

ESTIMACIÓN DE LA MASA MUSCULAR POR DIFERENTES ECUACIONES ANTROPOMÉTRICAS EN LEVANTADORES DE PESAS DE ALTO NIVEL

MUSCLE MASS ESTIMATION BY DIFFERENT ANTHROPOMETRIC EQUATIONS IN HIGH PERFORMANCE WEIGHTLIFTERS

Jorge Alberto Fernández Vieitez*

Ramón Ricardo Aguilera**

* Centro Provincial de Medicina del Deporte. Holguín. Cuba.

** Instituto de Medicina del Deporte. La Habana. Cuba.

CORRESPONDENCIA: Jorge Alberto Fernández Vieitez. Centro Provincial de Medicina del Deporte de Holguín. Calle Frexes no. 244, entre Máximo Gómez y Pepe Torres. Holguín CP 80100. Cuba. Teléfono: 42 2997. Correo electrónico: vieitez@cristal.hlg.sld.cu
Aceptado: 26.06.2001

RESUMEN

Este estudio tuvo como propósito comparar los valores de masa muscular (MM, kg) obtenidos por nueve ecuaciones antropométricas diferentes. Se tomó una muestra de 22 levantadores de pesas pertenecientes al Centro Nacional de Alto Rendimiento "Cerro Pelado" de La Habana, Cuba. A todos se les realizaron mediciones antropométricas, a saber: peso (kg), estatura (cm), circunferencias (cm) del brazo, antebrazo, tórax, muslo superior, muslo medio y de la pierna, pliegues cutáneos (mm) subescapular, tricipital, ileocrestal, supraespinal, abdominal, muslo frontal, y pierna medial, así como los diámetros (cm) biestiloideo de la muñeca y bicondíleo del fémur. Con estas dimensiones se calculó la MM a través de los métodos propuestos por: Matiegka (1921), Drinkwater y Ross (1980), De Rose y Guimaraes (1980), Heymsfield y cols. (1982), Kerr (1988), Martin y cols. (1990), Doupe y cols. (1997), así como los dos publicados por Lee y cols. (2000). El ANOVA reveló una significativa variabilidad entre las ecuaciones para la MM absoluta ($F = 76.1$; $p < 0.001$) y relativa (%MM; $F = 136.7$; $P < 0.001$). Las diferencias (kg) resultantes de comparar cada ecuación con sus homólogas (prueba t de Bonferroni) fueron de interés estadístico ($p < 0.0056$), excepto para las comparaciones Drinkwater contra Lee-2 (1.11 ± 3.39), Lee-1 contra Drinkwater (1.48 ± 1.68), Heymsfield contra De Rose (1.36 ± 4.8) así como Matiegka contra Kerr (0.24 ± 1.14). Con la excepción de las comparaciones Lee-1 contra Lee-2 ($r = 0.14$; $b = 0.0715$; $P = 0.1$), De Rose contra Drinkwater ($r = 0.36$; $b = 0.0852$; $P = 0.09$) Matiegka contra Heymsfield ($r = 0.39$; $b = -0.098$; $P = 0.07$), Matiegka contra Kerr ($r = 0.006$; $b = 0.0006$; $P = 0.98$), Doupe contra Heymsfield ($r = 0.2$; $b = 0.0451$; $P = 0.38$), Heymsfield contra Martin ($r = 0.05$; $b = 0.0129$; $P = 0.82$) y Martin contra c Doupe ($r = 0.21$, $b = -0.032$; $P = 0.35$) la mayoría de las fórmulas no fueron intercambiables con sus homólogas (prueba de Bland y Altman), pues las discrepancias entre ellas aumentaron hacia los extremos de la distribución. De las ecuaciones cuyos valores promedios no difirieron significativamente sólo las de Matiegka y Kerr resultaron intercambiables. Se concluye que hay notables divergencias y poca correspondencia entre las magnitudes de MM estimadas por los métodos antropométricos existentes. Los únicos modelos que pueden utilizarse indistintamente son los de Matiegka (1921) y Kerr (1988).

Palabras clave: masa muscular, ecuaciones antropométricas, composición corporal, cineantropometría.

