

Juan Carlos Aristizábal Rivera<sup>1,2</sup>; María Teresa Restrepo Calle<sup>2</sup>

### Resumen

**Antecedentes:** la aplicación de la bioimpedancia para estimar la composición corporal se ha incrementado recientemente en Colombia. **Objetivo:** evaluar la validez de la bioimpedancia para estimar el porcentaje de grasa corporal (%GC) en mujeres de Medellín-Colombia. **Materiales y métodos:** estudio transversal con una muestra de 52 mujeres entre los 18 y 40 años. El %GC se estimó por hidrodensitometría, bioimpedancia mano-pie con las ecuaciones de Sun y Kotler, y bioimpedancia pie-pie con báscula Tanita. **Resultados:** los %GC obtenidos por Kotler (31,9±6,0) y Tanita (25,6±6,1) fueron diferentes ( $p < 0,001$ ) del obtenido por hidrodensitometría (29,6±5,3), asimismo, estas técnicas presentaron un bajo grado de acuerdo con este método de referencia, Kotler (Bland-Altman: -2,3 IC95%: -10,9; 6,1) y Tanita (Bland-Altman: 4,0 IC95%: -6,3; 14,3). La ecuación de Sun estimó valores similares a la hidrodensitometría (29,6±5,3 vs. 28,6±5,2,  $p = 0,098$ ) pero presentó un bajo grado de acuerdo con este método (Bland-Altman: 0,9 IC95%: -7,1; 9,0). **Conclusiones:** la bioimpedancia mano-pie con la ecuación de Kotler y pie-pie con báscula Tanita, no fueron válidas para estimar el %GC de las mujeres evaluadas. La bioimpedancia mano-pie con la ecuación de Sun estimó de forma adecuada el %GC grupal, pero presentó poca validez para estimar el %GC individual en esta población.

**Palabras clave:** composición corporal, antropometría, cuerpo adiposo, impedancia, impedancia bioeléctrica.

1 Grupo de Investigación en Fisiología y Bioquímica (PHYSIS), Facultad de Medicina.

juan.aristizabal@udea.edu.co

2 Escuela de Nutrición y Dietética.

Universidad de Antioquia UdeA, Calle 70 No. 52-21, Medellín, Colombia.

Como citar este artículo: Aristizábal JC, Restrepo MT. Validez de la bioimpedancia para estimar la composición corporal de mujeres entre los 18 y 40 años. *Perspect Nutr Humana*. 2013;16: 51-60.

## Validation of bioelectrical impedance equations for predicting body composition in women

### Abstract

**Background:** The application of bioimpedance to estimate body composition in Colombia has increased in the last years. **Objective:** To validate bioimpedance equations to assess fat mass percentage (%FM) in women from Medellín-Colombia. **Materials and methods:** This is a cross sectional study with a sample of 52 women 18 to 40 years old. The %FM was assessed by the reference method hydrodensitometry and by hand-to-feet bioimpedance with the equations of Sun and Kotler, and feet-to-feet bioimpedance with a Tanita scale. **Results:** The %FM estimated by Kotler (31,9±6,0) and Tanita (25,6±6,1) were different ( $p < 0.001$ ) from hydrodensitometry (29,6±5,3). These techniques showed low agreement with the reference method, Kotler (Bland-Altman: -2,3 IC95%: -10,9; 6,1) and Tanita (Bland-Altman: 4,0 IC95%: -6,3; 14,3). The %FM estimated by the Sun equation was similar to hydrodensitometry (29,6±5,3 Vs. 28,6±5,2,  $p = 0,098$ ). However, this equation showed low agreement with this method (Bland-Altman: 0,9 IC95%: -7,1; 9,0). **Conclusions:** The hand-to-feet bioimpedance with the Kotler equation and feet-to-feet bioimpedance with Tanita scale were not valid to assess the %FM of this specific population of women. The hand-to-feet bioimpedance with the Sun equation estimated accurately the average group of %FM, but it lacked of validity to assess the individual %FM in this population.

**Key words:** body composition, anthropometry, fat body, impedance, bioelectrical impedance.

### INTRODUCCIÓN

La acumulación excesiva de grasa corporal es una característica de la obesidad que incrementa el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares (1). El aumento en las prevalencias de obesidad en Colombia y en el mundo (2-3) demanda métodos de campo portátiles, no invasivos y de fácil aplicación, para estimar los depósitos de grasa corporal. El uso de la impedancia bioeléctrica (bioimpedancia) para estimar la composición corporal es atractivo, dado que es un método sencillo, económico y rápido (4-5).

