

Nutrición Básica

Técnicas analíticas en el estudio de la composición corporal. Antropometría frente a sistemas de bioimpedancia bipolar y tetrapolar

M. D. Marrodán Serrano¹, M. G. Santos Beneit¹, M. S. Mesa Santurino¹,
M. D. Cabañas Armesilla², M. González-Montero de Espinosa³,
J. L. Pacheco del Cerro⁴

Resumen

La finalidad de este trabajo es comparar métodos analíticos de composición corporal basados en antropometría por el método de Siri (1961) y bioimpedancia eléctrica (aparato tetrapolar modelo Holtain y bipolares OMRON BF-306 y báscula LAICA EP1340). Para ello se analizaron 105 sujetos de ambos sexos entre 17 y 32 años. Se calcularon los coeficientes de correlación de Spearman e intraclase y se aplicó el método de Bland-Altman (1986). La correlación entre métodos resulta mayor en varones así como para las variables peso graso y peso magro que para porcentaje de grasa. Los niveles de concordancia entre parámetros de composición corporal obtenidos por antropometría e impedancia son aceptables para recomendar los métodos BIA en estudios epidemiológicos de valoración nutricional. Sin embargo los resultados muestran ciertas diferencias individuales y sexuales, en particular para los monitores bipolares, cuya medida depende de la distribución de la grasa. Ello implica ciertas limitaciones para el uso de estos últimos en el diagnóstico clínico, al carecer de patrones o normas de

referencia que resulten apropiadas para cada población, sexo y edad. Por ello se considera muy conveniente la elaboración de estándares que puedan ofrecerse como referencia fiable y que se puedan aportar al profesional cuando usa cualquiera de los aparatos.

Palabras clave: Composición corporal. Antropometría. Bioimpedancia.

Summary

The aim of this study is to compare methods of body composition assessment based in anthropometry, using the Siri equation (1961), and electrical bioimpedance (tetrapolar system Holtain, and bipolar system OMRON BF-360 and LAICA EP1340 balance). Were analysed 105 individuals of both sexes, aged 17 to 32 years. Spearman and intraclass correlation coefficients were calculated, and was applied the Bland-Altman method (1986). Higher correlation is observed among methods in males and for fat mass and fat free mass than in percent body fat. The agreement between body composition parameters obtained by anthropometry and bioimpedance is acceptable for using BIA in epidemiological studies of nutritional status assessment. However, results show some individual and sex differences, especially with bipolar systems. The measure obtained by means of these devices depends of adiposity distribution. That situation involves several limitations for using bipolar systems in clinical diagnostic, because of

¹ DPTO. DE ZOOLOGÍA Y ANTROPOLOGÍA FÍSICA. FACULTAD DE BIOLOGÍA. UNIVERSIDAD COMPLUTENSE

² DPTO. DE ANATOMÍA Y EMBRIOLOGÍA II. FACULTAD DE MEDICINA. UNIVERSIDAD COMPLUTENSE

³ INSTITUTO DE ENSEÑANZA SECUNDARIA SANTA EUGENIA

⁴ DPTO. DE ENFERMERÍA. ESCUELA DE ENFERMERÍA, FISIOTERAPIA Y PODOLOGÍA. UNIVERSIDAD COMPLUTENSE

there are not appropriate references for each population, sex and age. For this reason, it has been considered convenient to make standards which may bring to professionals a good references for using them.

Key words: Body composition. Anthropometry. Bioimpedance.

Introducción

El análisis de la composición corporal constituye una parte fundamental en la valoración del estado nutricional de un individuo y consiste en el fraccionamiento de la masa total del cuerpo en sus distintos componentes principales. Dicho fraccionamiento permite cuantificar cada una de las fracciones, así como su variabilidad durante el crecimiento, con el estilo de vida o en diversas situaciones patológicas. Según el número de elementos en que se divide el peso total se han desarrollado ecuaciones que van desde el modelo más sencillo, bicompartimental o de dos componentes, que sólo considera masa grasa y masa magra, hasta los más complejos que distinguen hasta cinco o seis compartimentos (1-3). El método antropométrico es uno de los más habitualmente utilizados, debido a su carácter no invasivo así como a la relativa facilidad de obtención de los datos en el trabajo campo. En función del número de componentes a estimar, se utilizan no sólo las medidas de los pliegues cutáneos sino también diámetros, perímetros, peso y talla que se incluyen en las numerosas expresiones matemáticas que han sido desarrolladas con este propósito y que por lo general son específicas para cada población, sexo e intervalo de edad (4-6).