SUMMARY

A study was conducted to compare muscle mass values (MM, kg) obtained by means of nine different anthropometrical equations. A sample of 22 weightlifters belonging to the Centro Nacional de Alto Rendimiento (National Centre for Athletic High-Performance) "Cerro Pelado", Havana, Cuba, was used. All subjects underwent anthropometrical measurements, namely: body weight (kg), stature (cm), girths (cm) of arm, forearm, chest, upper thigh, medial thigh, and calf, skin fold thickness (mm) of sub scapula, triceps, iliac crest, supraspinal, abdominal, front thigh, and medial calf regions, as well as wrist and femur bone breadths. These dimensions were used to calculate MM by the following methods: Matiegka (1921), Drinkwater and Ross (1980), De Rose and Guimaraes (1980), Heymsfield et al. (1982), Kerr (1988), Martin et al (1990), Doupe et al (1997), and the two models proposed by Lee et al (2000). ANOVA revealed a significant variability between methods, both for absolute ($F = 76.1$; $P < 0.001$) and relative (%MM; $F = 136.7$; $p < 0.001$) MM. The resultant differences (kg) on comparing each equation with similar ones (Bonferroni ttest) were statistically significant ($p < 0.0056$), except for the comparison between Drinkwater and Lee-2 (1.11 ± 3.39), Lee-1 and Drinkwater (1.48 ± 1.68), Heymsfield and De Rose (1.36 ± 4.8), as well as Matiegka and Kerr (0.24 ± 1.14). With the exception of the following comparisons: Lee -1 versus Lee-2 ($r = 0.14$; $b = 0.0715$; $P = 0.1$), De Rose versus Drinkwater ($r = 0.36$; $b = 0.0852$; $P = 0.09$) Matiegka versus Heymsfield ($r = 0.39$; $b = 0.098$, $P = 0.07$), Matiegka versus Kerr ($r = 0.006$; $b = 0.0006$; $p = 0.98$), Doupe versus Heymsfield ($r = 0.2$; $b = 0.0451$; $P = 0.38$), Heymsfield versus Martin ($r = 0.05$, $b = 0.0129$; $P = 0.82$) and Martin versus Doupe ($r = 0.21$; $b = 0.032$, $p = 0.35$), there was no agreement across most of the equations (Bland and Altman test), since differences in each pair of comparison increased at the ends of the distribution. In conclusion, large variability and little agreement were found across existing anthropometrical equations to estimate MM. Matiegka and Kerr's equations are the only models that may be used indistinctly.

Key words: muscle mass, anthropometrical equations, body composition, kinanthropometry.

INTRODUCCIÓN

El creciente interés en la determinación de la masa muscular (MM) tanto en el ámbito deportivo⁽¹⁾ como en el de la salud humana⁽²⁾ ha propiciado el desarrollo y aplicación de diferentes métodos para su cuantificación⁽³⁾. Sin embargo, resulta llamativo que existan relativamente pocas ecuaciones antropométricas para estimar la MM, situación que contrasta con lo encontrado en la grasa, para la cual se han propuesto decenas de fórmulas basadas en dimensiones corporales.

En la actualidad se desconoce cuál de estas ecuaciones de MM ofrece los resultados más confiables, por lo que el empleo de alguna de ellas se

basa casi exclusivamente en las preferencias de los usuarios. Un paso inicial en la solución de esta problemática sería indagar sobre las diferencias y similitudes entre las magnitudes de MM obtenidas por ellas. Sin embargo, los trabajos en esta línea son escasos y los publicados sólo han incluido algunas de las ecuaciones⁽¹⁾ o han utilizado muestras pequeñas y no representativas del deportista de alto nivel⁽⁴⁾.

El presente estudio pretende comparar los valores de MM estimados por nueve fórmulas diferentes basadas en dimensiones antropométricas. Para ello se tomó una muestra de levantadores de pesas de alto rendimiento dado el marcado desarrollo muscular que caracteriza a estos deportistas.

