

Original

Grado de acuerdo entre los índices adiposo-musculares obtenidos a partir de medidas antropométricas del brazo, pliegues cutáneos e impedancia bioeléctrica

V. Martín Moreno*, J. Benito Gómez Gandoy*, M. de Oya Otero**, Agustín Gómez de la Cámara*** y M.^a J. Antoranz González****

* Médico. Centro de Salud Coronel de Palma. Móstoles. ** Jefe de Servicio de la Unidad de Lípidos de la Fundación Jiménez Díaz, Madrid. *** Unidad de Investigación y Epidemiología Clínica. Hospital Doce de Octubre. Madrid. **** DUE. Centro de Salud Coronel de Palma. Móstoles. Madrid.

Resumen

Objetivo: La masa grasa, la masa libre de grasa y la relación entre ambas, el índice adiposo-muscular, son parámetros útiles para valorar clínicamente al paciente. El objetivo de este estudio es medir el grado de acuerdo entre los índices adiposo-musculares corporales (IAMC) obtenidos mediante los pliegues cutáneos con la ecuación de Siri para cuatro pliegues (IAMC_{Siri}) y para el pliegue del tríceps (IAMC_{triceps}); por bioimpedanciometría (IAMC_{Omron}); y mediante las áreas adiposa y muscular del brazo (IAM), valorando su intercambiabilidad.

Intervenciones: Estudio descriptivo transversal. Se valoró mediante antropometría e impedancia bioeléctrica (Omron BF 300®) a 145 personas, analizándose la concordancia entre métodos mediante el coeficiente de correlación intraclase (CCI) y el método de Bland-Altman. El método de referencia fue IAMC_{Siri}.

Resultados: El CCI entre IAMC_{Siri} e IAMC_{triceps} fue de 0,9304 (0,9035; 0,9498), entre IAMC_{Siri} e IAMC_{Omron} de 0,9114 (0,8771; 0,9361) y entre IAMC_{Siri} e IAM de 0,7726 (0,6846; 0,8361). Con el método de Bland-Altman IAMC_{Siri} e IAMC_{triceps} (-0,171; 0,117) presentan el intervalo de concordancia más estrecho, seguido de IAMC_{Siri} - IAMC_{Omron} (-0,186; 0,178). Los límites del intervalo entre IAM e IAMC_{Siri} (-0,2; 0,42), IAMC_{triceps} (-0,26; 0,42) o IAMC_{Omron} (-0,292; 0,504) superaron el punto de corte (-0,2; 0,2).

Conclusiones: IAMC_{triceps} e IAMC_{Omron} son intercambiables entre sí y con IAMC_{Siri}, pero IAM no es intercambiable con IAMC_{Siri}, IAMC_{triceps} o IAMC_{Omron}, resultado que sugiere que el IAM puede no reflejar adecuadamente la composición corporal. IAMC_{triceps} e IAMC_{Omron} son alternativas válidas a IAMC_{Siri} en la valoración del índice adiposo-muscular.

(Nutr Hosp 2003, 18:77-86)

Palabras clave: Antropometría. Composición corporal. Grasa corporal. Impedancia bioeléctrica. Índice adiposo muscular. Pliegues cutáneos.

Correspondencia: Vicente Martín Moreno.
Calle del Alerce, 5, 5.º B.
28041 Madrid.
Tel.: 913 69 86 54.

Correo electrónico: amanvic@eresmas.com

Recibido: 29-IV-2002.

Aceptado: 12-VI-2002.

INTERCHANGEABILITY OF THE FAT-TO-FAT-FREE MASS RATIOS OBTAINED BY ARM ANTHROPOMETRIC MEASURES, SKINFOLD THICKNESS AND BIOELECTRICAL IMPEDANCE

Abstract

Background: Body fat, fat free mass and the relationship between both, the fat-to-fat-free mass ratio are useful parameters in the nutritional evaluation of the patient. The aim of this study is to evaluate the degree of agreement among the fat-to-fat-free mass ratios obtained by arm anthropometric measures (fat-muscle index, FMI), Siri equation for the sum of four skinfold thickness (body fat-muscle index, BFMI_{Siri}) and triceps skinfold (BFMI_{triceps}) and bioelectrical impedance (BFMI_{Omron}) methods.

Methods: This is a cross-sectional study. A total of 145 patients were evaluated by anthropometry and bioelectrical impedance (Omron BF 300), being estimated the agreement through the Intraclass Correlation Coefficient (ICC) and Bland-Altman method. The reference method was BFMI_{Siri}.

Results: The ICC between BFMI_{Siri} - BFMI_{triceps} were 0,9304 (0,9035; 0,9498), between BFMI_{Siri} - FMI of 0,7726 (0,6846; 0,8361) and between BFMI_{Siri} - BFMI_{Omron} of 0,9114 (0,8771; 0,9361). BFMI_{triceps} (limits of agreement -0,171 to 0,117) show the best agreement according to Bland-Altman analysis with BFMI_{Siri}, followed by BFMI_{Siri} - BFMI_{Omron} (-0,186; 0,178). The agreement limits between FMI and BFMI_{Siri} (-0,2; 0,42), BFMI_{triceps} (-0,26; 0,42) or BFMI_{Omron} (-0,292; 0,504) were beyond of the established cut-off points (-0,2; 0,2).

Conclusions: Due to the nature of the statistical agreement BFMI_{triceps} and BFMI_{Omron} are methods interchangeable between them and with BFMI_{Siri}. FMI is not interchangeable with BFMI_{Siri}, BFMI_{Omron} or BFMI_{triceps}. These results suggest that FMI cannot estimate properly the body composition. BFMI_{triceps} and BFMI_{Omron} are valid alternative methods to be used instead BFMI_{Siri} in the fat-to-fat-free mass ratio assessment.

(Nutr Hosp 2003, 18:77-86)

Keywords: Anthropometry. Bioelectrical impedance. Body fat. Body composition. Fat-to-fat-free mass ratio. Skinfold thickness.

Introducción

El índice adiposo-muscular (IAM) fue propuesto por Alastrué y cols. en 1982 para evaluar el estado nutricional¹⁻³ a partir de las áreas adiposa y muscular del brazo, siendo aplicado fundamentalmente en la valoración de la obesidad, campo en el que ha permanecido relegado en un segundo plano por las ventajas que ofrece el IMC. Sin embargo, la creciente importancia de la valoración de la composición corporal tanto para la evaluación nutricional como del riesgo metabólico-cardiovascular y las limitaciones del IMC en la valoración de dicha composición^{4,5} han permitido que el índice adiposo-muscular salga de este encasillamiento. Más allá de la obesidad, la masa grasa y la masa libre de grasa y la relación entre ellas, es decir, el índice adiposo-muscular, han demostrado su utilidad en la valoración clínica de los pacientes⁶⁻⁹, incluyendo el riesgo metabólico-cardiovascular¹⁰⁻¹²; en la evaluación de la capacidad de resistencia al ejercicio en personas sanas¹³ y en deportistas de élite¹⁴⁻¹⁹; como factor pronóstico en la evolución de enfermedades crónicas (EPOC, cirrosis, etc.)^{16,17}; en el seguimiento del propio proceso de envejecimiento de nuestra especie^{18,19}, donde la mayor supervivencia va con frecuencia asociada a la relación entre estos parámetros^{20,21}; sin olvidar su utilidad en la evaluación de la desnutrición⁵ y, por último, su posible papel como parámetro de apoyo en la toma de decisiones clínicas en personas con IMC normal o sobrepeso⁸.