Por otra parte la bioimpedancia (BIA) es una técnica que se incorpora con posterioridad. Fue Nyboer en 1959 (7) el primero que estableció una relación entre la impedancia a través de tejidos biológicos y la composición de estos. Su fundamento reside en la distinta resistencia de los tejidos corporales al paso de una corriente eléctrica, en función de la cantidad y distribución de agua y electrolitos en los distintos compartimentos corporales (8). Los aparatos utilizados, ohmímetros, miden la resistencia y la reactancia parámetros a partir de los que se calcula la impedancia, cuyo valor se introduce en fórmulas matemáticas, teniendo en cuenta la edad, sexo, peso y talla. Este

procedimiento ha experimentado un gran desarrollo en los últimos años y hoy en día se dispone de aparatos sencillos de manejar, económicos y de fácil transporte que mediante un programa integrado calculan el porcentaje de grasa de forma inmediata. En comparación con la antropometría, las expresiones matemáticas que permiten conocer el porcentaje de grasa a partir del valor de bioimpedancia son más limitadas (9-11). No obstante, ya se cuenta con valores referenciales para un limitado número de poblaciones e intervalos de edad (12, 13).

Dado que antropometría y bioimpedancia constituyen dos métodos analíticos que parten de fundamentos muy diferentes, se plantea la necesidad de conocer hasta que punto, los resultados de ambos se encuentran correlacionados y en que medida pueden equipararse. En este sentido algunos investigadores insisten en la conveniencia de tener cautela en la interpretación de los resultados a efectos comparativos (11, 14, 15). Considerando este planteamiento, el objetivo del presente trabajo es establecer la concordancia existente entre los métodos analíticos de composición corporal fundamentados en antropometría y bioimpedancia eléctrica. Además contrastar los distintos aparatos de este último tipo cuyo uso se está generalizando en la valoración del estado nutricional ya que la composición corporal es una herramienta cada día mas presente no sólo en el ámbito poblacional sino también a nivel clínico (16-19). Se pretende conocer la fiabilidad de los nuevos procedimientos y, eventualmente, facilitar la comparación entre series analizadas por distintas técnicas.

Material y métodos

Muestra: 105 jóvenes universitarios, 29 varones y 76 mujeres de 17 a 32 años de edad, estudiantes de la Universidad Complutense de Madrid, de los que previamente se había obtenido consentimiento informado.

Medidas antropométricas: peso, estatura y pliegues cutáneos bicipital, tricipital, subescapular y suprailíaco.

Aparatos: báscula digital (precisión: 100 g), antropómetro GPM (precisión: 0,1 cm), adipómetro Holtain (precisión: 0,2 mm). La metodología seguida fue la descrita para el Programa Internacional de Biología (20).

A partir de las medidas de los cuatro pliegues se calculó la densidad mediante las ecuaciones de Durnin y Womersley (21) descritas a continuación:

Hasta los 19 años:

$$\text{Densidad} = 1,1549 - 0,0678 \times \text{Log} (\Sigma \text{ pliegues})$$

Mujeres

$$\text{Densidad} = 1,1620 - 0,0630 \times \text{Log} (\Sigma \text{ pliegues})$$

Varones

Entre los 20 y 29 años:

$$\text{Densidad} = 1,1599 - 0,0717 \times \text{Log} (\Sigma \text{ pliegues})$$

Mujeres

$$\text{Densidad} = 1,1631 - 0,0632 \times \text{Log} (\Sigma \text{ pliegues})$$

Varones

Entre los 30 y 39 años:

$$\text{Densidad} = 1,1423 - 0,0632 \times \text{Log} (\Sigma \text{ pliegues})$$

Mujeres

$$\text{Densidad} = 1,1422 - 0,0544 \times \text{Log} (\Sigma \text{ pliegues})$$

Varones

Una vez calculada la densidad se estimó el porcentaje de grasa a partir de la ecuación de Siri (22):

$$\% \text{ Grasa} = [(4,95 / \text{Densidad}) - 4,5] \times 100$$

A partir de este parámetro y el peso total se obtuvo el peso graso y el peso magro o libre de grasa.

El análisis de bioimpedancia se efectuó mediante un analizador tetrapolar Holtain y con dos de tipo bipolar: el modelo OMRON BF-306 y la báscula digital LAICA modelo EP1340. Todas las medidas se llevaron a cabo una vez que los individuos estuvieron desprovistos de objetos metálicos y adoptando una posición determinada. Con la báscula se requiere que el sujeto esté descalzo y coloque cada pie encima de uno de los electrodos. Previamente es necesario introducir edad, sexo y talla, y la báscula estima directamente el porcentaje de grasa. Para la medida con el monitor Omron el individuo ha de sujetar un electrodo con cada mano estando de pie sobre una superficie aislada del suelo y con las piernas ligeramente separadas. De la misma manera que con la báscula, antes de la medición se introducen los datos de sexo, edad, peso y talla, y el monitor calcula el porcentaje de grasa.