La bioimpedancia se basa en la oposición que ofrecen los tejidos corporales al paso de la corriente eléctrica, la cual es alta en la masa grasa y baja en la masa libre de grasa (MLG), donde se encuentran en mayor proporción el agua corporal y los electrolitos (5-6). La bioimpedancia represen-

ta la suma de dos vectores: la resistencia determinada por la oposición al paso de la corriente a través de las soluciones intra y extra celulares, y la reactancia determinada por acumulación temporal de las cargas eléctricas en las membranas celulares (5-7). Los valores de bioimpedancia, resistencia y reactancia se usan para desarrollar ecuaciones de regresión que estiman el contenido de agua corporal, la MLG y la masa grasa. La estatura, el peso corporal, la edad y el sexo son frecuentemente incluidos en las ecuaciones para disminuir el error de predicción (8-9).

La bioimpedancia se utilizó en el tercer Estudio nacional de salud y nutrición de los Estados Unidos (NHANES III, por sus siglas en inglés). En este estudio la composición corporal de más de 16.000 personas fueron evaluadas con las ecuaciones de Sun y colaboradores (10). Las ecuaciones de bioimpedancia se han desarrollado y

validado, principalmente, en individuos europeos y norteamericanos blancos no hispánicos. Los datos en poblaciones hispanas y nativas americanas son escasos (11).

El uso de la bioimpedancia en Colombia ha incrementado en los últimos años, sin embargo, poco se sabe de la validez del método en esta población. Caicedo-Eraso y colaboradores (12) compararon los resultados de cinco ecuaciones de bioimpedancia con el método de referencia hidrodensitometría en un grupo de 30 mujeres de Caldas-Colombia. Los autores concluyeron que ninguna de las ecuaciones evaluadas era válida para estimar la composición corporal de esta población. Aristizábal y colaboradores (13) compararon los resultados de la bioimpedancia con las ecuaciones de pliegues cutáneos de Jackson-Pollock y Durning-Womersley en 123 adultos de Medellín-Colombia. Los investigadores reportaron que la bioimpedancia estimó valores más bajos del porcentaje de grasa corporal tanto en hombres como en mujeres y sugirieron que estos métodos no son comparables ni intercambiables.

La incertidumbre de la validez de la bioimpedancia para estimar la composición corporal demanda su comparación contra un método de referencia. El objetivo del presente estudio fue evaluar la validez de la bioimpedancia para estimar el porcentaje de grasa corporal respecto a la hidrodensitometría, en un grupo de mujeres de 18 a 40 años de Medellín-Colombia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo transversal con una muestra a conveniencia de 52 mujeres voluntarias entre 18 y 40 años. Los criterios de inclusión fueron ser mujer, no presentar cirugías de reducción de grasa corporal, implantes de silicona o prótesis, no tener marcapasos, no estar embarazada u otra condición fisiológica que interfiera

con la aplicación de la bioimpedancia y la hidrodensitometría.

Se verificó que las voluntarias cumplieran los siguientes requisitos antes de las evaluaciones: no estar en los cinco días anteriores o posteriores a la menstruación, no haber ingerido alimentos productores de gases intestinales, bebidas o medicamentos diuréticos doce horas antes, tener un periodo de ayuno superior a cuatro horas. Además, no haber realizado actividad física intensa el día anterior, no haber fumado en las últimas tres horas antes de la prueba, no usar joyas, accesorios, maquillaje ni lociones y estar con ropa adecuada (vestido de baño). Las participantes evacuaron antes de las mediciones.

Todas las mediciones corporales fueron realizadas por el mismo evaluador siguiendo las técnicas descritas por Lhoman, *et al.* (14). El peso corporal se midió con una báscula electrónica (Detecto) de 0,05 kilogramos de precisión, la estatura con un antropómetro (GPM) de 0,1 centímetros de precisión. Las mediciones se realizaron por duplicado, cuando se encontró una diferencia superior a 0,05 kg en el peso corporal o 0,5 cm en la estatura, se realizó una tercera medición.