El índice adiposo-muscular también puede ser calculado, como sugieren diversos autores²², estimando la grasa corporal total y calculando la masa libre de grasa como la diferencia entre la grasa corporal y el peso corporal del sujeto, obteniéndose en este caso el índice adiposo-muscular corporal (IAMC). A su vez, la masa grasa corporal puede ser estimada por diferentes técnicas, por lo que son necesarios estudios que analicen la concordancia entre estos métodos en la estimación del índice adiposo-muscular.

El objetivo del presente estudio es medir el grado de acuerdo entre los índices adiposo-musculares calculados a partir de medidas antropométricas del brazo, de los pliegues cutáneos y por impedancia bioeléctrica, valorar su intercambiabilidad y señalar los más convenientes en la evaluación nutricional de una población adulta.

Material y métodos

Estudio descriptivo transversal realizado en los centros de salud Coronel de Palma y San Fernando de Móstoles. Siguiendo las recomendaciones de la Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (SEEDO)²³, el patrón de referencia es el porcentaje de grasa corporal estimado mediante la ecuación de Siri ($\%GC_{Siri}$) y, consecuentemente, el peso de grasa corporal (PGC_{Siri}), la masa libre de grasa (MLG_{Siri}) y el índice adiposo muscular ($IAMC_{Siri}$) obtenidos a partir de dicho porcentaje. Para calcular el tamaño de la mues-

tra se tomó como referente el estudio de Núñez y cols.²⁴ (desviación estándar para la ecuación de Siri 4,1%), realizado en población de la misma comunidad autónoma, obteniendo, para una precisión de \pm una unidad en porcentaje de grasa corporal y un intervalo de confianza del 95%, un tamaño muestral de 72. Para disminuir el error tipo II se incluyeron finalmente 145 personas sanas (83 varones, 62 mujeres), seleccionadas mediante petición de colaboración voluntaria entre la población que acude a consulta y el personal de los centros.

Peso y talla se midieron con el sujeto en ropa interior con una báscula-tallímetro Año-Sayol®, con una precisión de 100 g (peso) y 1 mm (talla). La circunferencia de la cintura se midió con una cinta métrica flexible MASS® (precisión 1 mm) en el momento de vacío entre el final de la espiración y el comienzo de la inspiración de una respiración normal, en el punto medio entre el borde inferior de la décima costilla y la cresta ilíaca (espina ilíaca anterosuperior). Los pliegues cutáneos (tríceps, bíceps, subescapular y supra-ilíaco) se midieron por triplicado por el mismo observador con un plicómetro Levetta Project® (precisión 0,5 mm), siguiendo los criterios de Durnin²⁵, calculándose la densidad corporal utilizando los coeficientes C y M específicos para cada grupo de edad en cada sexo, tanto para la suma de los cuatro pliegues como para el pliegue del tríceps (tabla I); los porcentajes de grasa corporal obtenidos con la ecuación de Siri²⁶ se transformaron en peso de grasa corporal (PGC_{Siri} y $PGC_{triceps}$ tabla II), calculándose a partir de ellos los índices adiposo-musculares corporales para la ecuación de Siri para cuatro pliegues ($IAMC_{Siri}$) y para el pliegue del tríceps ($IAMC_{triceps}$). Se midió además la circunferencia del brazo, con los mismos criterios que el pliegue del tríceps, y se calcularon (tabla II) el perímetro muscular del brazo, las áreas muscular y adiposa del brazo y el índice adiposo muscular del brazo (IAM).

El peso de grasa corporal por impedancia bioeléctrica se obtuvo con el monitor OMRON BF 300® (OMRON Matsukasa Co. LTD, Japón), validado frente a densitometría²⁷ y pliegues cutáneos²⁸, que mide la impedancia de brazo a brazo a lo largo de la cintura escapular, en la parte superior del tronco²⁹. Las determinaciones se realizaron siguiendo las recomendaciones del fabricante, por triplicado y con un minuto de separación entre ellas, en ropa interior, con al menos cuatro horas de ayuno y sin haber realizado ejercicio en las doce horas previas. A partir del peso de grasa corporal obtenido por impedancia se calculó (tabla II) el índice adiposo muscular ($IAMC_{Omron}$).

El procesamiento y análisis de los datos se realizó con el paquete estadístico SPSS para Windows® (versión 10.0.7; SPSS Inc. Chicago, EE.UU.). La metodología seguida fue: 1) se obtuvo la media, desviación estándar y rango de las medidas antropométricas; 2) se calculó el coeficiente de correlación de Pearson entre los índices adiposo-musculares obtenidos y el

Tabla I
Coefficientes C y M para el pliegue del tríceps y para la suma de los cuatro pliegues recogidos en las tablas de Durnin y Womersley²⁵

Varones						
Edad		17-19	20-29	30-39	40-49	50+
Pliegue del tríceps	C	1,1252	1,1131	1,0834	1,1041	1,1027
	M	0,0625	0,0530	0,0361	0,0609	0,0662
Suma cuatro pliegues	C	1,1620	1,1631	1,1422	1,1620	1,1715
	M	0,0630	0,0632	0,0544	0,0700	0,0779
Mujeres						
Edad		16-19	20-29	30-39	40-49	50+
Pliegue del tríceps	C	1,1159	1,1319	1,1176	1,1121	1,1160
	M	0,0648	0,0776	0,0686	0,0691	0,0762
Suma cuatro pliegues	C	1,1549	1,1599	1,1423	1,1333	1,1339
	M	0,0678	0,0717	0,0632	0,0612	0,0645

Tabla II
Parámetros antropométricos valorados y abreviaturas. Unidades y ecuaciones utilizadas para su determinación

