm.

Per estudiar el fraccionament del pes en cinc components (pell, múscul, os, adipós i residual) s'ha utilitzat el model proposat per Kerr (1988), la metodologia del qual ha estat descrita a la bibliografia.<sup>9</sup>

En el mètode estadístic es presenta

la mitjana i desviació estàndard de les variables estudiades. L'estudi comparatiu entre les variables es realitza mitjançant l'anàlisi de la varianza (ANOVA). Es defineix l'equació que millor s'ajusta a la recta de regressió lineal, segons el model  $y=a+bx$ . S'estableix un nivell de significació de  $p < .05$ .

## Resultats i discussió

Les característiques de la mostra (edat, pes i talla) queden reflectides a la Taula 1. Els jugadors de futbol són els més grans i els tennistes els més joves. Tal com era d'esperar els basquetbolistes són els més alts i pesats, essent els ciclistes els més lleugers i els d'hoquei els de talla menor.

Els resultats (mitjana i d.e.) de l'estudi del fraccionament del pes en 5 components en valors absoluts (Kg) de la mostra total són de  $4.0 \pm .44$  Kg de pell,  $17.9 \pm 5.22$  Kg de greix,  $35.5 \pm 6.53$  Kg muscular,  $9.1 \pm 1.54$  Kg residual i  $8.9 \pm 1.38$  Kg d'ossi. Els

algoritmos y teniendo en cuenta los resultados de disección obtenidos en cadáveres.

Este trabajo se centra en el modelo de Kerr y se plantea los siguientes objetivos:

- Comprobar la precisión de la predicció del mètode de fraccionamiento del peso en 5 componentes de D. Kerr<sup>9</sup> en deportistas masculinos.
- Estudio del fraccionamiento del peso corporal en 5 componentes en deportistas masculinos de categoría nacional e internacional.

## Material y método

Se han seguido las normas establecidas por Grupo Español de Cineantropometría (GREG)<sup>1, 12, 14, 15</sup> para cada una de las medidas antropométricas estudiadas: peso, talla, talla sentado, seis pliegues cutáneos (tríceps, subescapular, suprailíaco, abdominal, muslo anterior y medial de la pierna), siete perímetros (brazo, antebrazo, muslo, pierna, tórax, abdomen y cabeza), seis diámetros (biepicóndileo de húmero, bicondíleo fémur, biacromial, biiliocrestal, transvers y antero-posterior de tórax).

El error técnico de medida de los antropometristas que intervienen en este trabajo está dentro del rango aceptado en el método antropométrico.<sup>1, 12, 14</sup>

El estudio se ha realizado en 102 deportistas masculinos (baloncesto, ciclismo, hockey hielo, fútbol, fútbol sala y tenis) de nivel competitivo nacional e internacional.

El material antropométrico utilizado ha sido: báscula de precisión 100 gramos, tallímetro con precisión de 1 mm, cinta métrica (R.C.H.), compàs de pliegues cutáneos (Holtain), paquímetro (C.P.M.) y banco de 40 cm.

Para el estudio del fraccionamiento del peso en cinco componentes (piel, músculo, hueso, adiposo y residual) se ha utilizado el modelo propuesto por Kerr (1988), cuya metodología está descrita en la bibliografía.<sup>9</sup>

En el método estadístico se presenta la media y desviación estándar de las variables estudiadas. El estudio comparativo entre las variables se realiza mediante el análisis de la varianza (ANOVA). Se define la ecuación que mejor se ajusta a la recta de regresión lineal según el modelo  $y=a+bx$ . Se establece un nivel de significación para  $p < 0.5$ .

## Resultados y discusión

Las características de la muestra (edad, peso y talla) quedan reflejadas en Tabla 1. Los jugadores de fútbol son los de mayor edad y los tenistas los más jóvenes. Como era de esperar los baloncestistas son los más altos y pesados, siendo los ciclistas los más ligeros y los de hockey los de menor talla.