La bioimpedancia se realizó por las técnicas mano-pie y pie-pie. Para la técnica mano-pie se utilizó un equipo tetrapolar (Quatum II) que genera valores de resistencia y reactancia. Las voluntarias se acostaron en decúbito supino por diez minutos antes de la medición, sobre una mesa de madera, alejada de cualquier fuente eléctrica, con las extremidades superiores separadas del tronco en un ángulo de 30 grados, y las extremidades inferiores separadas para evitar el contacto entre los muslos. Se colocaron cuatro electrodos en el hemicuerpo derecho, así: dos transmisores, en las articulaciones metacarpo y metatarso falángicas de la porción dorsal de la mano y el pie, y dos sensores entre las epifisis distales del radio y el cúbito a nivel de la prominencia

## Composición corporal en mujeres por bioimpedancia

cia pisciforme de la muñeca y en el punto medio intermaleolar del miembro inferior derecho (15). Las mediciones de bioimpedancia se hicieron por duplicado con un minuto de diferencia y una variabilidad menor del 1%. Los valores de resistencia y reactancia se introdujeron en el software Cyprus, (R.J.L. Systems) que estima la MLG con la ecuación de Kotler así:  $MLG = 0,88 [(Estatura^{1,97} / Z^{0,49}) \times (1,0 / 22,22)] + (0,081 \times Peso) + 0,07$ . Donde: Z: bioimpedancia ( $Z^2 = R^2 + Xc^2$ ), R: resistencia, Xc: reactancia (16). Además se utilizaron los valores de R obtenidos con el equipo tetrapolar (Quantum II) para calcular la MLG por la ecuación de Sun y colaboradores (10), así:  $MLG = -9,53 + (0,69 \times Estatura^2 / R) + (0,17 \times Peso) + (0,02 \times R)$ .

La bioimpedancia pie-pie se realizó con una báscula Tanita (TBF300). Esta técnica utiliza cuatro electrodos que hacen contacto con las plantas de los pies por la presión que ejerce el peso corporal; los dos electrodos transmisores se ubican en la parte anterior de las plantas de los pies y los dos sensores se ubican en la parte posterior. El equipo aplica ecuaciones con las mediciones de la bioimpedancia, el peso corporal, la estatura, la edad y el sexo para estimar la composición corporal. Las mediciones se hicieron por duplicado según el protocolo descrito por el fabricante (17).

La hidrodensitometría se realizó para determinar el volumen y la densidad corporal (Dc) (18-19). Las voluntarias fueron pesadas dentro del agua al final de una espiración forzada (báscula Chatillon, 0,02 kg de precisión) con la medición simultánea del volumen residual pulmonar (espirómetro VMAX 22, Sensor Medics), por la técnica de barrido de nitrógeno. El volumen corporal (Vc) se obtuvo por la diferencia entre el peso fuera del agua (Pfa) y el peso dentro de esta (Pea) corregido por la densidad del agua (Da), así:  $Vc = (Pfa - Pea) / Da$  (8). Al Vc se le restaron el volumen pulmonar residual y el volumen del gas intestinal, del cual se

acepta un promedio de 0,1 L en adultos (19). La densidad corporal (Dc) se obtuvo de dividir el Pfa por el Vc, y se calculó el porcentaje de grasa (%G) con la ecuación de Siri:  $\%G = 4,95 / Dc - 4,50$  (20).

**Análisis estadístico:** se determinó la normalidad de los datos por la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homocedasticidad por la prueba de Levene. Los resultados se presentan como promedio y desviación estándar. Los porcentajes de grasa obtenidos por bioimpedancia mano-pie y pie-pie se compararon con la hidrodensitometría mediante la prueba t-student pareada. Se calculó el coeficiente de correlación de Pearson y se aplicó el procedimiento de Bland-Altman para establecer los grados de acuerdo (21-22).

**Consideraciones éticas:** la investigación contó con el aval del Comité Técnico de Investigación de la Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad de Antioquia. A las voluntarias se les dio a conocer el objetivo del estudio y las pruebas por realizar, y se obtuvo el consentimiento informado de cada una.

## RESULTADOS

Las características generales de los participantes se observan en la tabla 1. El porcentaje de grasa fue; por hidrodensitometría:  $29,6 \pm 5,3$ ; por bioimpedancia mano-pie (Kotler):  $31,9 \pm 6,0$ ; por bioimpedancia mano-pie (Sun):  $28,6 \pm 5,2$  y por bioimpedancia pie-pie (Tanita):  $25,6 \pm 6,1$  (Tabla 1).