División	n	Edad (años)	Edad deportiva (años)	Peso corporal (kg)	Estatura (cm)	Circunferencias (cm)					S 6 pliegues cutáneos*
						Tórax	Brazo	Antebrazo	Muslo	Pierna	
56 kg	2	18,0±1,4	6,5±0,7	56,3±1,0	155,2±2,8	88,9±2,7	29,3±0,1	26,0±0,6	53,5±1,2	33,8±0,3	28,3±4,1
62 kg	2	25,5±3,5	12,0±2,8	62,3±4,8	158,8±5,1	95,8±5,2	29,8±0,6	27,8±1,6	53,8±0,1	34,5±1,0	35,4±11,0
69 kg	3	22,3±1,5	7,3±1,5	70,3±0,2	163,8±4,3	96,3±3,4	32,3±1,4	28,6±1,2	57,1±1,7	35,7±1,5	40,3±2,2
77 kg	4	21,7±2,1	9,0±2,2	75,8±2,3	167,9±7,8	97,6±1,7	34,1±2,7	30,6±1,5	60,4±3,2	37,0±1,5	46,3±17,4
85 kg	3	20,7±2,9	10,3±3,2	85,5±3,1	171,8±5,5	104,1±1,1	34,6±2,7	29,7±1,5	62,9±1,8	38,4±1,8	56,4±15,4
94 kg	3	22,3±3,2	10,3±3,5	92,8±1,9	175,5±3,2	107,6±1,7	36,9±0,9	31,9±0,9	64,6±1,1	39,3±1,0	60,7±9,2
105 kg	3	21,0±5,2	9,0±4,4	104,4±6,3	173,0±4,4	115,8±5,8	39,9±2,5	32,8±1,9	68,9±2,1	42,5±1,8	122,0±24,3
+105 kg	2	24,0±4,2	9,5±6,4	123,2±5,7	183,1±2,7	120,0±0,3	43,9±0,3	35,7±1,2	73,6±2,5	44,4±3,7	133,4±30,5
General	22	21,9:1:3,2	9,2:1:3,1	83,9:19,6	169,0:15,9	103,3:1:9,5	35,2:1:4,6	30,5:2,9	62,0:1:6,4	37,0:1:7,5	62,5:34,9
Suma de los pliegues cutáneos de las regiones siguientes: triceps. subescapular. supraespinal. abdominal. Muslo frontal y pierna medial.											
TABLA I.- Datos descriptivos (media ± desviación estándar) de las características generales de la muestra.											

MATERIAL Y MÉTODOS

Se tomaron los 22 atletas de levantamiento de pesas que conforman la preselección nacional de este deporte en el Centro Nacional de Alto Rendimiento "Cerro Pelado" de La Habana, Cuba. En la Tabla I se ofrecen las características generales de la muestra.

A todos los atletas se les registraron las siguientes dimensiones antropométricas: peso corporal (P, kg), estatura (T, cm), circunferencias (cm) del brazo (CB), antebrazo (CAB), tórax (CT), muslo superior (CMS), muslo medio (CM) y de la pierna máxima (CP), diámetros (cm) biestiloideo de la muñeca (DM) y bicondíleo del fémur (DF), así como los pliegues cutáneos (mm) de las regiones subescapular (PSE), tricpitital (PT), ileocrestal (PIC), supraespinal (PSI),

abdominal (PA) muslo frontal (PM) y pierna medial (PP). Se siguieron las recomendaciones técnicas descritas por otros autores⁽⁵⁾. Se empleó instrumental antropométrico previamente calibrado constituido por: balanza de contrapeso Detecto-Medic (USA) de 0,1 kg de precisión, tallímetro, cinta métrica y

calibrador epicondilar Holtain (UK) con 0,1 cm de precisión, así como calibrador de pliegues cutáneos Holtain con presión constante entre sus ramas de 10 g/mm² y precisión de 0,2 mm.

Método	Masa muscular absoluta (kg)			Masa muscular relativa (%)		
	Media	Desviación estándar	Intervalo de confianza (95%)	Media	Desviación estándar	Intervalo de confianza (95%)
Lee-2	35,7	5,7	33,2 a 38,3	43,4	4,8	41,3 a 45,6
Drinkwater	36,9	7,2	33,7 a 40,1	44,3	2,4	43,3 a 45,4
Lee-1	38,3	6,1	35,6 a 41,1	46,5	4,2	44,6 a 48,4
De Rose	40,6	7,9	37,1 a 44,1	48,9	2,9	47,6 a 50,1
Heymsfield	42,0	11,3	37,0 a 47,0	49,9	4,5	47,9 a 51,8
Kerr	44,8	10,3	40,2 a 49,4	53,5	2,0	52,6 a 54,4
Matiegka	45,0	10,3	40,5 a 49,6	53,8	2,6	52,6 a 55,0
Doupe	47,5	11,8	42,3 a 52,8	56,5	2,8	55,3 a 57,7
Martin	52,8	11,5	47,7 a 57,9	63,2	2,9	61,9 a 64,5
ANOVA		F = 76,1	p < 0,001	F = 136,7	p < 0,001	

TABLA II. - Valores (media, desviación estándar, intervalo de confianza al 95%) de la masa muscular absoluta (kg) y relativa al peso corporal (%) determinadas por las nueve ecuaciones estudiadas.

