

Juan C. Aristizábal^{1,2}; Sara M. Olaya-Ramírez²; Argenis Giraldo²

Resumen

Antecedentes: la bioimpedancia es un método de estimación de la composición corporal rápido, económico y portátil. **Objetivo:** comparar la composición corporal obtenida por bioimpedancia e hidrodensitometría en mujeres de Medellín-Colombia. **Materiales y métodos:** se evaluó el porcentaje de grasa corporal de 50 voluntarias. Se utilizó como método de referencia la hidrodensitometría con medición simultánea del volumen residual pulmonar. Se midió la bioimpedancia mano-pie y se estimó el porcentaje de grasa corporal con las ecuaciones de Kotler y Sun. La bioimpedancia pie-pie se midió con báscula Tanita. El análisis estadístico empleó t-student pareada, error estándar del estimado y prueba Bland-Altman. **Resultados:** el porcentaje de grasa corporal obtenido por hidrodensitometría fue (33,3±5,6). Sun y Kotler estimaron porcentajes de grasa similares ($p>0,05$) a la hidrodensitometría (34,0±4,8 y 34,4±6,0, respectivamente). Tanita estimó un porcentaje de grasa diferente al método de referencia (30,1±5,8, $p=0,000$). La bioimpedancia presentó un bajo grado de acuerdo con la hidrodensitometría: Sun (Bland-Altman: -0,73 IC95%: -9,9; 8,4), Kotler (Bland-Altman: -1,1 IC95%: -10,7; 8,5) y Tanita (Bland-Altman: 3,2 IC95%: -5,8; 12,2). **Conclusiones:** las ecuaciones de Sun y Kotler estiman de forma adecuada el porcentaje de grasa corporal grupal, pero presentan poca concordancia con la hidrodensitometría en la estimación de la composición corporal individual. La báscula Tanita presentó las mayores diferencias con la hidrodensitometría en la estimación del porcentaje de grasa corporal grupal e individual.

Palabras clave: composición corporal, antropometría, grasa corporal, impedancia eléctrica, hidrodensitometría.

1 Grupo de Investigación en Fisiología y Bioquímica (PHYSIS), Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia UdeA. Calle 70 No. 52-21, Medellín, Colombia.

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, Olaya SM, Giraldo A. Comparación de la composición corporal obtenida por bioimpedancia e hidrodensitometría en mujeres de 38 a 60 años de Medellín-Colombia. *Perspect Nutr Humana*. 2015;17: 141-150.

DOI:10.17533/udea.penh.v17n2a04

Comparison of body composition assessment by bioimpedance versus hydrodensitometry in women 38 to 60 years old from Medellín-Colombia

Abstract

Background: Body composition assessment by bioimpedance is non-invasive, inexpensive and portable. **Objective:** To assess the validity of bioimpedance to estimate fat mass percentage (%FM) in women. **Materials and methods:** This is a cross-sectional study with a sample of 50 women, 38 to 60 years old. Hydrodensitometry with simultaneous measurement of the lung residual volume was used as the reference method. The %FM was assessed by the bioimpedance hand-to-feet technique using the equations of Sun and Kotler. A Tanita body composition scale was used to estimate the %FM with the bioimpedance feet-to-feet technique. **Results:** The %FM estimated by Sun ($34,0 \pm 4,8$) and Kotler ($34,4 \pm 6,0$) were not different ($p > 0,05$) from the %FM obtained by hydrodensitometry ($33,3 \pm 5,6$). The %FM estimated by Tanita differed from the reference method ($30,1 \pm 5,8$, $p = 0,000$). BIA equations and Tanita showed low agreement with hydrodensitometry: Sun (Bland-Altman: $-0,73$ CI95%: $-9,9$; $8,4$), Kotler (Bland-Altman: $-1,1$ CI95%: $-10,7$; $8,5$) and Tanita (Bland-Altman: $3,2$ CI95%: $-5,8$; $12,2$). **Conclusions:** In this specific population of women, hand-to-feet bioimpedance with Sun and Kotler equations accurately estimated the %FM of the whole group, but these equations lacked validity to assess the individual %FM. The Tanita body composition scale lacked validity to assess both; individual and group %FM.

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

INTRODUCCIÓN

La obesidad se define como una acumulación excesiva de grasa corporal que incrementa el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares (1). En Colombia, la prevalencia de obesidad evaluada por el índice de masa corporal ($IMC \geq 30 \text{ Kg/m}^2$) en mujeres adultas pasó de 16,6% en 2005 a 20,1% en 2010 (2-3). Para una adecuada prevención, monitoreo y tratamiento de la obesidad, se requieren métodos de evaluación de la composición corporal fáciles de transportar, rápidos y económicos. La aplicación de la bioimpedancia (BIA) permite estimar el contenido de grasa corporal de forma práctica y segura (4-5). Sin embargo, existe escasa información de la validez de este método en mujeres adultas colombianas.