Parámetro	Unidad
Talla	m
Peso corporal (PC)	kg
Índice de masa corporal (IMC) = peso/talla ²	m/kg ²
Pliegue cutáneo tríceps no dominante (PT)	mm
Pliegue cutáneo bíceps no dominante	mm
Pliegue cutáneo subescapular no dominante	mm
Pliegue cutáneo supraíliaco no dominante	mm
Suma de los cuatro pliegues (Σ 4P)	mm
Circunferencia del brazo (CB)	cm
Perímetro muscular del brazo: (PMB) = CB - (3,14 · PT)	cm
Área muscular del brazo: (AMB) = (PMB) ² /(4 · 3,14)	cm ²
Área adiposa del brazo (AAB) = PT en cm · (CB/2) - [(3,14 · (PT en cm) ²)/4]	cm ²
Índice adiposo muscular del brazo: (IAM) = AAB/AMB	
Densidad corporal con la suma de cuatro pliegues: $D = C - M \times \log_{10} \Sigma 4P$	
Porcentaje de grasa corporal con la ecuación de Siri: $\% GC_{Siri} = [(4,95/D) - 4,5] \times 100$	%
Peso de grasa corporal a partir de los cuatro pliegues: $PGC_{Siri} = (\%GC_{Siri} \cdot PC)/100$	kg
Masa libre de grasa a partir de los cuatro pliegues: $MLG_{Siri} = PC - PGC_{Siri}$	kg
Índice adiposo muscular corporal para la suma de cuatro pliegues: $IAMC_{Siri} = PGC_{Siri}/MLG_{Siri}$	
Densidad corporal con el pliegue del tríceps: $D_1 = C - M \times \log_{10} PT$	
Porcentaje de grasa corporal con la ecuación de Siri para el PT: $\% GC_{Siri-triceps} = [4,95/D_1 - 4,5] \times 100$	%
Peso de grasa corporal a partir del pliegue del tríceps: $PGC_{Siri-triceps} = (\%GC_{Siri-triceps} \cdot PC)/100$	kg
Masa libre de grasa a partir del pliegue del tríceps: $MLG_{Siri-triceps} = PC - PGC_{Siri-triceps}$	kg
Índice adiposo muscular corporal para el PT: $IAMC_{Siri-triceps} = PGC_{Siri-triceps}/MLG_{Siri-triceps}$	
Porcentaje de grasa corporal por impedancia bioeléctrica: $\%GC_{Omron}$	%
Peso de grasa corporal por impedancia bioeléctrica: PGC_{Omron}	kg
Masa libre de grasa por impedancia bioeléctrica: $MLG_{Omron} = PC - PGC_{Omron}$	kg
Índice adiposo muscular corporal por impedancia bioeléctrica: $IAMC_{Omron} = PGC_{Omron}/MLG_{Omron}$	

IMC, la circunferencia de la cintura, la circunferencia del brazo y el porcentaje de grasa corporal estimado con la ecuación de Siri, y 3) mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors se determinó la distribución normal de las diferencias de índice adiposo-muscular entre métodos. Las me-

dias de índice adiposo-muscular se contrastaron mediante el análisis de la varianza de una vía o la prueba de la *t* de Student para datos apareados. El límite de significación estadística fue $p < 0,05$.

Para valorar la concordancia se utilizaron el coeficiente de correlación intraclase (CCI), modelo de

efectos aleatorios³⁰, estableciendo como concordancia buena que el límite inferior del intervalo de confianza sea mayor de 0,75, y el método de Bland y Altman³¹. Al no existir acuerdo establecido por grupos de consenso sobre qué límites deben sobrepasar las diferencias de índice adiposo-muscular para comenzar a ser consideradas como clínicamente relevantes o qué valores de diferencia indican un acuerdo “bueno” o “excelente”, se tomó como referencia el rango que puede adoptar el índice adiposo-muscular (de 0 a 2) y la variabilidad entre técnicas que clínicamente parece asumible para establecer los criterios clínicos de valoración del grado de acuerdo con el método de Bland y Altman³¹ (tabla III).

Resultados

Siguiendo la metodología previa, se presentan desglosados en tres apartados.

1. Datos antropométricos de los participantes

Se recogen en la tabla IV. Las diferencias en edad e IMC entre varones (38,6 ± 12,6 años y 26,7 ± 3,8 respectivamente) y mujeres (37,3 ± 11,3 años y 25,4 ± 5,4) no fueron significativas. La circunferencia, el perímetro muscular y el área muscular del brazo fueron mayores en los varones, indicando la presencia de una mayor masa muscular, mientras que las mujeres tienen mayor cantidad de grasa que los varones. Tanto en varones como en mujeres el índice adiposo-muscular más elevado se obtiene a partir de las áreas muscular y adiposa del brazo (IAM), mientras que el menor valor se obtiene a partir de la ecuación de Siri para cuatro pliegues en los varones (IAMC_{Siri}) y por bioimpedanciometría en las mujeres (IAMC_{Omron}). Las diferencias entre IAMC_{Omron} e IAMC_{Siri} no fueron significativas, mientras que sí lo fueron las diferencias entre el resto de índices adiposo-musculares y la técnica pa-

trón, IAMC_{Siri} (p < 0,001), así como entre IAMC_{Omron} e IAMC_{triceps} o IAM y entre IAMC_{triceps} e IAM.

2. Correlación entre parámetros

A nivel global, el coeficiente de correlación entre índices adiposo-musculares respecto a la técnica patrón, IAMC_{Siri}, fue mayor de 0,8. El índice adiposo-muscular que presentó una asociación más intensa con el porcentaje de grasa corporal estimado con la ecuación de Siri (%GC_{Siri}) fue IAMC_{triceps} (r = 0,932, p < 0,01) en los varones e IAMC_{Siri} (r = 0,951; p < 0,01) en las mujeres, mientras que entre IAM y %GC_{Siri} se observó la menor correlación, tanto en varones (r = 0,585; p < 0,01) como en mujeres (r = 0,615; p < 0,01), tabla V.

Respecto al IMC, en los varones la asociación fue más intensa con IAMC_{Siri} (r = 0,800; p < 0,01) y en las mujeres con IAMC_{Omron} (r = 0,931; p < 0,01), presentando el IAM la menor correlación con el IMC en varones (r = 0,543; p < 0,01) y mujeres (r = 0,441; p < 0,01).

Con relación a la circunferencia de la cintura, el IAMC_{Omron} fue el índice adiposo-muscular que mejor correlacionó con este parámetro tanto en varones (r = 0,869; p < 0,01) como en mujeres (r = 0,886; p < 0,01) y el IAM el que presentó una menor correlación (r = 0,536; p < 0,01 en varones y r = 0,347; p < 0,01 en mujeres). Por último, la circunferencia del brazo presentó una mayor correlación tanto en varones (r = 0,753; p < 0,01) como en mujeres (r = 0,853; p < 0,01) con el IAMC_{Siri}.

3. Análisis de la concordancia entre índices adiposo-musculares mediante el coeficiente de correlación intraclase y el método de Bland y Altman

En la tabla VI se recogen los resultados respecto a la técnica patrón, IAMC_{Siri}. El límite inferior del intervalo de confianza al 95% del coeficiente de correlación intraclase entre IAMC_{Siri} e IAMC_{triceps}, entre IAMC_{Siri} e IAMC_{Omron} y entre IAMC_{triceps} e IAMC_{Omron} (CCI 0,9284; intervalo de confianza al 95% 0,9007-0,9484) se situó por encima de 0,75, límite establecido para considerar el acuerdo como bueno. Sin embargo, entre IAM e IAMC_{Siri}, entre IAM e IAMC_{triceps} (CCI 0,7664; intervalo 0,6732-0,8302) y entre IAM e IAMC_{Omron} (CCI 0,6699; intervalo 0,5420-0,7621) dicho límite inferior quedó situado por debajo de 0,75, resultado que, con la excepción de IAM-IAMC_{Siri} en los varones (CCI 0,8559; intervalo 0,7776-0,9067), se mantiene en ambos sexos. El mayor grado de acuerdo con el CCI lo consiguen IAMC_{Siri} e IAMC_{triceps}, tanto en varones como en mujeres.