Los resultados (media y d.e.) del estudio del fraccionamiento del peso en 5 componentes en valores

	EDAD (años)	PESO (Kg)	TALLA (cm)	n
BALONCESTO	$\bar{x}$ 21.8 D.E. 2.61	91.7 9.44	197.4 8.35	23
HOCKEY HIELO	$\bar{x}$ 22.5 D.E. 3.69	73.6 6.01	173.9 4.06	15
FUTBOL SALA	$\bar{x}$ 23.2 D.E. 2.33	70.2 8.23	175.8 7.85	10
CICLISMO	$\bar{x}$ 22.3 D.E. 4.44	67.0 5.88	174.8 6.28	25
TENIS	$\bar{x}$ 20.4 D.E. 3.98	67.8 7.31	175.4 4.89	15
FUTBOL	$\bar{x}$ 23.9 D.E. 3.97	77.2 7.37	179.3 7.29	14
TOTAL	$\bar{x}$ 22.5 D.E. 3.81	75.2 12.01	180.4 11.37	102

**Taula 1.** Descripció de la mostra. Estadística, vegeu el text.

**Tabla 1.** Descripción de la muestra. Estadística ver texto.

resultats dels percentatges s'observen a la Figura 1. Com era d'esperar trobem un component muscular elevat i baix pes greixós, si el comparem amb la referència del mètode,<sup>9</sup> obtinguda d'una població no esportista.

Per esports els valors s'expressen en percentatges a la Taula 2. El menor pes de pell correspon als

absoluts (Kg) para la muestra total son de  $4.0 \pm .44$  Kg de Piel,  $17.9 \pm 5.22$  Kg de Grasa,  $35.5 \pm 6.53$  Kg Muscular,  $9.1 \pm 1.54$  Kg Residual y  $8.9 \pm 1.38$  Kg e Óseo. Estos resultados en porcentajes se observan en Figura 1. Como era de esperar encontramos un componente muscular elevado y bajo peso graso si lo comparamos con la referen-

		PIEL	GRASA	MUSCULO	RESIDUAL	OSEO
BALONCESTO	$\bar{x}$ DE	5.1 .36	25.3 4.08	46.3 3.76	11.9 .74	11.3 .85
HOCKEY HIELO	$\bar{x}$ DE	5.1 .31	26.2 4.94	45.5 3.63	11.2 1.37	11.9 .87
FUTBOL SALA	$\bar{x}$ DE	5.5 .37	22.7 3.20	47.5 2.29	12.2 .59	12.1 1.19
CICLISMO	$\bar{x}$ DE	5.8 .23	20.2 1.76	48.8 1.93	12.6 1.03	12.7 .77
TENIS	$\bar{x}$ DE	5.6 .50	25.7 3.52	45.2 4.02	11.8 .78	11.6 1.31
FUTBOL	$\bar{x}$ DE	5.2 .21	22.4 2.79	48.6 2.38	12.2 .60	11.6 .90

**Taula 2.** Composició corporal en percentatges.

**Tabla 2.** Composición Corporal en porcentajes.

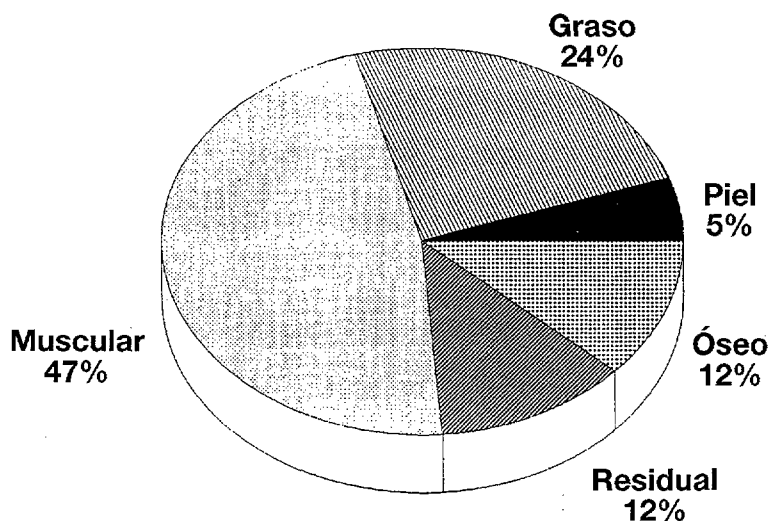


Figura 1. Composició corporal. Mostra total (n=102).  
 Figura 1. Composición Corporal. Muestra (n=102).

jugadors de basquetbol i hoquei sobre gel, amb diferències significatives amb la resta de grups. Els de menor pes de greix són els ciclistes, amb diferència significativa amb els jugadors de basquetbol, hoquei i tennis. Quant a pes muscular, residual i ossi, els ciclistes presenten els valors més alts amb diferències significatives en aquests pesos

cia del método,<sup>9</sup> obtenida en una población no deportista.