Con las dimensiones antropométricas antes mencionadas se estimó la MM a través de nueve de las diez fórmulas existentes, a saber:

Ecuación de Matiegka⁽⁶⁾

Dado que las dimensiones antropométricas empleadas en el modelo original de Matiegka están hoy en desuso, se empleó la modificación de este método propuesta por Drinkwater y Ross⁽⁷⁾, cuyos valores de MM no difieren sustancialmente de los obtenidos por el procedimiento original.

$$MM = T \times r^2 \times 6,41$$

Donde: $r = [(CB/p - PT/10) + (CM/p - PM/10) + (CP/p - PP/10) + (CT/p - PSE/10)]^8$

Ecuación de Drinkwater y Ross⁽⁷⁾

$$MM = (Z \times 2,99 + 25,55) / (170,18/T)^3$$

Donde: Z = valor promedio de las puntuaciones z para las circunferencias musculares del brazo, tórax, muslo y pierna y la circunferencia no corregida del antebrazo. A su vez z se calcula por la fórmula general: $z = 1/s [v (170,18/T)^d - P]$, donde: s es la desviación estándar del valor phantom de v; v es el valor de la circunferencia en cuestión, d = 1 en el caso

de las circunferencias y P es el valor phantom para la variable v.

Ecuación de De Rose y Guimaraes (ver ref. 1, pág. 16)

$$MM = P - (\text{masa grasa} + \text{masa ósea} + \text{masa residual})$$

Donde:

$$\text{Masa grasa} = 0,01 \times P [(S \text{ PSE}, PT, PSI, PA) \times 0,153 + 5,783]$$

$$\text{Masa ósea} = 3,02 (T^2/100 \times DM/100 \times DF/100 \times 400)^{0,712}$$

$$\text{Masa residual} = P \times 0,241$$

Ecuación de Heymsfield y cols.⁽⁸⁾

$$MM = \text{Talla} (0,284 + 0,0029 \times \text{AMBc})$$

Donde: AMBc = área muscular del brazo corregida = $[(\text{circunferencia del brazo} - p \cdot \text{Pliegue Tríceps}/10)^2 / p] - 10$

Ecuación de Kerr⁽⁹⁾

$$SMU = CMUS_{brazo} + CAB + CMUS_{muslo} + CMUS_{pierna} + CMUS_{tórax}$$

$$ZMU = [(SMU (170,18/T) - 207,21)]/13,74$$

Las circunferencias musculares (CMUS) se calculan por la fórmula:

$$CMUS = \text{Circunferencia de la región} - p \times \text{Pliegue cutáneo}/10$$

$$MM = [(ZMU \cdot 5,4) + 24,5]/(170,18/T)$$

Ecuación de Martin y cols.⁽⁴⁾

$$MM = [T (0,0553 \times CMUS_{muslo}^2 + 0,0987 \times CAB^2 + 0,0331 \times CMUS_{pierna}^2) - 2445]/0,001$$

Las circunferencias musculares (CMUS) se calculan por la fórmula:

$$CMUS = \text{Circunferencia de la región} - p \times \text{Pliegue cutáneo}/10$$

Ecuación de Doupe y cols.⁽¹⁰⁾

$$MM = [T (0,031 \times CM_{modif.}^2 + 0,064 \times CMUS_{brazo}^2 + 0,089 \times CMUS_{pierna}^2) - 3006]/0,001$$

Las circunferencias musculares (CMUS) se calculan por la fórmula:

$$CMUS = \text{Circunferencia de la región} - p \times \text{Pliegue cutáneo}/10$$

$$CM_{modif.} = CM - p \times PSI/10$$

Ecuaciones de Lee y cols.⁽¹¹⁾

Ecuación de Lee-1

$$MM = T (0,00744 \times CMUS_{brazo}^2 + 0,00088 \times CMUS_{muslo}^2 + 0,00441 \times CMUS_{pierna}^2) + 2,4 \times \text{sexo} - 0,048 \times \text{edad} + \text{raza} + 7,8$$