El analizador tetrapolar Holtain requiere que el individuo esté tumbado en decúbito supino y con los brazos y piernas ligeramente separados. Se colocan cuatro electrodos, dos receptores y dos emisores, en la mano y pie derechos. Uno de los receptores se adhieren en la muñeca en el punto medio entre las apófisis radial y ulnar y el otro en el tobillo entre el maléolo medial y lateral. Los emisores se sitúan a cuatro centímetros de los receptores en la superficie dorsal de manos y pies (14,

23). Dada la influencia del grado de hidratación, para tomar la medida, se recomendó a los sujetos no hacer ejercicio en las horas previas y vaciar la vejiga antes de la prueba. Este aparato ofrece valores de bioimpedancia que se han de aplicar a ecuaciones adecuadas, en este caso, se utilizó la establecida por Deurenberg *et al.* (9) para calcular la masa libre de grasa (FFM):

$$\text{FFM} = 0,438 \times 10000 \times E^2 / I + 7,04 \times E + 0,308 \times P + 1,6 \times S - 8,5$$

Donde: E (estatura en metros), P (peso en kilogramos), I (impedancia en ohmios), S (sexo, valor 1 para hombres y 2 para mujeres).

Efectuada la estadística descriptiva para las medidas directas y derivadas, se valoró la normalidad mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. A fin de analizar la asociación y grado de concordancia existente entre los resultados obtenidos por bioimpedancia y antropometría se llevó a cabo un análisis de correlación de Spearman y se aplicó el modelo gráfico de Bland y Altman (24). Este modelo permite visualizar de manera directa las variaciones de las diferencias obtenidas entre estimadores de composición corporal obtenidos por impedancia y antropometría, en función de la media de cada estimador calculada mediante ambos métodos. También se calculó el coeficiente de correlación intraclase (CCI), mediante la ecuación:

$$\text{CCI} = (\text{SD}_A^2 + \text{SD}_B^2 - \text{SD}_{AB}^2) / (\text{SD}_A^2 + \text{SD}_B^2 + X_{AB}^2 - (\text{SD}_{AB}^2 / n))$$

Donde SD_A , SD_B y SD_{AB} son las desviaciones típicas de los métodos A, B y de la diferencia entre uno y otro método respectivamente; X_{AB} es la media de las diferencias entre ambos métodos, y n el número de individuos. Este coeficiente presenta valores comprendidos entre 0 y 1, y se puede considerar que un CCI superior a 0,75 es indicio de gran concordancia entre el par de métodos comparados, valores entre 0,4 y 0,75 indican que la concordancia es de regular a buena y valores menores a 0,4 indican ausencia de la misma. Todo el procesamiento estadístico se realizó utilizando los programas informáticos SPSS 12.0 para Windows y Microsoft Office Excel 2003.

Resultados

En la Tabla I se muestran la media aritmética, la desviación estándar y el intervalo de variación pa-

TABLA I

Estadísticos descriptivos: media, desviación típica, máximo y mínimo

Variables	Varones			Mujeres		
	Media	SD	Máx.-Mín.	Media	SD	Máx.-Mín.
Edad (años)	21,48	3,11	31-18	20,59	2,48	32-17
Peso (Kg)	76,58	11,98	105,5-51,1	58,10	8,33	92,4-42,0
Estatura (cm)	176,75	5,26	186,3-164,2	161,61	5,47	174,0-150,2
P. tricipital (mm)	9,81	6,57	33,2-3,0	14,82	5,06	33,0-6,4
P. bicipital (mm)	5,66	2,39	11,2-2,4	7,96	3,33	19,0-2,2
P. subescapular (mm)	12,45	5,67	31,0-5,6	12,33	5,19	31,2-4,0
P. suprailíaco (mm)	12,49	7,74	34,0-4,2	12,33	5,44	32,2-3,2
%Grasa A	15,21	5,45	27,97-6,08	25,03	4,76	37,11-11,41
%Grasa H	18,69	6,28	32,30-8,70	20,25	5,96	34,10-8,7
%Grasa O	18,39	6,77	34,50-7,20	26,96	6,14	44,70-13,40
%Grasa B	24,30	8,36	44,10-13,20	26,19	6,40	44,60-14,30
Peso Graso A (kg)	11,96	5,88	25,39-4,42	14,71	4,42	27,84-4,79
Peso Graso H (kg)	14,42	6,38	32,30-4,80	12,17	4,57	25,58-4,11
Peso Graso O (kg)	14,80	7,33	36,40-4,49	15,73	4,45	26,18-7,21
Peso Graso B (kg)	19,10	9,35	44,10-8,47	15,89	5,97	35,11-6,01
Peso Magro A (kg)	64,62	8,21	80,11-46,68	43,39	4,83	66,93-35,33
Peso Magro H (kg)	60,91	7,83	77,09-46,30	46,68	5,33	70,22-36,26
Peso Magro O (kg)	62,69	5,98	74,54-50,43	42,36	6,18	70,96-31,92
Peso Magro B (kg)	56,21	5,27	65,76-41,95	42,87	4,16	57,29-33,52

A: Antropometría, H: Holtain, O: Omron, B: Báscula.