Por deportes los valores se expresan en porcentajes en Tabla 2. El menor peso de piel corresponde a los jugadores de baloncesto y hockey hielo con diferencias significativas con el resto de los grupos. Los de menor peso de grasa son los ciclis-

	ERROR Kg		ERROR %	
	$\bar{x}$	DE	$\bar{x}$	DE
BALONCESTO	.6	3.10	.53	3.32
HOCKEY HIELO	2.6	2.35	3.4	3.09
FUTBOL SALA	.3	2.72	.28	3.79
CICLISMO	-1.8	1.88	-2.62	2.81
TENIS	.2	.89	-.04	4.19
FUTBOL	1.5	1.61	1.9	2.03
TOTAL	.31	2.86	.23	2.03

Taula 3. Error en la predicció (P. Calculat - P. Real).  
 Tabla 3. Error en la predicción (P. Calculado - P. Real)

n	ERROR		r	SEE	
	- x	% DE			
954	1.8	5.4	0.987	3.23	Kerr 1988
102	.23	3.78	0.979	2.73	Est. actual

**Taula 4.** Estadístics regressió lineal.

**Tabla 4.** Estadísticos regresión lineal.

	n	r	SEE	R <sup>2</sup>
BALONCESTO	23	.968	2.92	93.7
HOCKEY HIELO	15	.961	2.20	92.4
FUTBOL SALA	10	.932	2.82	86.9
CICLISMO	25	.947	1.85	89.7
TENIS	15	.967	2.52	93.6
FUTBOL	14	.979	1.72	95.8

**Taula 5.** Precisió de la predicció del pes com a suma de 5 components.

**Tabla 5.** Precisión de la predicción del peso como la suma de 5 componentes.

amb jugadors de tennis, hoquei i basquetbol, respectivament.

L'error observat entre el pes calculat i el pes real es mostra a la Taula 3. En la mostra total hi ha una sobreestimació de 0.31 Kg. Aquests resultats mostren una tendència diferent a l'estudi de cadàvers de Brussel·les,<sup>9</sup> en què la diferència entre el pes calculat i l'obtingut és de =1.3 Kg. No obstant això, en el treball realitzat per Carter en el MOGAP (citat per Kerr, 1988) els resultats de 308 esportistes olímpics són similars (0.3 Kg) als obtinguts en aquest treball. Cal subratllar, però, que malgrat la bona relació entre pes calculat i pes real de la mostra total, s'han trobat en alguns casos, diferències amb valors extrems de -6.25 a 7.62 Kg.

Per esports s'observa una sobrevaloració en el pes calculat en tots els esports menys en el ciclisme (Figura 2). La major sobrevaloració correspon

tas con diferencia significativa con jugadores de baloncesto, hockey y tenis. En peso muscular, residual y óseo los ciclistas presentan los valores más altos con diferencias significativas en estos pesos con jugadores de tenis, hockey y baloncesto respectivamente.

El error observado entre el peso calculado y el peso real se observa en Tabla 3. Para la muestra total hay una sobreestimación de 0.31 Kg. Estos resultados muestran una tendencia diferente al estudio de cadáveres de Bruselas<sup>9</sup> donde la diferencia entre peso calculado y obtenido es de -1.3 Kg. Sin embargo en el trabajo realizado por Carter en el MOGAP (citado por Kerr, 1988) los resultados en 308 deportistas olímpicos son similares (0,3 Kg) a los obtenidos en este trabajo. No obstante hay que destacar que a pesar de esta buena relación entre peso calculado y peso real para la muestra