Donde: Sexo: 0 para las mujeres; 1 para los hombres. Raza: -2,0 para la raza amarilla; 1,1 para la raza negra y 0 para la raza blanca. Edad en años. Las circunferencias musculares (CMUS) se calculan por la fórmula:

$$CMUS = \text{Circunferencia de la región} - p \times \text{Pliegue cutáneo}/10$$

Ecuación de Lee-2

$$MM = 0,244 \cdot P + 7,8 \cdot T + 6,6 \cdot \text{sexo} - 0,098 \cdot \text{edad} + \text{raza} - 3,3$$

Donde: Sexo: 0 para las mujeres; 1 para los hombres. Raza: - 1,2 para la raza amarilla; 1,4 para la raza negra y 0 para la raza blanca. Edad en años.

La MM relativa se calculó por la fórmula: %MM = MM/peso corporal x 100.

Los datos descriptivos se ofrecen en media y desviación estándar, así como intervalo de confianza a 1 95% de probabilidad (95% IC) para la MM y el % MM. La variabilidad entre las ecuaciones estudiadas se obtuvo a través del análisis de varianza (ANOVA) para datos repetidos. La significación estadística de las diferencias entre las ecuaciones se determinó por la prueba t de Bonferroni, mientras que la intercambiabilidad entre cada ecuación con sus restantes homólogas se valoró por medio de la prueba de Bland y Altman⁽¹²⁾. Excepto en la prueba de Bonferroni ($p < 0,0056$) se tomó un nivel de significación estadística del 95% ($p < 0,05$).

RESULTADOS

Los valores promedios de MM estimados por los nueve métodos estudiados (Tabla II) oscilaron entre $35,7 \pm 5,9$ kg (método de Lee-2) y $52,8 \pm 11,5$ kg (ecuación de Martin). El ANOVA resultó estadísticamente significativo ($p < 0,001$). Un cuadro similar pero aún más manifiesto se encontró en el % MM con un ANOVA que denota mayor variabilidad entre las ecuaciones (Tabla II).

Las divergencias (kg) entre los valores de MM determinados por las nueve ecuaciones estudiadas (Tabla III) fueron estadísticamente significativas ($p < 0,0056$) en casi todas las comparaciones, con excepción de las diferencias entre los métodos de Drinkwater y Lee-2 ($1,11 \pm 3,39$), Lee-1 y Drinkwater ($1,48 \pm 1,68$), Heymsfield y De Rose ($1,36 \pm 4,8$), así como Matiegka y Kerr ($0,24 \pm 1,14$).

El análisis de correlación y regresión entre las diferencias y los promedios para cada uno de los pares de comparaciones posibles (prueba de Bland-Altman) arrojó coeficientes de correlación (r) y pendientes de regresión (b) mayoritariamente significativos estadísticamente (Tabla IV).

Ecuación	Lee-2	Drinkwater	Lee-1	De Rose	Heyrnsfield	Kerr	Maliegka	Doupe
Drinkwater	1.11 ± 3.39 No signif.							
Lee-1	2.59 ± 2.98 p<0.0056	1.48 ± 1.68 No signif.						
De Rose	4.87 ± 4.1 p<0.0056	3.76 ± 1.78 p<0.0056	2.28 ± 2.56 p<0.0056					
Heyrnsfield	6.24 ± 7.1 p<0.0056	5.12 ± 4.77 p<0.0056	3.64 ± 5.43 p<0.0056	1.36 ± 4.8 No signif.				
Kerr	9.05 ± 5.92 p<0.0056	7.94 ± 3.26 p<0.0056	6.46 ± 4.43 p<0.0056	4.18 ± 3.07 p<0.0056	2.82 ± 2.84 p<0.0056			
Maliegka	9.29 ± 6.07 p<0.0056	8.18 ± 11.06 p<0.0056	6.7 ± 4.34 p<0.0056	4.42 ± 3.22 p<0.0056	3.06 ± 2.67 p<0.0056	0.24 ± 1.14 No signif.		
Doupe	11.77 ± 7.43 p<0.0056	10.66 ± 4.83 p<0.0056	9.18 ± 5.87 p<0.0056	6.9 ± 4.5 p<0.0056	5.54 ± 2.62 p<0.0056	2.72 ± 2.06 p<0.0056	2.48 ± 3.22 p<0.0056	
Martin	17.03 ± 6.85 p<0.0056	15.91 ± 4.48 p<0.0056	14.43 ± 5.57 p<0.0056	12.15 ± 4.28 p<0.0056	10.79 ± 2.85 p<0.0056	7.97 ± 1.98 p<0.0056	7.73 ± 1.9 p<0.0056	5.25 ± 1.77 p<0.0056