TABLA II

Comparación entre estima antropométrica y estimas basadas en bioimpedancia.
Correlación de Spearman

Variables	Métodos	Varones		Mujeres	
		N	Rho	N	Rho
%Grasa	A-H	27	0,582**	64	0,555**
	A-O	28	0,791**	76	0,629**
	A-B	21	0,661**	44	0,766**
Peso Graso	A-H	27	0,679**	64	0,764**
	A-O	28	0,905**	75	0,810**
	A-B	21	0,822**	44	0,878**
Peso Magro	A-H	27	0,891**	64	0,773**
	A-O	28	0,901**	75	0,846**
	A-B	21	0,831**	44	0,828**

A: Antropometría, H: Holtain, O: Omron, B: Báscula. **P<0,01

ra las dimensiones de tamaño y adiposidad tanto directas como derivadas, obtenidas con las distintas metodologías empleadas. En dicha tabla, la cantidad de grasa se expresa en términos relativos (porcentaje de grasa) y absolutos (peso graso). En la serie masculina el porcentaje de grasa, calculado por antropometría, resulta inferior al estimado por todos los métodos de impedancia, mientras

que en la serie femenina el menor porcentaje de grasa corresponde al obtenido con el analizador Holtain.

La Tabla II muestra los coeficientes de correlación de Spearman y su significación para cada par de métodos comparados. Todas las correlaciones son positivas y altamente significativas ($P < 0,01$), mostrando un buen nivel de asociación lineal con

TABLA III

Coefficiente de correlación intraclase (CCI) para cada par de métodos

	CCI Varones	CCI Mujeres
Antropometría - Holtain	0,59	0,41
Antropometría - Omron	0,73	0,54
Antropometría - Báscula	0,33	0,69

la ecuación antropométrica de referencia. La correlación entre métodos resulta mayor en ambos sexos para las variables peso graso y peso magro que para porcentaje de grasa. En general, se puede indicar que la correlación entre antropometría y los distintos métodos de impedancia es menor para la serie femenina, no llegando en ningún caso a valores cercanos a 0,9.

En cuanto a los coeficientes de correlación intraclase (Tabla III), en ningún caso se han alcanzado los valores que indican concordancia óptima ($CCI > 0,75$), todos se sitúan en el rango que refleja una concordancia entre buena y regular (0,4 - 0,75) excepto antropometría frente a impedancia con la báscula digital en varones, que ha resultado un valor levemente inferior al considerado como límite (0,4).

Los gráficos de dispersión resultantes al aplicar

el método de Bland y Altman (24) muestran distintas tendencias según el sexo y para cada técnica de bioimpedancia comparada con antropometría. Dado el elevado número de gráficas que resultan de todas las posibles comparaciones, y teniendo en cuenta que el peso graso y magro siguen un comportamiento similar en todos los casos, aquí se muestran únicamente las correspondientes al porcentaje de grasa. Como se observa en la Figuras 1, 2 y 3 la tendencia general de las diferencias entre antropometría y bioimpedancia es negativa para la serie masculina, siendo más acusada en el caso del contraste con la báscula digital, en el que ningún valor es positivo, lo que significa que el valor de adiposidad relativa resulta siempre mayor si se mide por una técnica de BIA. Sin embargo para la serie femenina se observa una tendencia diferente, mientras con el analizador Holtain la diferencia es ampliamente positiva para la gran mayoría de las estimaciones, con el Omron y la báscula digital las diferencias están entorno a cero y adoptan valores negativos para los porcentajes de grasa más elevados. Ello supone que el analizador tetrapolar, en las mujeres, ofrece por lo general resultados de porcentaje de grasa más bajos que los obtenidos por antropometría. Por lo que respecta a los aparatos bipolares, ambos dan valores de adiposidad muy parecidos a los calculados mediante la ecuación de Siri (22).