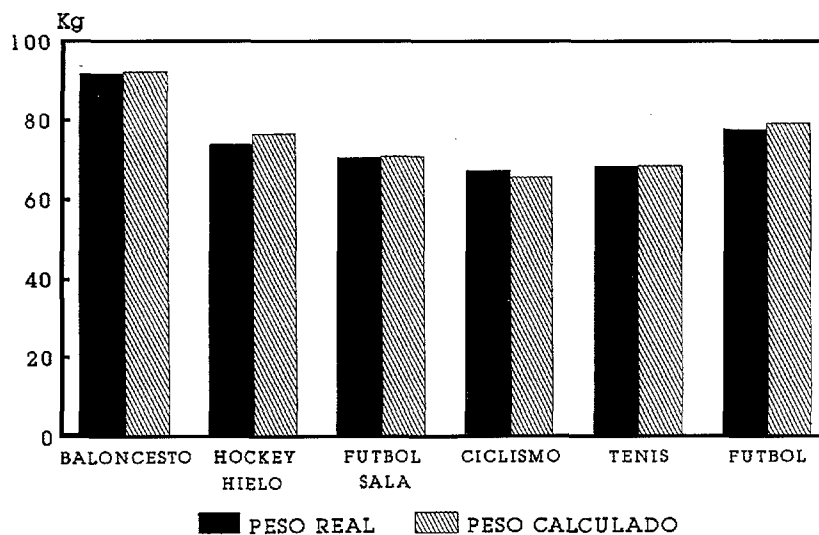
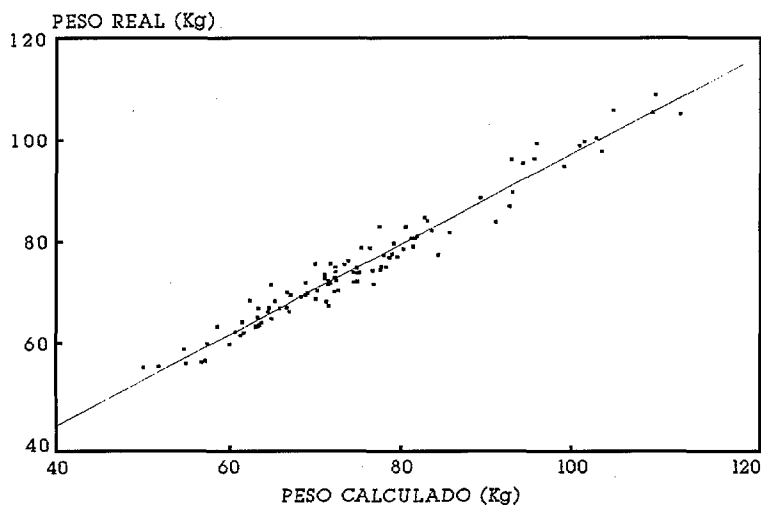


Figura 2. Pes real, Pes calculat.  
 Figura 2. Peso real, Peso calculado.



\* Figura 3.- Regressió lineal. Peso real-Peso calculado.

Figura 3. Regressió lineal. Pes real. Pes calculat.  
 Figura 3. Regressió lineal. Peso real. Peso calculado.

als jugadors d'hoquei. La diferència que observem en els ciclistes (-1.8 Kg) és lleugerament superior a la presentada per Mittleman i col., 1986 (citada per Kerr, 1988).

A la Taula 4 s'observen els estadístics de la precisió de la predicció del pes de la mostra total. Els autors del mètode suggereixen que el coeficient de correlació ha de ser superior a 0.95 i el percentatge de l'error estàndard estimat, inferior al

total, se han encontrado en algunos casos, diferencias con valores extremos de -6.25 a 7.62 Kg.

Por deportes se observa una sobrevaloración en el peso calculado en todos los deportes menos en ciclismo (Figura 2). La mayor sobrevaloración corresponde a los jugadores de hockey. La diferencia que observamos en los ciclistas (-1.8 Kg) es ligeramente superior a la presentada por Mittleman y col, 1986 (citada por Kerr, 1988).

5% per poder predir amb exactitud el pes calculat. El coeficient de correlació obtingut en aquest treball de 0.979 i l'error estàndard estimat de 2.73, compleixen els requisits esmentats anteriorment, essent aquests valors similars als esmentats per Kerr (1988). A la Figura 3 s'observa la correspondència entre la regressió lineal entre el pes real i el calculat.

Per esport (Taula 5) els millors estadístics corresponen als futbolistes ( $r=0.979$ ,  $SEE=1.73$ ), essent els jugadors de futbol sala els que presenten un coeficient de correlació més baix ( $r=0.932$ ,  $SEE=2.82$ ).

## Conclusions

1. En aquest treball la precisió de la predicció del pes com a suma de 5 components, proposada per Kerr, és correcta, com a mètode de treball amb grups amb estadístics similars als referits a la bibliografia.
2. Això no obstant, cal destacar que en determinats casos trobem diferències entre pes calculat i pes real de -6.26 a 7.62 Kg, cosa que suggereix un tractament molt acurat en l'anàlisi individual dels resultats.

En Tabla 4 se observan los estadísticos de la precisión de la predicción del peso para la muestra total. Los autores del método sugieren que el coeficiente de correlación debe ser superior a 0.95 y el porcentaje del error estándar estimado inferior al 5% para poder predecir con exactitud el peso calculado. El coeficiente de correlación obtenido en este trabajo de 0.979 y el error estándar estimado de 2.73, cumplen los requisitos mencionados anteriormente, siendo estos valores similares a los referidos por Kerr (1988). En Figura 3 se observa el buen ajuste de la regresión lineal entre peso real y calculado.