Con el método de Bland y Altman (fig. 1, tabla VI) el mayor grado de acuerdo se observó también entre IAMC_{Siri} e IAMC_{triceps}, al mostrar el intervalo de

Tabla III

Criterios clínicos para la valoración con el método de Bland y Altman de la concordancia entre diferentes métodos que miden el índice adiposo muscular

Criterios de valoración del grado de acuerdo con el método de Bland y Altman			
Grado de acuerdo	Diferencia entre técnicas ¹	Límite superior para el intervalo de concordancia	Límite inferior para el intervalo de concordancia
Excelente	≤ 5%	+ 0,1	- 0,1
Bueno	> 5% y ≤ 10%	+ 0,2	- 0,2
Regular	> 10% y ≤ 15%	+ 0,3	- 0,3
Malo	> 15%	Excede de + 0,3	Excede de - 0,3

¹ Diferencia en relación con el rango de valores que puede adoptar el índice adiposo muscular (de 0 a 2).

Tabla IV
Datos antropométricos de los sujetos incluidos en el estudio

<i>Datos antropométricos</i>			
	<i>Total</i>	<i>Varones</i>	<i>Mujeres</i>
Número de sujetos	145	83	62
Edad (años)	38,1 ± 12,1 (16-62)	38,6 ± 12,6 (17-62)	37,3 ± 11,3 (16-60)
Peso (kg)	72,86 ± 14,2 (41-115,5)	79,6 ± 11,4 (58,2-115,5)	63,8 ± 12,6 (41-94,4)
Talla (cm)	166,9 ± 9,7 (143,6-190)	172,8 ± 7,14 (150-190)	158,9 ± 6,3 (143,6-171,3)
IMC	26,1 ± 4,6 (15,5-38,6)	26,7 ± 3,8 (19,1-38,5)	25,4 ± 5,4 (15,5-38,6)
Circunferencia de la cintura (cm)	89,1 ± 13,9 (59,6-127,0)	95,1 ± 10,9 (73,6-127,0)	81,2 ± 13,6 (59,6-124,0)
Circunferencia del brazo (cm)	29,3 ± 4,1 (19,7-40,3)	30,5 ± 2,9 (23,4-40,3)	27,6 ± 4,8 (19,7-37,2)
Perímetro muscular del brazo (cm)	24,4 ± 3,8 (15,3-33,5)	26,7 ± 2,1 (22,1-33,5)	21,3 ± 3,3 (15,3-27,5)
Área muscular del brazo (mc ²)	48,6 ± 14,2 (18,6-89,4)	57,1 ± 9,3 (39-89,4)	37,2 ± 11,3 (18,6-60,1)
Área adiposa del brazo (cm ²)	21 ± 11 (2,5-55,2)	17,6 ± 9,1 (2,5-55,2)	25,5 ± 11,8 (6,5-51,4)
Índice adiposo muscular a partir de las áreas del brazo (IAM)	0,4686 ± 0,2616 (0,05-1,36)	0,3099 ± 0,1555 (0,05-0,96)	0,6810 ± 0,2211 (0,27-1,36)
Σ ₄ pliegues (mm)	59,4 ± 25,2 (11-124,5)	54,2 ± 22,2 (11-122,5)	66,2 ± 27,5 (19,8-124,5)
Peso de grasa corporal con la ecuación de Siri para cuatro pliegues (PGC _{Siri})	18,822 ± 7,6 (0,24-39,25)	17,559 ± 7,1 (0,24-39,25)	20,513 ± 7,9 (6,3-38,13)
Índice adiposo muscular corporal con la ecuación de Siri (IAMC _{Siri})	0,3584 ± 0,1498 (0,00-0,72)	0,2798 ± 0,1009 (0,00-0,53)	0,4637 ± 0,1402 (0,18-0,72)
Pliegue del tríceps (mm)	15,5 ± 7,2 (2,0-32,3)	12,1 ± 5,6 (2,0-31,2)	20,1 ± 6,7 (7,0-32,3)
Peso de grasa corporal con la ecuación de Siri para el pliegue del tríceps (PGC _{Siri-triceps})	19,841 ± 7,3 (3,56-41,17)	18,944 ± 6,9 (3,56-40,05)	21,040 ± 7,7 (6,24-41,17)
Índice adiposo muscular corporal con Siri-tríceps (IAMC _{Siri-triceps})	0,3854 ± 0,1491 (0,06-0,79)	0,3122 ± 0,1068 (0,06-0,59)	0,4834 ± 0,1418 (0,17-0,79)
Peso de grasa corporal por impedancia bioeléctrica con el monitor Omron (PGC _{Omron})	18,896 ± 8,2 (2,6-41,8)	17,759 ± 7,4 (2,6-41,5)	20,417 ± 8,9 (2,9-41,8)
Índice adiposo muscular con Omron (IAMC _{Omron})	0,3623 ± 0,1682 (0,04-0,82)	0,2873 ± 0,1150 (0,04-0,62)	0,4626 ± 0,1764 (0,07-0,82)

Media ± desviación estándar. Entre paréntesis, intervalo. PGC: peso de grasa corporal.

concordancia mas estrecho (0,117; -0,171). También consiguen el grado de acuerdo bueno IAMC_{triceps}-IAMC_{Omron} (media de las diferencias 0,023; intervalo de concordancia entre 0,18 y -0,135) e IAMC_{Siri}-IAMC_{Omron}. Al valorar el grado de acuerdo entre el índice adiposo-muscular obtenido a partir de las áreas del brazo (IAM) y el resto de índices adiposo-musculares se observaron unos límites de concordancia superiores de 0,42, 0,42 y 0,50 e inferiores de -0,2, -0,26 y -0,29 frente a IAMC_{Siri}, IAMC_{triceps} e IAMC_{Omron}, respectivamente, que exceden los establecidos para clasificar la concordancia como buena (intervalo con límite superior 0,2 y límite inferior -0,2), presentando nuevamente los varones resultados más próximos

a los valores que permiten establecer que existe concordancia entre técnicas.

La diferencia entre IAM y el resto de índices adiposo-musculares se hace más acusada a medida que aumenta el IAM y se atenúa con la edad (fig. 2), no influyendo el IMC o el porcentaje de grasa corporal, mientras que con relación a los parámetros que intervienen en el cálculo del IAM se observa que la diferencia no aumenta al aumentar la circunferencia del brazo, pero sí lo hace al aumentar el pliegue del tríceps, resultado que es independiente del sexo. Sin embargo, cuando comparamos IAMC_{triceps} con IAMC_{Omron} o con IAMC_{Siri} observamos que las diferencias no aumentan al aumentar el pliegue del tríceps (fig. 3).