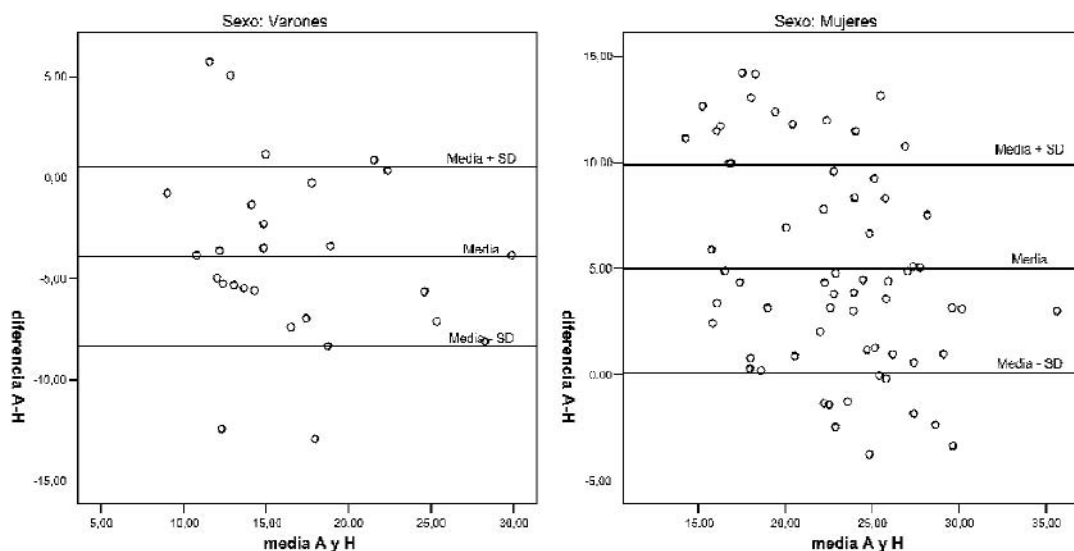


Figura 1. Concordancia entre métodos para porcentaje de grasa. Contraste entre antropometría y analizador tetrapolar, mediante el método de Bland-Altman.
A: Antropometría, H: Holtain; H: Holtain.

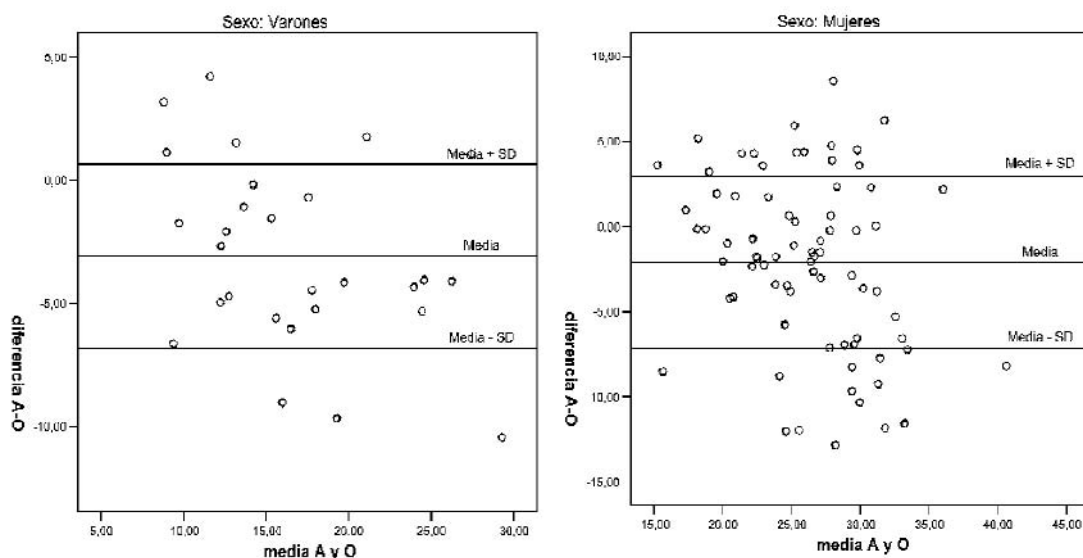


Figura 2. Concordancia entre métodos para porcentaje de grasa. Contraste entre antropometría y analizador bipolar, mediante el método de Bland-Altman.
A: Antropometría, O: Omrom