Por deportes (Tabla 5) los mejores estadísticos corresponden a los futbolistas ( $r=0.979$ ,  $SEE=1.73$ ), siendo los jugadores de fútbol sala los que presentan un coeficiente de correlación más bajo ( $r=0.932$ ,  $SEE=2.82$ ).

## Conclusiones

1. En ese trabajo la precisión de la predicción del peso como la suma de 5 componentes propuesta por Kerr, es correcta como método de trabajo en grupos con estadísticos similares a los referidos en la bibliografía.
2. Sin embargo, hay que destacar que en determinados casos encontramos diferencias entre peso calculado y peso real de -6.26 a 7.62 Kg, lo que sugiere un tratamiento muy cuidadoso en el análisis individual de los resultados.

## Bibliografía

1. ARAGONÉS, M.T.; CASAJÚS, J.A.; RODRÍGUEZ, F.; CABANAS, M.D.: Protocolo de medidas antropométricas. En: *Manual de cineantropometría*. Monografías Femedé III, 1993.
2. BRODIE, D.A.: *Techniques of Measurement of Body Composition. Part I*. Sports Medicine 5: 11-40, 1988.
3. CARTER, J.E.L.; YUHASZ, M.S.: Skinfolts and Body Composition of Olympic Athletes. En: CARTER, J.E.L. *Physical Structure of Olympics Athletes. Part II*. Medicine Sport, Vol. 18, pp. 144-82. Karger, Basel, 1984.
4. CASAJÚS, J.A.; ARAGONÉS, M.T.: *Estudio morfológico del futbolista de alto nivel. Parte I*. Arch. Med. Dep. VIII (30): 147-151, 1991.
5. CASAJÚS, J.A.; ARAGONÉS, M.T.: *Valoración antropométrica del Futbolista por categoría deportiva y posición en el terreno de juego*. Rev. Port. Med. Desp., 11: 101-116, 1993.
6. DE GARAY, A.L.; LEVINE, L.; CARTER, J.E.L.: *Genetic and Anthropological Studies of Olympic Athletes*. Academic Press, 1974.
7. DRINKWATER, D.T.; ROSS, W.D.: The anthropometric fractionation of body mass. En: Ostry, M.; Beunen, G.; Simons, J. (eds.). *Kinanthropometry II*. Baltimore, University Park Press, pp. 178-179, 1980.
8. DRINKWATER, D.T.: *Anatomically derived method for the anthropometric estimation of body composition*. Ph. D. Thesis Simon Fraser University, 1984.
9. KERR, D.A.: *An anthropometric method for the fractionation of skin, adipose, muscle, bone and residual tissue masses in males and females age 6 to 77 years*.

- M. Sc. Thesis. Simon Fraser University, Canadá.
10. MALINA, R.M.: *Quantification of Fat, Muscle and Bone in Man*. Clinical Orthopaedics and Related Researchs. 65: 9-38.
  11. ROUBENOFF, R.; KEHAYIAS, J.: *The Meaning and Measurement of Lean Body Mass*. Nutrition Reviews 49 (6): 163-175, 1991.
  12. ROSS, W.D.; MARFELL-JONES, M.J.: Kinanthropometry. En: MacDougall, J.D.; Wenger, H.A.; Green, H.J. (eds.). *Physiological Testing of Elite Athlete*. pp. 75-117. Ottawa: Mutual, 1982.
  13. ROSS, W.D.; DE ROSE, E.H.; WARD, R.: Anthropometry Applied to Sport Medicine. En: Dirix, A.; Knuttgen, H.G.; Tittel, K. (eds.) *The Olympic Book of Sports Medicine*. pp. 233-265, London: Blackwell, 1988.
  14. ROSS, W.D.; MARFELL-JONES, M.J.: Kinanthropometry. En: MacDougall, J.D.; Wenger H.A.; Green, H.J. (eds.). *Physiological Testing of Elite Athlete*. pp. 223-308. London. Human Kinetics, 1991.
  15. ROSS, W.D.: *Basic Anthropometry for Human Biology and Sport Medicine*. School of Kinesiology Faculty of Applied Sciences. SFU, Burnaby, B.C. Canadá, 1991.
  16. ROSS, W.D.; EIBEN, O.T.; WARD, R.; MARTIN, A.D.; DRINKWATER, D.; CLARYS, J.P.: Alternatives for the Conventional Methods of Human Body Composition and Physique Assessment. En Day, J. (Ed.): *Perspectives in Kinanthropometry*. Vol. 1. Human Kinetics. pp. 203-219.