TABLA III. - Diferencias (media ± desviación estándar, kg) entre los valores de masa muscular obtenidos por las nueve ecuaciones estudiadas.

Ecuación	Lee-2	Drinkwater	Lee-1	De Rose	Heyrnsfield	Kerr	Maliegka	Doupe
Drinkwater	r = 0,46 β = 0,2456 p = 0,03							
Lee-1	r = 0,14 β = 0,0715 No signif.	r = 0,66 β = - 0,1671 p = 0,00008						
De Rose	r = 0,54 β = 0,3369 p = 0,009	r = 0,36 β = 0,0852 No signif.	r = 0,69 β = 0,2535 p = 0,0004					
Heyrnsfield	r = 0,83 β = 0,7013 p = 3,7·10 ⁻⁶	r = 0,86 β = 0,448 p = 2,19·10 ⁻⁷	r = 0,96 β = 0,5997 p = 1,2·10 ⁻¹²	r = 0,73 β = 0,3704 p = 0,0001				
Kerr	r = 0,79 β = 0,601 p = 1,3·10 ⁻⁵	r = 0,93 β = 0,348 p = 2,32·10 ⁻¹⁰	r = 0,94 β = 0,5093 p = 8,1·10 ⁻¹¹	r = 0,78 β = 0,2671 p = 1,55·10 ⁻⁵	r = 0,37 β = -0,0989 No signif.			
Maliegka	r = 0,77 β = 0,6059 p = 2,4·10 ⁻⁵	r = 0,92 β = 0,3489 p = 1,14·10 ⁹	r = 0,96 β = 0,5084 p = 1,9·10 ⁻¹²	r = 0,753 β = 0,2685 p = 5,33·10 ⁻⁵	r = 0,39 β = -0,098 No signif.	r = 0,006 β = 0,0006 No signif.		
Doupe	r = 0,85 β = 0,7373 p = 6,3·10 ⁻⁷	r = 0,95 β = 0,4852 p = 4,76·10 ⁻¹²	r = 0,98 β = 0,6388 p = 9,4·10 ⁻¹⁵	r = 0,89 β = 0,4069 p = 3,64·10 ⁻⁸	r = 0,2 β = 0,0451 No signif.	r = 0,76 β = 0,1423 p = 3,38·10 ⁻⁵	r = 0,84 β = 0,1415 p = 7,9·10 ⁻⁷	
Martin	r = 0,86 β = 0,7 p = 3,2·10 ⁻⁷	r = 0,95 β = 0,455 p = 2,17·10 ⁻¹¹	r = 0,96 β = 0,6115 p = 9,2·10 ⁻¹³	r = 0,85 β = 0,377 p = 7,13·10 ⁻⁷	r = 0,051 β = 0,0129 No signif.	r = 0,61 β = 0,1107 p = 0,003	r = 0,63 β = 0,11 p = 0,002	r = 0,21 β = -0,032 No signif.

Leyenda: r = coeficiente de correlación. β = pendiente de probabilidad estadística.

TABLA IV. - Análisis de regresión con las diferencias y los pro medios (prueba de Bland y Altman) entre las ecuaciones en estudio.

Las comparaciones en que no se hallaron r y b de interés estadístico fueron: Lee-1 contra Lee-2 ($r = 0,14$; $b = 0,0715$; $p = 0,1$), De Rose contra Drinkwater ($r = 0,36$; $b = 0,0852$; $p = 0,09$) Matiegka contra Heymsfield ($r = 0,39$; $b = -0,098$; $p = 0,07$), Matiegka contra Kerr ($r = 0,006$; $b = 0,0006$; $p = 0,98$), Doupe contra Heymsfield ($r = 0,2$; $b = 0,0451$; $p = 0,38$), Heymsfield contra Martin ($r = 0,05$; $b = 0,0129$; $p = 0,82$) y Martin contra Doupe ($r = 0,21$, $b = -0,032$; $p = 0,35$).