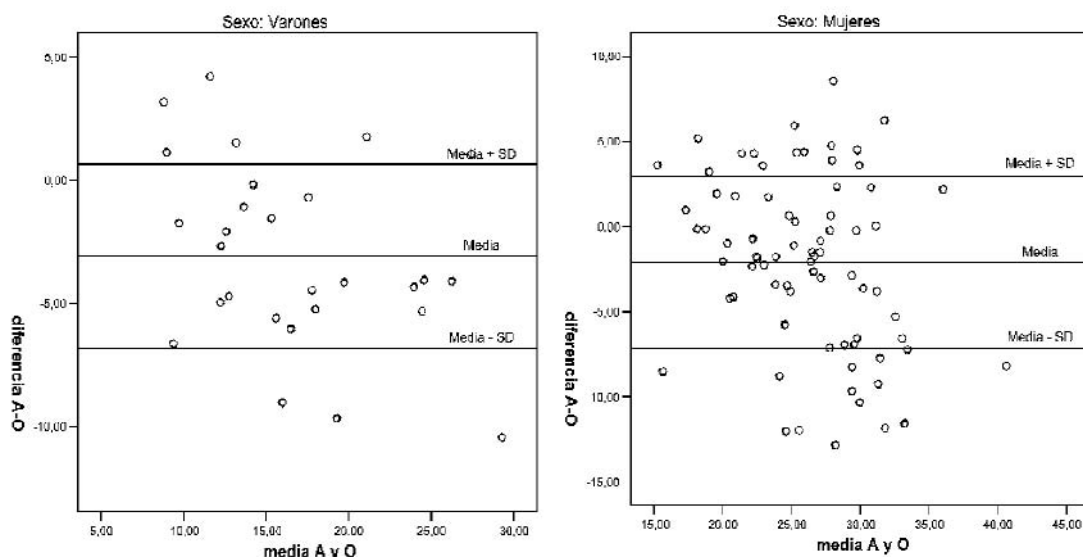


Figura 3. Concordancia entre métodos para porcentaje de grasa. Contraste entre antropometría y analizador bipolar, mediante el método de Bland-Altman.
A: Antropometría, B: Balanza

Discusión y conclusiones

Si bien existen algunos precedentes en la comparación metodológica de la composición corporal aún no se ha esclarecido por completo la fiabilidad de los diversos métodos ni se ha llegado a establecer si los resultados, obtenidos por uno u otro procedimiento, son totalmente equiparables. Como

se comprueba al repasar la literatura científica sobre el tema, la variabilidad en los tamaños muestrales, el rango de edad considerado, la procedencia de la población o los aparatos y ecuaciones utilizadas por los investigadores no han permitido hasta el momento llegar a un consenso definitivo. Ciertos autores²⁵ reportan cierta sobreestimación del porcentaje de grasa corporal obtenido a través

de BIA tetrapolar respecto al valorado mediante antropometría, constatando, como en el presente estudio, que las diferencias entre métodos se acentuaban en los casos de altos porcentajes de grasa.

Por el contrario, en otros estudios (26, 27), se reportaron, para ambos sexos, valores de adiposidad algo inferiores con el aparato tetrapolar Holtain que al aplicar el método antropométrico Phantom. Cabe añadir que en un trabajo precedente (28) utilizando idéntica metodología -analizador Holtain y expresión de Siri para antropometría- se obtuvieron valores de porcentaje graso prácticamente idénticos en una muestra de mujeres adultas entre 25 y 64 años, demostrando una gran concordancia entre ambos procedimientos. En todos los estudios citados en adultos, al igual que en uno realizado en población infantil (29), las correlaciones entre el porcentaje de grasa evaluado por lo que se denomina bioimpedancia total o tetrapolar y por antropometría son elevadas y aun mayores cuando se establecen para el peso graso y peso libre de grasa.

En una investigación en la que se comparan las estimaciones de adiposidad por bioimpedancia bipolar (OMRON BF-300) con siete ecuaciones antropométricas (30) se obtuvo, en adultos, una alta correlación en todos los casos. Por otra parte, las publicaciones en las que se confrontan varios tipos de analizadores de bioimpedancia en iguales condiciones de medida son escasas. Cabe reseñar algunas (31-33) que contrastan el autoanalizador de tipo báscula con la técnica BIA de cuatro electrodos llegando a diferentes resultados en función del rango de edad de los sujetos. Otros autores (34) advierten que los autoanalizadores de tipo bipolar (OMRON BF-301, báscula Tanita BF-604 y BIA 2000-M) subestiman el porcentaje de grasa con respecto a la técnica DEXA excepto la báscula en las series masculinas. Al igual que sucede en el presente estudio, la concordancia entre el método de referencia (antropometría o DEXA) y la báscula es mayor para las mujeres y, por el contrario, hay mayor similitud entre los resultados de porcentaje graso obtenidos por el analizador de mano Omron en varones. En otras investigaciones de carácter comparativo (15) se han encontrado apreciables diferencias individuales al estimar la adiposidad relativa medida por los monitores bipolares del tipo que sea (OMRON BF-302, báscula Tanita BF-538 y 101-A RLJ) detectando una significativa influencia de factores como la edad o el sexo.

La aportación fundamental del presente estudio consiste en la comparación múltiple de técnicas de

medida, aparatos y ecuaciones para la obtención de los estimadores de composición corporal, todo ello a partir de una misma muestra. Con ello se está en una situación óptima para valorar la concordancia entre los distintos resultados y su aplicabilidad en el campo de la nutrición humana en el ámbito clínico y epidemiológico.