Tabla V
Coefficientes de correlación de Pearson entre el porcentaje de grasa corporal estimado con la técnica patrón (%GC_{Siri}), el IMC y las circunferencias de la cintura y del brazo y los índices adiposo-musculares

Coefficientes de correlación de Pearson				
Varones	IAM	IAM _{Siri}	IAMC _{Siri-triceps}	IAMC _{Omron}
%GC _{Siri}	0,585**	0,865**	0,932**	0,845**
IMC	0,543**	0,800**	0,730**	0,797**
Circunferencia de la cintura	0,536**	0,784**	0,813**	0,869**
Circunferencia del brazo	0,563**	0,753**	0,562**	0,477**
Mujeres	IAM	IAMC _{Siri}	IAMC _{Siri-triceps}	IAMC _{Omron}
%GC _{Siri}	0,615**	0,951**	0,928**	0,882**
IMC	0,441**	0,868**	0,809**	0,931**
Circunferencia de la cintura	0,347**	0,811**	0,784**	0,886**
Circunferencia del brazo	0,423**	0,853**	0,831**	0,812**

** p < 0,01.

Discusión

Todas las técnicas analizadas en este estudio realizan una estimación indirecta de los parámetros necesarios para calcular el índice adiposo-muscular, limitación frecuente cuando se pretende evaluar la composición corporal³²⁻³⁴ y que no impide que figuren como patrón de referencia o de contraste en numerosos estudios. Por otro lado y con la excepción de la técnica patrón, todas realizan una evaluación de la misma zona corporal, los brazos, y parte de ellas comparten parámetros antropométricos, lo que favorece la comparación de los resultados y el análisis de las posibles diferencias entre ellas. Respecto a los índices adiposo-musculares corporales, el peso corporal se comporta como una constante en su cálculo, por lo que no influye en los resultados.

La valoración de la concordancia entre técnicas efectuada mediante el coeficiente de correlación intraclass y el método de Bland y Altman ofrece en este estudio resultados equiparables, que establecen que en este grupo de población el grado de acuerdo alcanzado entre los índices adiposo-musculares IAMC_{Siri}, IAMC_{triceps} e IAMC_{Omron} permite su intercambiabilidad, mientras que el índice adiposo-muscular obtenido a partir de las áreas adiposa y muscular del brazo (IAM) no puede ser considerado como una alternativa válida, al ofrecer un valor más elevado que IAMC_{Siri}, IAMC_{triceps} o IAMC_{Omron}, sobre todo en mujeres.

En el cálculo del IAM intervienen el pliegue del tríceps y la circunferencia del brazo. El diferente comportamiento observado con el pliegue del tríceps cuando se compara el IAMC_{triceps} obtenido en exclusi-

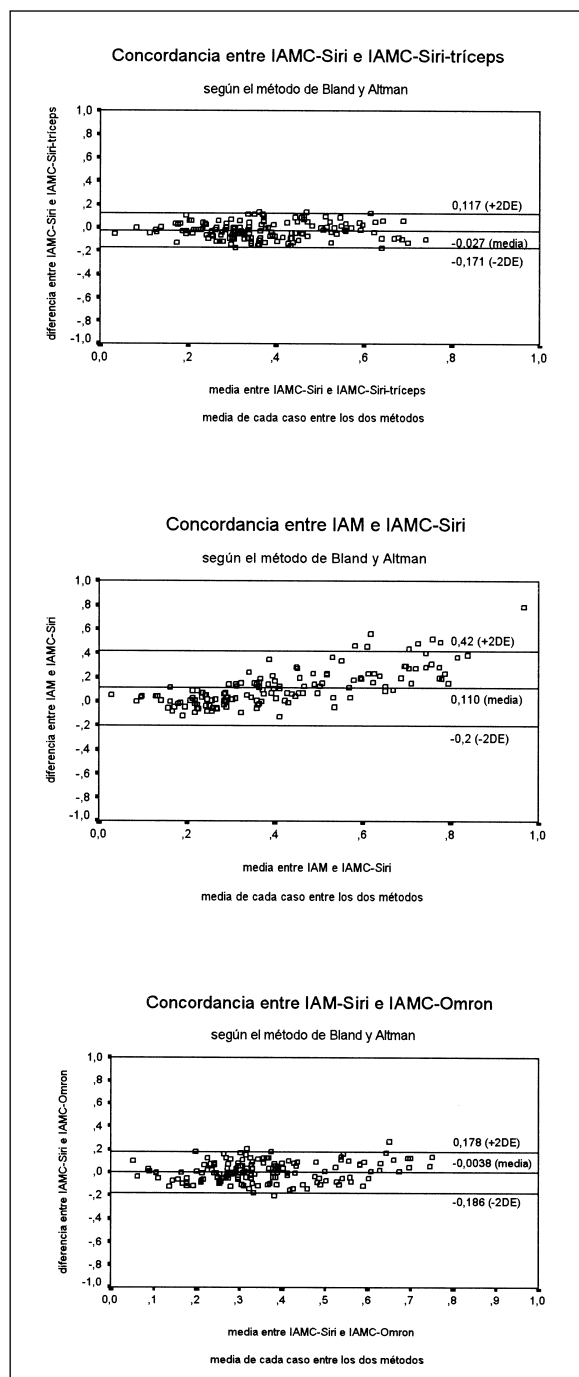


Fig. 1.—Valoración mediante el método de Bland y Altman de la concordancia entre los índices adiposo-musculares obtenidos a partir de las áreas muscular y adiposa del brazo (IAM), de la ecuación de Siri para el pliegue del tríceps (IAMC_{Siri-triceps}) y por impedancia bioeléctrica (IAMC_{Omron}) y la técnica patrón, la ecuación de Siri para cuatro pliegues (IAMC_{Siri}).

va a partir de dicho pliegue, con el resto de índices adiposo-musculares, frente a cuando se compara el IAM, permite establecer que el tratamiento que se da a éste parámetro en las ecuaciones utilizadas influye en el resultado. Respecto al papel de la circunferencia del brazo, para un mismo pliegue del tríceps al aumentar la circunferencia del brazo el área muscular se

Tabla VI

Valoración de la concordancia entre el índice adiposo-muscular corporal obtenido a partir de las áreas adiposa y muscular del brazo (IAM), el índice adiposo-muscular calculado a partir del peso de grasa corporal obtenido con la ecuación de Siri para el pliegue del tríceps ($IAMC_{Siri-triceps}$) y el índice adiposo-muscular obtenido por impedancia bioeléctrica ($IAMC_{Omron}$) y la técnica patrón, el índice adiposo-muscular obtenido a partir de la suma de cuatro pliegues cutáneos y la ecuación de Siri ($IAMC_{Siri}$).