El porcentaje de grasa obtenido por hidrodensitometría fue diferente ( $p < 0,001$ ) al estimado por bioimpedancia mano-pie (Kotler):  $-2,3 \pm 4,3$  y por bioimpedancia pie-pie (Tanita):  $4,0 \pm 5,2$  (Tabla 2). No hubo diferencias significativas ( $p = 0,098$ ) en el porcentaje de grasa obtenido por hidrodensitometría y bioimpedancia mano-pie (Sun):  $0,9 \pm 4,0$  (Tabla 2). El porcentaje de grasa obtenido por

**Tabla 1.** Características generales de los participantes

Variables (n=52)	Promedio (DE)	Rango
Edad (años)	28,0±6,6	18–40
Peso (Kg)	57,2±8,7	40,1–81,7
Estatura (cm)	159,9±6,1	149,1–175,2
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	22,3±2,8	16,6–30,0
Densidad corporal (g/mL)	1,032±0,011	1,006–1,051
Agua corporal mano-pie* (L)	29,0±3,4	22,3–39,0
Agua corporal pie-pie† (L)	30,6±2,2	26,2–36,5
Impedancia mano-pie (Ω)	665,6±72,0	471,6–822,9
Impedancia pie-pie (Ω)	596,0±70,7	459,0–781,0
%GC Hidrodensitometría	29,6±5,3	20,9–41,9
%GC BIA mano-pie (Kotler)	31,9±6,0	15,3–45,0
%GC BIA mano-pie (Sun)	28,6±5,2	14,8–40,4
%GC BIA pie-pie (Tanita)	25,6±6,1	10,6–40,9

%GC: Porcentaje de grasa corporal. BIA: bioimpedancia. IMC: Índice de masa corporal.

\* Estimada por la ecuación de Kotler.

† Estimada por Tanita.

**Tabla 2.** Diferencias en el porcentaje de grasa corporal obtenido por hidrodensitometría y bioimpedancia

Métodos	Diferencia media (valor p)*	Intervalo de confianza 95%	
		Inferior	Superior
Hidrodensitometría– Mano-pie (Kotler)	-2,3 (0,000)	-3,6	-1,2
Hidrodensitometría – Mano-pie (Sun)	0,9 (0,098)	-0,2	2,1
Hidrodensitometría – Pie-pie (Tanita)	4,0 (0,000)	2,5	5,4
Mano-pie (Kotler) – Pie-pie (Tanita)	6,3 (0,000)	5,4	7,3
Mano-pie (Sun) – Pie-pie (Tanita)	3,0 (0,000)	2,2	3,8
Mano-pie (Kotler) – Mano-pie (Sun)	3,3 (0,000)	2,8	3,9

\*T-student pareada

hidrodensitometría correlacionó ( $r \geq 0,60$ ) con los valores estimados por las técnicas de bioimpedancia ( $p < 0,001$ ) (Tabla 3).

Hubo diferencias ( $p < 0,001$ ) entre los porcentajes de grasa obtenidos por bioimpedancia, a) entre mano-

pie (Kotler) y mano-pie (Sun):  $3,3 \pm 2,0$ , b) entre mano-pie (Kotler) y pie-pie (Tanita):  $6,3 \pm 3,4$ , y c) entre mano-pie (Sun) y pie-pie (Tanita):  $3,0 \pm 2,8$  (Tabla 2). Los porcentajes de grasa obtenidos por las técnicas de bioimpedancia correlacionaron ( $r > 0,84$ ) significativamente ( $p < 0,001$ ) (Tabla 3).

## Composición corporal en mujeres por bioimpedancia

**Tabla 3.** Coeficiente de correlación de Pearson, amplitud del límite de acuerdo y límites de acuerdo del porcentaje de grasa, obtenido por hidrodensitometría y bioimpedancia