Las ecuaciones de Matiegka y Kerr fueron las únicas que arrojaron valores promedios casi idénticos (Tabla III) ya la vez un r y una b entre sus diferencias y promedios que no resultaron de interés estadístico (Tabla IV).

DISCUSIÓN

La significativa variabilidad entre los nueve métodos en estudio (Tabla II) indica que existen marcadas diferencias entre todos ellos, aspecto de interés si se tiene en cuenta que las modificaciones observadas en la MM como consecuencia del entrenamiento dependen de la herramienta de medición empleada para evaluar los cambios⁽¹³⁾. El hecho de que casi todas las diferencias entre los modelos fuesen estadísticamente significativas (Tabla III) corrobora el anterior planteamiento y permite dilucidar el peso específico de cada diferencia.

Canda Moreno⁽¹⁾ informa resultados análogos en una muestra de 372 atletas de 16 disciplinas deportivas, entre ellos levantadores de pesas. Sin embargo, en

este trabajo sólo se evaluaron las ecuaciones de De Rose, Drinkwater y Martin. Al igual que en el presente estudio el modelo de Drinkwater alcanzó los más bajos valores, seguido por el de De Rose y finalmente el de Martin. Así mismo, Drinkwater y Ross⁽⁷⁾ encontraron que su modelo reporta magnitudes de MM inferiores a las del método de Matiegka, aunque con una diferencia menos notable, lo que podría deberse al menor grado de muscularidad de los individuos por ellos estudiados al compararlos con nuestros levantadores de pesas.

Martin y cols.⁽⁴⁾ informan también marcadas diferencias entre las ecuaciones de Heymsfield, Matiegka y la propuesta por ellos mismos, al aplicarlas a una muestra de 5 cadáveres humanos no embalsamados. Sus hallazgos coinciden con los nuestros en que en este mismo orden de menor a mayor se ubicaron las ecuaciones en cuanto a los valores de MM obtenidos.

La gran variedad de procedimientos empleados para obtener las ecuaciones de MM existentes y las disímiles estructuras matemáticas de las mismas (ver el acápite de Materiales y Métodos), justifica nuestro interés por comparar los valores de MM estimados por los modelos en estudio. Es difícil establecer todas las causas de las diferencias entre los métodos para estimar la MM. Entre ellas debe mencionarse la diversidad de criterios de referencia empleados para determinar la MM. Según Heymsfield y cols.⁽¹⁴⁾ existen dos tipos principales de funciones matemáticas para obtener modelos de estimación de la composición corporal. La primera (tipo I o descriptiva) consiste en una ecuación de predicción del componente derivada estadísticamente. Aquí se enmarcarían las ecuaciones de Heymsfield, De Rose, Martin, Doupe y las dos de Lee y cols. (Lee-1 y Lee-2). La segunda función (tipo II o mecánica) se basa en relaciones estables entre las propiedades y los componentes, muchas de las cuales pueden ser comprendidas en términos de su base biológica subyacente; a este tipo pertenecerían los restantes modelos. Era de esperar hallar menos divergencias entre las fórmulas pertenecientes a una misma función; sin embargo, no sucedió así, aunque la menor diferencia entre los valores promedios correspondió a las ecuaciones de Matiegka y Kerr (Tabla III), las cuales sí pertenecen al mismo tipo de función.

No obstante, considerar que dos métodos ofrecen resultados similares sólo a partir de la comparación entre las medias puede resultar incorrecto, pues es probable que aún habiendo coincidencia a nivel de los valores centrales, no suceda lo mismo en los extremos de la distribución. El hallazgo de que sólo las ecuaciones de Matiegka y Kerr resultasen intercambiables en la prueba de Bland y Altman (Tabla IV) indica que las restantes que no difirieron en cuanto a la media, no se comportan semejantes al aumentar la MM. Por tanto, estos métodos son comparables para grupos de sujetos, pero no en individuos aislados.