Valoración del grado de acuerdo mediante CCI y método de Bland-Altman

Técnicas comparadas	CCI (IC 95%)	Media de las diferencias ¹	t/test (dif = 0) ^{1,2}	Límites de concordancia ¹ DE ¹ Superior Inferior		Intervalo de concordancia ¹
<i>Global</i>						
IAM-IAMC _{Siri}	0,7726 (0,6846-0,8361)	0,11 (0,08478; 0,1356)	0,0001	0,155	0,42	- 0,2 0,62
IAMC _{Siri} -IAMC _{Siri-triceps}	0,9304 (0,9035-0,9498)	- 0,0270 (- 0,0388; - 0,0152)	0,0001	0,0719	0,117	- 0,171 0,288
IAMC _{Siri} -IAMC _{Omron}	0,9114 (0,8771-0,9361)	- 0,0038 (- 0,01878; - 0,0111)	0,614	0,091	0,178	- 0,186 0,364
<i>Mujeres</i>						
IAM-IAMC _{Siri}	0,3536 (- 0,0700-0,6099)	0,217 (0,177; 0,258)	0,0001	0,159	0,535	- 0,101 0,636
IAMC _{Siri} -IAMC _{Siri-triceps}	0,9293 (0,8830-0,9574)	- 0,0198 (- 0,038; - 0,0019)	0,0308	0,0704	0,121	- 0,1606 0,2816
IAMC _{Siri} -IAMC _{Omron}	0,9064 (0,8451-0,9435)	0,001 (- 0,028; - 0,025)	0,928	0,094	0,189	- 0,187 0,376
<i>Varones</i>						
IAM-IAMC _{Siri}	0,8559 (0,7776-0,9067)	0,030 (0,0106; 0,0496)	0,0029	0,08915	0,208	- 0,148 0,356
IAMC _{Siri} -IAMC _{Siri-triceps}	0,8335 (0,7430-0,8922)	- 0,0323 (- 0,048; - 0,016)	0,0001	0,07294	0,1136	- 0,1782 0,2918
IAMC _{Siri} -IAMC _{Omron}	0,7955 (0,6843-0,8676)	- 0,007 (- 0,027; 0,012)	0,447	0,0893	0,171	- 0,185 0,356

CCI: coeficiente de correlación intraclase. IC 95%: intervalo de confianza al 95%, entre paréntesis.

¹ Método de Bland y Altman: media de las diferencias (entre paréntesis, intervalo de confianza al 95%), t-test, desviación estándar (DE) de las diferencias, intervalo de concordancia y límites de concordancia entre las técnicas de estimación del índice adiposo muscular analizadas.

² Valor de p con el t-test de una vía para H₀: media de diferencias = 0.

incrementa en mayor medida que el área adiposa, con lo que el IAM será menor, influyendo con ello en el resultado, ya que las diferencias entre el IAM y los restantes índices son menores cuanto menor es el IAM.

Estos dos factores, valor del pliegue del tríceps y valor de la circunferencia del brazo, explican las diferencias entre varones y mujeres, ya que los varones presentan un menor pliegue del tríceps que las mujeres y una mayor circunferencia del brazo, por lo que en ellos las diferencias entre el IAM y el resto de índices adiposo-musculares son menores.

Resultados similares se observan en diversos estudios^{1-3, 35}, presentando las mujeres valores del pliegue del tríceps más elevados que los varones a cualquier edad y que, a diferencia de éstos, se incrementan progresivamente desde los 20 a los 60 años, aumentando también el área adiposa del brazo, aunque en mayor medida que el pliegue del tríceps (un 14,31%)². La di-

ferencia de aumento entre el pliegue del tríceps y el área adiposa del brazo pone de manifiesto que la circunferencia del brazo aumenta con la edad en las mujeres y este aumento afecta no sólo al cálculo del área adiposa sino también y en mayor medida al cálculo del área muscular y podría explicar porqué las diferencias entre el IAM y el resto de técnicas disminuyen con la edad, al ser menor el peso específico del pliegue del tríceps y mayor el de la circunferencia y la paradoja de que en las mujeres el área muscular aumenta con la edad.

Por último, considerando que el área muscular del brazo sobrestima en un 15-25% la masa muscular³⁶ y que aplicando los factores correctores sugeridos para su cálculo el IAM es mayor, las diferencias frente al resto de índices aumentan.

Como resumen, en este grupo de población y de forma más acusada en las mujeres el índice adiposo-muscular calculado a partir de las áreas adiposa y

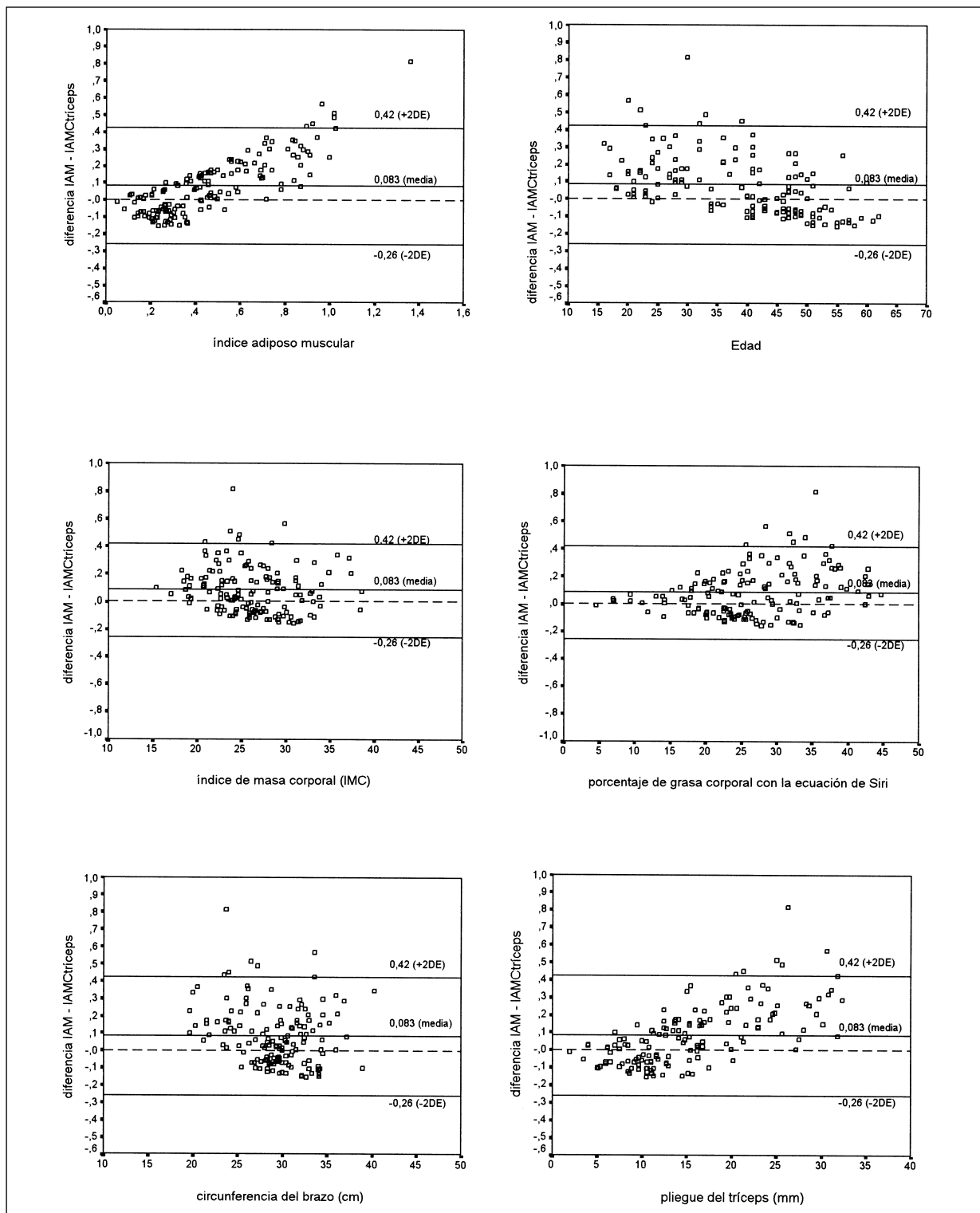


Fig. 2.—Influencia de las variables índice adiposo-muscular, edad, IMC, porcentaje de grasa corporal, circunferencia del brazo y pliegue del tríceps en la diferencia observada entre el índice adiposo-muscular obtenido a partir de las áreas muscular y adiposa del brazo y el índice adiposo-muscular obtenido a partir de la ecuación de Siri para el pliegue del tríceps.