Métodos	Correlación Pearson	Amplitud del límite de acuerdo*	Límites de acuerdo <sup>‡</sup>	
			Inferior	Superior
Hidrodensitometría–Mano-pie (Kotler)	0,723 <sup>†</sup>	17,0	-10,9	6,1
Hidrodensitometría–Mano-pie (Sun)	0,680 <sup>†</sup>	16,2	-7,1	9,0
Hidrodensitometría–Pie-pie (Tanita)	0,604 <sup>†</sup>	20,6	-6,3	14,3
Mano-pie (Kotler)–Pie-pie (Tanita)	0,846 <sup>†</sup>	13,5	-13,1	0,4
Mano-pie (Sun)–Pie-pie (Tanita)	0,933 <sup>†</sup>	11,2	-8,6	2,6
Mano-pie(Kotler)–Mano-pie (Sun)	0,894 <sup>†</sup>	7,8	0,6	7,2

Método de Bland y Altman:

\* Amplitud del límite de acuerdo: distancia entre el intervalo superior e inferior de los límites de acuerdo.

<sup>†</sup>  $p < 0,001$ .

<sup>‡</sup> Límites de acuerdo: límites calculados como la diferencia promedio  $\pm$  dos desviaciones estándar de las diferencias.

La hidrodensitometría presentó la mayor concordancia, menor amplitud del límite de acuerdo, con la bioimpedancia mano-pie (Sun): 16,2 (Tabla 3). La hidrodensitometría presentó la menor concordancia, mayor amplitud del límite de acuerdo, con la bioimpedancia pie-pie (Tanita): 20,6 (Tabla 3). Entre las técnicas de bioimpedancia, la amplitud del límite de acuerdo fue menor entre bioimpedancia mano-pie (Kotler) y mano-pie (Sun): 7,8 y mayor entre bioimpedancia mano-pie (Kotler) y pie-pie (Tanita): 13,5 (Tabla 3).

## DISCUSIÓN

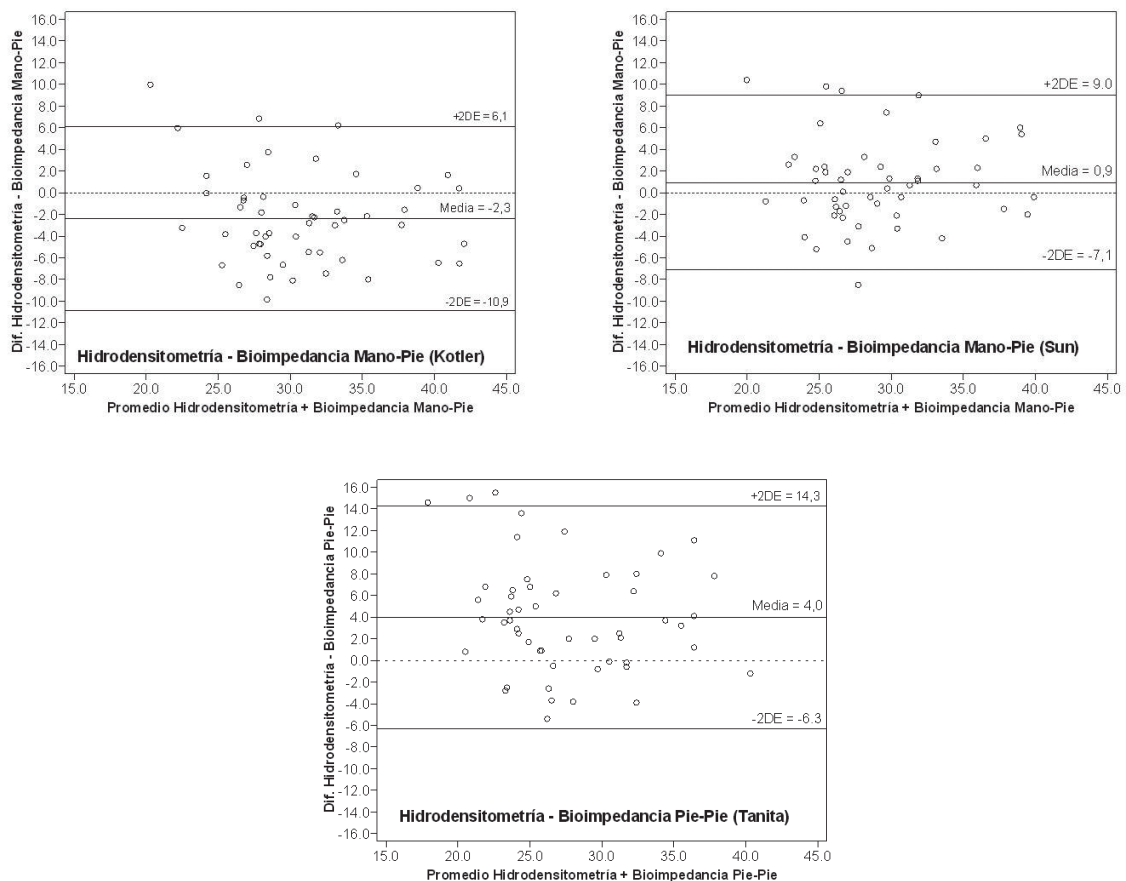
Los resultados del estudio indican que la bioimpedancia mano-pie con la ecuación de Kotler y la bioimpedancia pie-pie con la báscula Tanita, no son válidas para estimar la composición corporal de las mujeres evaluadas. La técnica de bioimpedancia mano-pie con la ecuación de Sun produjo resultados similares al método de referencia, en la estimación del porcentaje de grasa grupal, pero mostró limitada validez para estimar el porcentaje de grasa individual. Resultados similares se han