De las anteriores aportaciones de la bibliografía y los resultados obtenidos a partir de la muestra de jóvenes adultos aquí analizada, se desprenden varias conclusiones:

Los métodos BIA aquí considerados son suficientemente aceptables como para que los mismos sean utilizados en estudios de valoración nutricional con carácter epidemiológico, al menos en este intervalo de edad. Sin embargo se hace necesario tener en cuenta una serie de consideraciones de interés a nuestro juicio para posteriores estudios. Los monitores bipolares, también llamados regionales, dan resultados que dependen de la distribución de la grasa en el sujeto analizado, es decir que dichos resultados varían según la localización de la grasa en el segmento superior o inferior del organismo. En cambio, los analizadores tetrapolares, dado que evalúan simultáneamente ambos segmentos, dan valores más independientes de la localización preferencial de los depósitos grasos. Para aclarar esta situación hay que tener en cuenta que, con la edad, hombres y mujeres acumulan tejido adiposo de forma diferencial. Por tanto, las balanzas que toman la información de la planta del pie donde se sitúan los electrodos, reflejan mejor el acúmulo adiposo gluteofemoral propio del sexo femenino. El resultado final es la mayor correspondencia entre porcentaje graso obtenido por balanza BIA y antropometría en el sexo femenino. Sin embargo, en los varones, donde la grasa se deposita con preferencia en la región torácico-abdominal los resultados de porcentaje de grasa con el autoanalizador de mano Omron muestran mayor concordancia frente al método antropométrico.

Por otra parte, la discrepancia de resultados a nivel individual, ontogénico y sexual, en particular con los monitores bipolares, implica ciertas limitaciones para su uso en el diagnóstico clínico, al carecer de patrones o normas de referencia que resulten apropiadas para cada población, sexo y edad. Por ello se considera muy conveniente la elaboración de estándares que puedan ofrecerse como referencia fiable y que se puedan aportar al profesional cuando usa cualquiera de los aparatos. En este sentido este grupo de investigación trabaja en este momento en la elaboración de patrones percentilares en población española.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado con la financiación del Ministerio de Ciencia y Tecnología (Proyecto CGL2005-03752) y como parte de la actividad del Grupo de Investigación acreditado UCM nº 920325 sobre "Valoración de la condición nutricional en las poblaciones humanas: aplicaciones clínicas, epidemiológicas y de promoción de la salud (www.epinut.ucm.es)

CORRESPONDECIA:

Dra. M. D. Marrodán Serrano
Dpto. de Zoología y Antropología Física
Facultad de Biología
Universidad Complutense de Madrid
C/ José Novais, 2
E-28040 Madrid
marrodan@bio.ucm.es

Bibliografía

1. Shepard RJ. *Body composition in biological anthropology*. Cambridge University Press. Cambridge. 1991; 345.
2. Marrodán MD, González-Montero de Espinosa M, Prado C. *Antropología de la Nutrición: Técnicas, métodos y aplicaciones*. Ed. Noesis. Madrid. 2003; 277.
3. Pietrobelli A, Tato L. *Body composition measurements: from the past to the future*. *Acta Paediatr. Suppl.* 2005; 94(448): 8-13.
4. Heyward VH, Stolarczyk LM. *Applied body composition assessment*. Human Kinetics. Illinois. 1996. 220 pp.
5. Rodríguez G, Sarría A, Fleta J, Moreno LA, Bueno M. *Exploración del estado nutricional y composición corporal*. *An. Esp. Pediatr.* 1998. 48: 111-115.
6. Shaikh S, Mahalanabis D. *Empirically derived new equations for calculating body fat percentage based on skinfold thickness and midarm circumference in preschool Indian children*. *Am. J. Hum. Biol.* 2004; 16: 278-288.
7. Nyboer J. *Electrical Impedance Plethysmography: The electrical resistive measure of the blood pulse volume, peripheral and central blood flow*. Charles C Thomas. Illinois. 1959. p. 243.
8. Lukaski HC. *Methods for the assessment of human body composition: traditional and new*. *Am. J. Clin. Nutr.* 1987; 46: 537-556.
9. Deurenberg P, Van Der Kooy K, Leenen R, Weststrate JA, Seidell JC. *Sex and age specific prediction formulas for estimating body composition from bioelectrical impedance: a cross-validation study*. *Int. J. Obes.* 1991; 15(1): 17-25.
10. Lohman TG. *Advances in Body Composition Assessment*. Human Kinetics. Illinois. 1992; 150 pp.
11. Norgan NG. *The assessment of the body composition of populations*. En: *Body Composition Techniques in Health and Disease*. Eds. Davies PSW y Cole TJ. Cambridge University Press. Cambridge. 1995. p. 195-221.
12. Mueller WH, Harrist RB, Doyle SR, Labarthe DR. *Percentiles of body composition from bioelectrical impedance and body measurements in U.S. adolescents 8-17 years old: Project HeartBeat!* *Am. J. Hum. Biol.* 2004; 16(2): 135-150.
13. Pichard C, Kyle Ug, Bracco D, Slosman Do, Morabia A, Schutz Y. *Reference values of fat-free and fat masses by bioelectrical impedance analysis in 3393 healthy subjects*. *Nutrition*. 2000; 16(4): 245-254.
14. Kida K, Nishizawa Y, Edu B, Saito K, Kimura Y, Nakamura H, Fukuda H, Mita R. *Estimation of body composition by bioelectrical impedance and anthropometric technique in Japanese children*. *Nutr. Res.* 1999; 19(6): 861-868.
15. Dittmar M. *Reliability and variability of bioimpedance measures in normal adults: effects of age, gender, and body mass*. *Am. J. Phys. Anthr.* 2003; 122: 361-370.
16. Dalmau Serra J, Vitoria Miñana I. *Prevalencia de la obesidad en la infancia y la adolescencia*. *Actividades desde la atención primaria*. *Nutrición Clínica y dietética hospitalaria*, 2004 (2): 35-44.
17. Poyato Domínguez JI, Sánchez Espejo MM, Cañete R, Poyato Domínguez M. *Prevalencia de sobrepeso y obesidad en un grupo de adolescentes*. *Nutrición Clínica y dietética hospitalaria*, 2004 (3): 40-45.
18. Caro B, Vaz Leal FJ, Melero MJ, Torres Asensio MD, Orgaz MT, Rodríguez Santos L. *Valoración nutricional en un grupo de población con diagnóstico de bulimia nerviosa*. *Nutrición Clínica y dietética hospitalaria*, 2004 (5): 28-37.
19. Sánchez Oliver A, Sánchez Muñoz C, Guerra Hernández E. *Composición corporal y cálculo del gasto energético (GET) en los alumnos de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de Granada*. *Comparación del GET mediante fórmulas predictivas*. *Nutrición Clínica y dietética hospitalaria*, 2006 (2): 24-30.
20. Weiner JS, Lourie SA. *Practical Human Biology*. Academic Press Oxford. Oxford. 1981; 439.
21. 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.
22. Siri WE. *Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods*. En: *Techniques for measuring body composition*. Eds. Brozek J y Henschel A. National Academy of Sciences. Washington DC. 1961; p. 223-244.
23. Novellón E, Ortega L, Sánchez-Andrés A. *Estima de la composición corporal mediante impedancia bioeléctrica: estabilidad del protocolo de medida*. En: *Investigaciones en Biodiversidad Humana*. Ed. Varela TA. Uni-

- versidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela. 2000. p: 912-918.
24. Bland JM, Altman Dg. *Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement.* Lancet. 1986; 1: 307-310.
 25. Ortega L, Novellón E, Sánchez-Andrés A. *Composición corporal en jóvenes universitarios: antropometría frente a impedancia bioeléctrica.* En: *Investigaciones en Biodiversidad Humana.* Ed. Varela TA. Santiago de Compostela. Universidad de Santiago de Compostela. 2000; p: 640-647.
 26. Marrodán MD, Callejo L, Oyalbis J, Mesa MS. *Concordancia entre antropometría y bioimpedancia aplicando el método Bland-Altman.* VIII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Antropología Biológica. Caracas, Venezuela 2004.
 27. Callejo ML, Mesa MS, Pacheco JL, González-Montero De Espinosa M, Marrodán Md *Estudio comparativo de la composición corporal mediante técnicas de antropometría y bioimpedancia.* En: *Antropología y Biodiversidad.* Eds. Aluja MP, Malgosa A y Nogues R. Ed. Bellaterra, Barcelona. 2003; 362-371.
 28. Rivas R, Marrodán MD, Prado C, Cáceres I. *Estudios de composición corporal en la población femenina de Lozoya Somosierra (Madrid). Comparación metodológica de la estimación del porcentaje de grasa.* En: *Biología de las poblaciones humanas: Diversidad, tiempo, espacio.* Ed. Egocheaga JE. Oviedo. 2004; p: 441-450.
 29. Casanova M, Rodríguez I, Rico S, Casanova Bellido M. *Análisis de la composición corporal por parámetros antropométricos y bioeléctricos.* An. Pediatr. Barcelona. 2004; 61(1): 23-31.
 30. Martín Moreno V, Gómez JB, Antoranz 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.
 31. Baumgartner RN, Chumlea WC, Roche AF. *Estimation of body composition from bioelectric impedance of body segments.* Am. J. Clin. Nutr. 1989; 50 (2): 221-226.
 32. Núñez C, Gallagher D, Visser M, Pi-Sunyer FX, Wang Z, Heymsfield SB. *Bioimpedance analysis: evaluation of leg-to-leg system based on pressure contact footpad electrodes.* Med. Sci. Sports Exerc. 1997; 29(4): 524-531.
 33. Jartii L, Hakanen M, Paakkunainen U, Raitinen P, Ronnema T. *Comparison of hand-to-leg and leg-to-leg bioelectric impedance devices in the assessment of body adiposity in prepuberal children: the STRIP study.* Special Turku coronary Risk factor Intervention Project. Acta Paediatr. 2000; 89:781-786.
 34. Lukaski HC, Siders WA. *Validity and accuracy of regional bioelectrical impedance devices to determine whole-body fatness.* Nutrition. 2003; 19: 851-857.