muscular del brazo (IAM) sobrestima el resultado con relación a los índices adiposo-musculares obtenidos con la ecuación de Siri para cuatro pliegues, la ecuación de Siri para el pliegue del tríceps y por bioimp-

danciometría, no siendo intercambiable con ellos. La ecuación utilizada para calcular el índice adiposo-muscular, la presencia de un segundo parámetro antropométrico en el cálculo (la circunferencia del brazo)

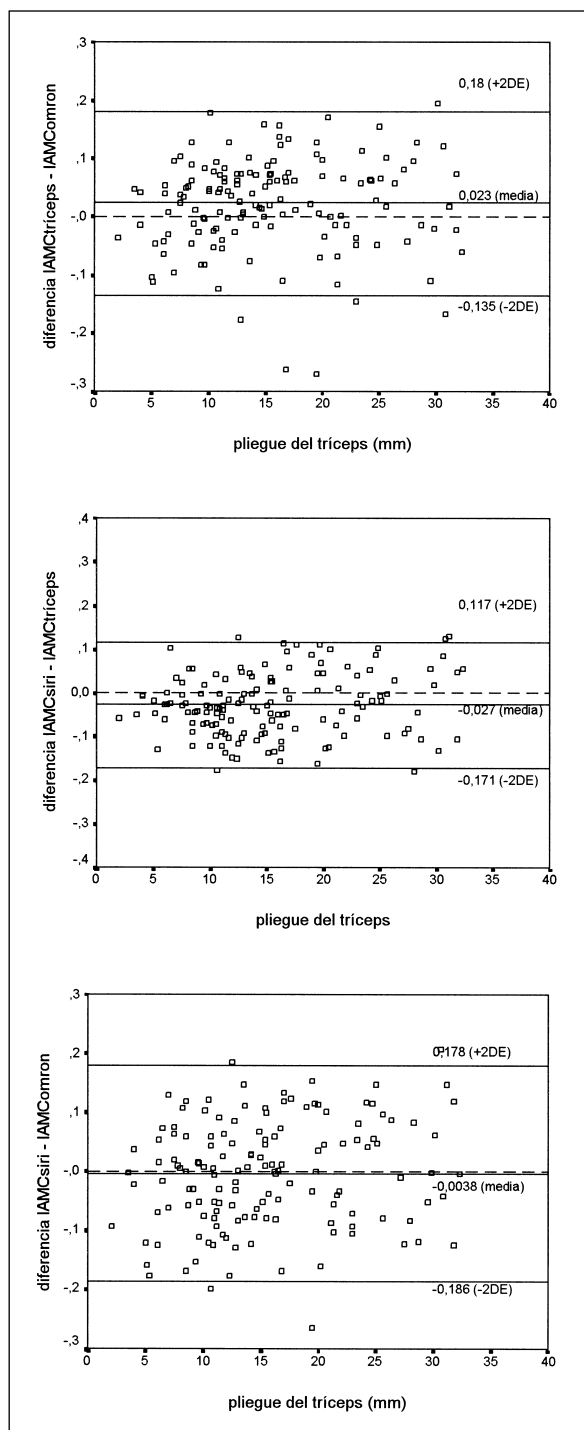


Fig. 3.—Influencia del pliegue del tríceps en las diferencias entre $IAMC_{triceps} - IAMC_{Omron}$, $IAMC_{Siri} - IAMC_{triceps}$ e $IAMC_{Siri} - IAMC_{Omron}$

y factores constitucionales relacionados con la edad y el sexo justificarían las diferencias observadas, en las que no influiría el IMC o el porcentaje de grasa corporal del sujeto. Este resultado sugiere que al menos en las mujeres el IAM no refleja adecuadamente la composición corporal, hecho que es independiente del IMC o del porcentaje de grasa corporal y que justificaría la menor correlación del IAM respecto al resto

de índices adiposo-musculares con el IMC, la circunferencia de la cintura y el porcentaje de grasa corporal, parámetros asociados al riesgo metabólico y cardiovascular, limitando su utilidad tanto en la evaluación clínica del paciente como en estudios epidemiológicos.

Entre las técnicas que alcanzan el grado de acuerdo bueno, la determinación de $IAMC_{triceps}$ requiere un menor número de pasos que $IAMC_{Siri}$ y posibilita disponer a nivel clínico de una herramienta más asequible para calcular este parámetro, dentro de las limitaciones inherentes a la medición de los pliegues cutáneos³⁷. También es una alternativa válida la estimación del índice adiposo-muscular a partir de los datos obtenidos por impedancia bioeléctrica con el monitor Omron BF 300, técnica cuya fiabilidad^{28, 38} y bajo coste hace previsible que se incorpore como herramienta de apoyo en la consulta^{39, 40}.

Referencias

- Alastrué A, Sitges A, Jaurrieta E y Sitges A: Valoración de los parámetros antropométricos en nuestra población. *Med Clin (Barc)*, 1982, 78:407-415.
- Alastrué A, Sitges A, Jaurrieta E y Sitges A: Valoración antropométrica del estado de nutrición. Normas y criterios de desnutrición y obesidad. *Med Clin (Barc)*, 1983, 80:691-699.
- Alastrué A, Rull M, Camps I y Salvá JA: Nuevas normas y consejos en la valoración de los parámetros antropométricos en nuestra población: índice adiposo muscular, índices ponderales y tablas de percentiles de los datos antropométricos útiles en una valoración nutricional. *Med Clin (Barc)*, 1988, 91:223-236.
- Gartner A, Maire B, Traissac P, Massamba JP, Kameli Y, Keaudren V y Delpeuch F: Sensitivity and specificity of the body mass index to assess low percent body fat in African women. *Am J Human Biol*, 2000, 12:25-31.
- Kyle UG, Morabia A, Slosman DO, Mensi N, Unger P y Pichard C: Contribution of body composition to nutritional assessment at hospital admission in 995 patients: a controlled population study. *Br J Nutr*, 2001, 86:725-731.
- Santana H, Zoico E, Turcato E, Tosino P, Bissoli L, Olivieri M, Bosello O y Zamboni M: Relation between body composition, fat distribution, and lung function in elderly men. *Am J Clin Nutr*, 2001, 73 827-831.
- Cotes JE, Chinn DJ y Reed JW: Body mass, fat percentage, and fat free mass as reference variables for lung function: effects on terms for age and sex. *Thorax*, 2001, 56:839-844.
- Gilliat-Wimberly M, Manore MM, Woolf K, Swan PD y Carroll SS: Effects of habitual physical activity on the resting metabolic rates and body compositions of women aged 35 to 50 years. *J Am Diet Assoc*, 2001, 101:1181-1188.
- Neder JA, Lerario MC, Castro ML, Sachs A y Nery LE: Peak V02 correction for fat-free mass estimated by anthropometry and DEXA. *Med Sci Sport Exerc*, 2001, 33:1968-1975.
- Bella JN, Devereux RB, Roman MJ, O'Grady MJ, Welty TK, Lee ET, et cols.; cols; for the Strong Heart Study Investigators: Relations of left ventricular mass to fat-free mass and adipose body mass. *Circulation*, 1998, 98:2538-2544.
- Visser M, Langlois J, Guralnik JM, Cauley JA, Kronmal RA, Robbins J y cols.: High body fatness, but not low fat-free mass, predicts disability in older men and women: the Cardiovascular Health Study. *Am J Clin Nutr*, 1998, 68:584-590.
- Sun G, Gagnon J, Chagnon YC, Pérusse L, Després JP, Leon AS y cols.: Association and linkage between an insulin-like growth factor-1 gene polymorphism and fat free mass in the HERITAGE Family Study. *Int J Obes*, 1999, 23:929-935.
- Rump P, Verstappen F, Gerver WJ y Hornstra G: Body com-