observado al aplicar ecuaciones de bioimpedancia, sin validar, a una población diferente de la cual fueron derivadas (23-24).

El porcentaje de grasa corporal estimado con la ecuación de Sun no presentó diferencias significativas con la hidrodensitometría ( $0,9 \pm 4,0$ ,  $p = 0,098$ ) y correlacionó con este método ( $r = 0,68$ ,  $p = 0,001$ ). Resultados que sugieren que la ecuación podría ser utilizada para evaluar grupos de mujeres, entre los 18 y 40 años, con características físicas similares a las del presente estudio. Sin embargo, la ecuación de Sun presentó una baja concordancia con la hidrodensitometría, con un límite de acuerdo superior de 9,0 y un límite inferior de -7,1 (Figura). Estos límites indican que la ecuación de Sun puede subestimar un 9,0% o sobrestimar un 7,1% el porcentaje de grasa corporal individual. Por ello, sus resultados deben interpretarse con cautela en el diagnóstico nutricional, debido a que estas desviaciones pueden conducir a una inadecuada clasificación del grado de adiposidad con sus respectivas implicaciones en los tratamientos médico, dietético y de actividad física.

Las técnicas de bioimpedancia mano-pie con la ecuación de Kotler y pie-pie con la báscula Tanita, presentaron diferencias significativas y bajos grados de acuerdo con el método de referencia (Figura), resultados similares a los obtenidos por otros autores (9, 23-25). La pobre estimación de la composición corporal por bioimpedancia se debe, probablemente, a la aplicación de ecuaciones diseñadas en poblaciones foráneas sin previa validación. Las ecuaciones de bioimpedancia son específicas de población, dado que existen diferencias étni-

cas en la composición y proporcionalidad corporal (9, 26). Del total de la bioimpedancia medida con la técnica mano-pie, las extremidades superiores representan ~45%, las extremidades inferiores ~45% y el tronco ~10% (9). Deurenberg y colaboradores encontraron que diferencias en la longitud de las extremidades entre chinos, malayos e indios afectaron la composición corporal estimada por bioimpedancia (26). Así mismo, diferencias en la distribución regional de la grasa corporal afectan la precisión del método (27). Similar a nuestros ha-



**Figura.** Concordancia del porcentaje de grasa corporal obtenido por hidrodensitometría y bioimpedancia. La línea discontinua representa la diferencia nula entre los métodos (cero). Las líneas continuas representan las diferencias promedio (MD) entre los métodos y los límites de acuerdo, superior e inferior, calculados como la diferencia promedio más o menos dos desviaciones estándar de las diferencias ( $MD \pm 2DE$ )

## Composición corporal en mujeres por bioimpedancia

Ilazgos, se ha reportado que la técnica mano-pie es un mejor predictor de la grasa corporal que la técnica pie-pie (26, 28). Lo cual ha llevado a plantear que la técnica pie-pie tiene limitaciones para estimar los depósitos de grasa en el segmento superior del cuerpo (27).