El hallazgo de que las ecuaciones de Matiegka y Kerr no difirieron estadísticamente a nivel de los valores centrales (Tabla II), así como en todo el rango de la distribución (Tabla III), sugiere que son ellos los únicos métodos que pueden emplearse indistintamente tanto en grupo de sujetos como en individuos aislados.

Por último, los resultados encontrados podrían no manifestarse al analizar individuos con un patrón de distribución muscular diferente a los atletas de halterofilia. Por tanto, la extrapolación de los mis mos

a otros deportistas o sujetos no entrenados ha de hacerse con cautela. Estudios similares deben conducirse en diferentes poblaciones.

En conclusión, existen marcadas diferencias entre los modelos antropométricos existentes para estimar la

MM, lo que implica la necesidad de emplear el mismo modelo de predicción al evaluar sistemáticamente la MM. Los únicos métodos que resultaron intercambiables fueron los propuestos por Matiegka y Kerr.

BIBLOGRAFÍA

- 1 **CANDA MORENO, A.S.:** "Estimación antropométrica de la masa muscular en deportistas de alto nivel", en "Métodos de Estudio de la Composición Corporal en Deportistas", de Consejo Nacional de Deportes. Pág. 12, Ministerio de Educación y Cultura. Madrid, 1996.
- 2 **VISSER, M., DEEG, D.J.H., LIPS, P., HARRIS, T .B., BOUTER, L.M.:** "Skeletal muscle mass and muscle strength in relation to lower-extremity performance in older men and women". *J. Am. Geriatr. Soc.*, 48:381, 2000.
- 3 **MITSIPOULOS, N., BAUMGARTNER, R.N., HEYMSFIELD, S.B., LYONS, W., GALLAGHER, D., ROSS, R.:** "Cadaver validation of skeletal muscle measurement by magnetic resonance imaging and computerized tomography". *J. Appl. Physiol.*, 85: 115, 1998.
- 4 **MARTIN, A.D., SPENST, L.F., DRINKWATER, D.T., CLARYS, J.P.:** "Anthropometric estimation of muscle mass in men". *Med. Sci. Sports Exerc.*, 22:729, 1990.
- 5 **ROSS, W.D., CARR, R.V., CARTER, J.E.L.:** "Anthropometry illustrated" [Monografía en CD-ROM]. Tumpike Electronic Publications Inc. The Human Animal Series. Vol. 1. Version 1,0. Canada, 1999.
- 6 **MATIEGKA, J.:** "The testing of physical efficiency". *Am. J. Phys. Anthropol.*, 4:223, 1921.
- 7 **DRINKWATER, D.T., ROSS, W.D.:** "Anthropometric fractionation of body mass", en 'International Series of Sports Science, Vol. IX: Kinanthropometry II', de Ostyn, M., Beunen, G. y Simons, J. Pág. 183, University Park Press, Baltimore, 1980.
- 8 **HEYMSFIELD, S.B., MCMANUS, C., SMITH, J., STEVENS, V., NIXON, D.W.:** "Revised equation for calculating bone free arm muscle area". *Am. J. Clin. Nutr.*, 36:680, 1982.
- 9 **ROSS, W.D., KERR, DA.:** "fraccionamiento de la masa corporal: un nuevo método para utilizar en nutrición clínica y medicina deportiva". *Apunts*, 28: 175, 1991.
- 10 **DOUPE, M.B., MARTIN, A.D., SEARLE, M.S., KRIELLAARS, D.J., GIESBRECHT, G.G.:** "A new formula for population-based estimation of whole body muscle mass in males". *Can. J. Appl. Physiol.*, 22:598, 1997.
- 11 **LEE, RC., WANG, Z., HEO, M., ROSS, R, JANSSEN, L, HEYMSFIELD, S.B.:** "Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models". *Am. J. Clin. Nutr.*, 72:796, 2000.
- 12 **BLAND, J.M., AL TMAN, D.G.:** "Statistical methods for assessing agreement between two methods". *Lancet*, 1:307, 1986.
- 13 **WEISS, L.W., CONEY, H.D., CLARK, F.C.:** "Gross measures of exercise-induced muscular hypertrophy". *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 30:143, 2000.
- 14 **HEYMSFIELD, S.B., WANG, ZM., BAUMGARTNER, RN., ROSS, R.:** "Human body composition: Advances in models and methods". *Annu. Rev. Nutr.*, 17:527, 1997.