- position and cardiorespiratory fitness indicators in prepubescent boys and girls. *Int J Sports Med*, 2002, 23:50-54.
14. Kyle UG, Gremion G, Genton L, Slosman DO, Golay A y Pichard C: Physical activity and fat-free and fat mass by bioelectrical impedance in 3853 adults. *Med Sci Sports Exerc*, 2001, 33:576-584.
 15. Hickner RC, Mehta PM, Dyck D, Devita P, Houmard JA, Koves T y Byrd P: Relationship between fat-to-fat-free mass ratio and decrements in leg strength after downhill running. *L Appl Physiol*, 2001, 90:1334-1341.
 16. De Miguel Díez J, Grau Carmona T e Izquierdo Alonso JL: Papel de la nutrición en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. *Med Clin (Barc)*, 1998, 110:307-316.
 17. Pirlich M, Schutz T, Spachos T, Ertl S, Weiss ML, Lochs H y Plauth M: Bioelectrical impedance analysis is a useful bedside technique to assess malnutrition in cirrhotic patients with and without ascites. *Hepatology*, 2000, 32:1208-1215.
 18. Kyle UG, Genton L, Hans D, Karsegard L, Slosman DO y Pichard C: Age-related differences in fat-free mass, skeletal muscle, body cell mass and fat mass between 18 and 94 years. *Eur J Clin Nutr*, 2001, 55:663-672.
 19. Kyle UG, Genton L, Hans D, Karsegard VL, Michel JP, Slosman DO y Pichard C: Total body mass, fat mass, fat-free mass, and skeletal muscle in older people: cross-sectional differences in 60-year-old persons. *J Am Geriatr Soc*, 2001, 49:1633-1640.
 20. Heitmann BL, Erikson H, Ellsinger BM, Mikkelsen KL y Larsson B: Mortality associated with body fat, fat-free mass and body mass index among 60-year-old Swedish men—a 22-year follow-up. The study of men born in 1913. *Int J Obes*, 2000, 24:33-37.
 21. Broadwin J, Goodman-Gruen D y Slymen D: Ability of fat and fat-free mass percentages to predict functional disability in older men and women. *J Am Geriatr Soc*, 2001, 49:1641-1645.
 22. Fleta Zaragoza J, Rodríguez Martínez G, Mur de Frenne L, Moreno Aznar L y Bueno Lozano M: Tendencia secular del tejido adiposo corporal en niños prepúberes. *An Esp Pediatr*, 2000, 52:116-122.
 23. Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (SEEDO). Consenso español 1995 para la evaluación de la obesidad y para la realización de estudios epidemiológicos. *Med Clin (Barc)*, 1996, 107:782-787.
 24. Núñez C, Carvajal A, Turrero E y Moreiras O: Contribución al estudio de la composición corporal de un grupo de mujeres jóvenes mediante análisis de impedancia bioeléctrica. *Nutr Hosp*, 1994, 9:262-267.
 25. Durnin JVGA y Womersley J: Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr*, 1974, 32:77-97.
 26. Siri WE: Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. En: Brozek J, Henschel A (eds.): *Techniques for measuring body composition*. Washington DC: National Academy of Sciences. Natural Resources Council, 1961: 223-244.
 27. Gibson AL, Heyward VH y Mermier CM: Predictive accuracy of Omron body logic analyzer in estimating relative body fat of adults. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 2000, 10:216-227.
 28. Martín Moreno V, Gómez Gandoy JB, Antoranz González MJ, Fernández Herranz S, Gómez de la Cámara A y de Oya Otero M: Validación del monitor de medición de la grasa corporal por impedancia bioeléctrica OMRON BF 300. *Aten Primaria*, 2001, 28:174-181.
 29. Bracco D, Thiébaud D, Chiolero RL, Landry M, Burckhardt P y Schutz Y: Segmental body composition assessed by bioelectrical impedance analysis and DEXA in humans. *J Appl Physiol*, 1996, 81:2580-2587.
 30. Fermanian J: Mesure de l'accord entre deux juges: cas quantitatif. *Rev Epidém Santé Publ*, 1984, 32:408-413.
 31. Bland JM y Altman DG: Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 1986, 1:307-310.
 32. Brodie D, Moscrip V y Hutcheon R: Body Composition Measurement: A Review of Hydrodensitometry, Anthropometry, and Impedance Methods. *Nutrition*, 1998, 14:296-310.
 33. Lukaski HC: Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. *Am J Clin Nutr*, 1987, 46:537-556.
 34. Ellis KJ: Human body composition: in vivo methods. *Phys Rev*, 2000, 80:649-680.
 35. Ricart W, González-Huix F, Conde V y Grup per l'Evaluació de la Composició Corporal de la Població de Catalunya. Girona. Valoración del estado de nutrición a través de la determinación de los parámetros antropométricos: nuevas tablas en la población laboral de Cataluña. *Med Clin (Barc)*, 1993, 100:681-691.
 36. Heymsfield SB, McManus C, Smith J, Stevens V y Nixon DW: Anthropometric measurements of muscle mass: revised equations for calculating bone-free arm muscle-area. *Am J Clin Nutr*, 1982, 36:680-690.
 37. Ulijaszczek SJ y Kerr DA: Anthropometric measurement error and the assessment of nutritional status. *Br J Nutr*, 1999, 82:165-177.
 38. Martín Moreno V, Gómez Gandoy JB y Antoranz González MJ: Medición de la grasa corporal mediante impedancia bioeléctrica, pliegues cutáneos y ecuaciones a partir de medidas antropométricas. Análisis comparativo. *Rev Esp Salud Pública*, 2001, 75:221-236.
 39. Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (SEEDO). Consenso SEEDO'2000 para la evaluación del sobrepeso y la obesidad y el establecimiento de criterios de intervención terapéutica. *Med Clin (Barc)*, 2000, 115:587-597.
 40. Martín Moreno V, Antoranz González MJ, Fernández Herranz S, Morales Barrios P y García González A: Factores clínicos y biológicos que influyen en la medición de la grasa corporal mediante bioimpedanciometría con el monitor Omron BF 300. *Endocrinología y Nutrición*, 2001, 48:259-265.