La aplicación de la bioimpedancia para estimar la composición corporal asume supuestos que limitan la precisión del método (26, 29). La bioimpedancia asume que los líquidos y tejidos corporales conducen la corriente eléctrica de forma homogénea, con una resistencia eléctrica constante y que el agua corporal total representa el 73% de la masa libre de grasa (5, 9). Se ha reportado que la proporción de líquido extracelular al agua corporal total difiere entre grupos étnicos, lo cual conlleva a que la resistencia específica de estos dos compartimentos sea diferente, violando el primer supuesto enunciado de la bioimpedancia (26). De igual forma, se ha observado que la hidratación de la masa libre de grasa puede variar entre un 69 y un 80% entre individuos, violando el otro supuesto enunciado del método (30-31).

La aplicación de la hidrodensitometría en estudios de validación presenta algunas limitaciones. Primero, los participantes se seleccionan a conveniencia, lo cual puede dejar por fuera a personas que no se sientan bien con su figura corporal. Segundo, la hidrodensitometría demanda un alto grado de colaboración de los voluntarios, dado que la

determinación de la densidad corporal con la medición simultánea del volumen residual pulmonar, requiere que estos permanezcan ~2 a 4 minutos bajo el agua respirando a través de un espirómetro. Tercero, dadas las características del método es difícil aplicarlo a grandes grupos de población, sin embargo el número de participantes evaluados en este trabajo fue similar a otros estudios de validación (32, 33) y se obtuvieron correlaciones significativas entre los pliegues cutáneos y el porcentaje de grasa corporal, datos reportados previamente (18), lo cual indica que el método de referencia se aplicó correctamente.

En conclusión, la técnica de bioimpedancia mano-pie con la ecuación de Kotler y la bioimpedancia pie-pie con la ecuación de la báscula Tanita, presentaron poca validez para estimar la composición corporal de las mujeres entre los 18 y 40 años evaluadas. La bioimpedancia mano-pie con la ecuación de Sun estimó de forma adecuada el porcentaje de grasa corporal grupal, sin embargo, presentó una limitada validez para estimar el porcentaje de grasa individual en esta población. Estudios similares de validación de las técnicas y ecuaciones de bioimpedancia deben realizarse en personas de ambos sexos, en otros grupos de edad y con diferentes condiciones fisiológicas.

## CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores manifiestan no tener conflicto de interés.

## Referencias

1. Huxley R, Mendis S, Zheleznyakov E, Reddy S, Chan J. Body mass index, waist circumference and waist:hip ratio as predictors of cardiovascular risk--a review of the literature. *Eur J Clin Nutr.* 2010;64:16-22.
2. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, Profamilia, Instituto Nacional de Salud, Ministerio de la Protección Social. Encuesta nacional de la situación nutricional en Colombia: 2010. Bogotá: ICBF; 2011.



3. Swinburn BA, Sacks G, Hall KD, McPherson K, Finegood DT, Moodie ML, et al. The global obesity pandemic: shaped by global drivers and local environments. *Lancet*. 2011;378:804-14.
4. Jackson AA, Johnson M, Durkin K, Wootton S. Body composition assessment in nutrition research: value of BIA technology. *Eur J Clin Nutr*. 2013;67(Suppl 1):S71-8.
5. Lukaski HC. Evolution of bioimpedance: a circuitous journey from estimation of physiological function to assessment of body composition and a return to clinical research. *Eur J Clin Nutr*. 2013;67(Suppl 1):S2-9.
6. Piccoli A NL, Rosell J. Análisis convencional y vectorial de bioimpedancia en la práctica clínica. *Nefrología*. 2002;22:228-38.
7. Kyle UG, Bosaeus I, de Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez M, et al. Bioelectrical impedance analysis. Part I: review of principles and methods. *Clin Nutr*. 2004;23:1226-43.
8. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez M, et al. Bioelectrical impedance analysis. Part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr*. 2004; 23:1430-53.
9. Elia M. Body composition by whole-body bioelectrical impedance and prediction of clinically relevant outcomes: overvalued or underused? *Eur J Clin Nutr*. 2013;67(Suppl 1):S60-70.
10. Sun SS, Chumlea WC, Heymsfield SB, Lukaski HC, Schoeller D, Friedl K, et al. Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. *Am J Clin Nutr*. 2003;77:331-40.
11. National Institute Health. Technol Assess Statement. Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement. *Nutrition*. 1996;12:749-59.
12. Caicedo-Eraso JC, González-Correa CA, González-Correa CH. Bioelectrical impedance analysis (BIA) equations validation against hydrodensitometry in a Colombian population. *J Phys Conf Ser*. 2013;434:012065.
13. Aristizábal JC, Restrepo MT, Estrada A. Evaluación de la composición corporal mediante antropometría e impedancia bioeléctrica. *Biomédica*. 2007;27:216-24.
14. Lohman TG RA, Martorell R. Antropometric standardization reference manual. Champaign: Human Kinetics Publishers; 1988. p. 2-80.
15. RJLSystems. Appendix B: Testing your BIA instrument. CYPRUS body composition analysis. Clinton Township; 2012.
16. Kotler DP, Burastero S, Wang J, Pierson RN, Jr. Prediction of body cell mass, fat-free mass, and total body water with bioelectrical impedance analysis: effects of race, sex, and disease. *Am J Clin Nutr*. 1996;64:489S-97S.
17. Tanita. Understanding BIA technology. Body composition analyzer. Arlington Heights; 2013. Technical notes N°5.
18. Aristizábal JC, Restrepo MT, López A. Validación por hidrodensitometría de ecuaciones de pliegues cutáneos utilizadas para estimar la composición corporal en mujeres. *Biomédica*. 2008;28:404-13.
19. Cornier MA, Després JP, Davis N, Grossniklaus DA, Klein S. Assessing adiposity: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2011;124:1996-2019.
20. Going S. Densitometry. In: Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG. Human body composition. Champaign: Human Kinetics; 1996. p. 3-22.
21. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986;1:307-10.
22. Mantha S, Roizen MF, Fleisher LA, Thisted R, Foss J. Comparing methods of clinical measurement: reporting standards for bland and altman analysis. *Anesth Analg*. 2000;90:593-602.

## Composición corporal en mujeres por bioimpedancia

23. Aglago KE, Menchawy IE, Kari KE, Hamdouchi AE, Barkat A. Development and validation of bioelectrical impedance analysis equations for predicting total body water and fat-free mass in North-African adults. *Eur J Clin Nutr.* 2013;67:1081-6.
24. Aleman-Mateo H, Rush E, Esparza-Romero J, Ferriolli E, Ramírez-Zea M, *et al.* Prediction of fat-free mass by bioelectrical impedance analysis in older adults from developing countries: a cross-validation study using the deuterium dilution method. *J Nutr Health Aging.* 2010;14:418-26.
25. Williams CA, Bale P. Bias and limits of agreement between hydrodensitometry, bioelectrical impedance and skinfold calipers measures of percentage body fat. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1998;77:271-7.
26. Deurenberg P, Deurenberg-Yap M, Schouten FJ. Validity of total and segmental impedance measurements for prediction of body composition across ethnic population groups. *Eur J Clin Nutr.* 2002;56:214-20.
27. Marrodán Serrano MD. Técnicas analíticas en el estudio de la composición corporal. Antropometría frente a sistemas de bioimpedancia bipolar y tetrapolar. *Nutr Clin Diet Hosp.* 2007;27:11-9.
28. Thomson R, Brinkworth GD, Buckley JD, Noakes M, Clifton PM. Good agreement between bioelectrical impedance and dual-energy X-ray absorptiometry for estimating changes in body composition during weight loss in overweight young women. *Clin Nutr.* 2007;26:771-7.
29. Macías N, Alemán-Mateo H, Esparza-Romero J, Valencia ME. Body fat measurement by bioelectrical impedance and air displacement plethysmography: a cross-validation study to design bioelectrical impedance equations in Mexican adults. *Nutr J.* 2007;6:18.
30. Wang Z, Deurenberg P, Wang W, Pietrobelli A, Baumgartner RN, Heymsfield SB. Hydration of fat-free body mass: review and critique of a classic body-composition constant. *Am J Clin Nutr.* 1999;69:833-41.
31. Moon JR. Body composition in athletes and sports nutrition: an examination of the bioimpedance analysis technique. *Eur J Clin Nutr.* 2013;67(Suppl 1):S54-9.
32. Swartz AM, Jeremy Evans M, King GA, Thompson DL. Evaluation of a foot-to-foot bioelectrical impedance analyser in highly active, moderately active and less active young men. *Br J Nutr.* 2002;88:205-10.
33. Wickramasinghe VP, Lamabadusuriya SP, Cleghorn GJ, Davies PSW. 2012. Development of a segmental bioelectrical impedance prediction equation for the assessment of body composition in Sri Lankan children. *Int J Body Comp Res.* 2012;10:79-86.