La BIA es 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) (6-7). Para la medición de la BIA se utilizan técnicas como la mano-pie y la pie-pie; en la técnica mano-pie se colocan dos electrodos de gel en la mano derecha y dos electrodos en el pie derecho; en la técnica pie-pie se emplean dos electrodos metálicos en cada pie (4-5). En general, los valores de BIA se emplean en ecuaciones de predicción del contenido de agua corporal total o de la MLG. Luego, se estima la masa grasa al restar del peso corporal total la MLG (5).

Existen múltiples ecuaciones de BIA que utilizan la medición mano-pie para estimar la composición corporal. La ecuación de Kotler y colaboradores (8) viene incluida en el software del equipo BIA Quantum II de RJL Systems®. Esta ecuación fue diseñada en hombres y mujeres de diversos grupos étnicos (blanco, negro e hispano). La ecuación de Sun y colaboradores (7) se diseñó para la tercera Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de los Es-

tados Unidos (NHANES III), con una muestra de hombres y mujeres, blancos y negros. Las ecuaciones de Kotler y Sun no incluyen ajuste por grupo étnico, dado que los autores encontraron que la etnia tenía poco efecto en la estimación de la composición corporal por BIA, y que el objetivo de los investigadores era generar ecuaciones que se utilizaran en diferentes grupos de población (7-8).

A diferencia de las ecuaciones que emplean la técnica BIA mano-pie para estimar la composición corporal, existe poca información acerca de las ecuaciones de BIA que emplean la técnica pie-pie. Generalmente, los diseñadores de equipos de BIA pie-pie no publican las ecuaciones, lo cual dificulta el análisis de los resultados (4). Sin embargo, por su fácil aplicación, bajo costo y practicidad, la técnica pie-pie es utilizada por diversos equipos de BIA que se encuentran en el mercado, entre los más utilizados en Colombia se encuentra las básculas Tanita.

En Colombia, algunos estudios realizados en mujeres jóvenes (18 a 40 años) con la técnica BIA pie-pie y la técnica BIA mano-pie (aplicando diversas ecuaciones) reportan poca validez de éste método en la estimación de la composición corporal (9-10). Sin embargo, existe escasa información acerca de la validez de la BIA para estimar la composición corporal en mujeres adultas de edad media. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue comparar los valores de la composición corporal obtenidos por hidrodensitometría con los resultados de la báscula Tanita y las ecuaciones de BIA de Sun y Kotler en mujeres de 38 a 60 años de Medellín-Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de estudio y participantes. Se realizó un estudio descriptivo transversal con una muestra a conveniencia de 50 mujeres voluntarias entre 38 y 60 años de Medellín-Colombia. Los criterios

de exclusión fueron: tener implantes de silicona, prótesis o marcapasos; estar en embarazo; presentar enfermedades pulmonares u otra condición fisiológica que interfiriera con la realización de las pruebas o alterara los resultados. Adicionalmente, se verificó que las voluntarias cumplieran con los siguientes criterios antes de realizar las pruebas: no estar en los cinco días anteriores o posteriores al período menstrual; no haber realizado actividad física intensa o haber consumido alimentos productores de gases intestinales en las últimas 24 horas; no haber fumado y consumido alimentos por lo menos cuatro horas antes de la prueba, al momento de la misma no portar joyas, accesorios o maquillaje. Las evaluaciones se realizaron entre las 7:00 am y 9:30 am en el Laboratorio de Antropometría y Composición Corporal de la Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad de Antioquia en Medellín-Colombia.

Hidrodensitometría. La hidrodensitometría se utilizó como método de referencia para estimar el porcentaje de grasa corporal (%GC) (11). Fuera del agua, se midió el peso corporal (báscula Detecto de 0,1 kg de precisión) y la estatura (antropómetro GPM de 0,1 centímetro de precisión) siguiendo las técnicas descritas por Lohman (12). Dentro del agua, las voluntarias fueron pesadas al final de una espiración forzada (báscula Chatillon de 0,02 kg de precisión; tanque fibra de vidrio), con la medición simultánea del volumen residual pulmonar (espirómetro VMAX 22, Sensor Medics), por la técnica de barrido de nitrógeno (13). El volumen corporal (V_c) se obtuvo por la diferencia entre el peso fuera del agua (P_{fa}) y el peso dentro de esta (P_{ea}), corregido por la densidad del agua (D_a), así: $V_c = (P_{fa} - P_{ea}) / D_a$. Al V_c 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 (13). La densidad corporal (D_c) se obtuvo de dividir el P_{fa} por el V_c , y se calculó el %GC con la ecuación de Siri: $\%GC = 4,95 / D_c - 4,50$ (13).

Composición corporal estimada por bioimpedancia

Bioimpedancia. Se aplicaron dos técnicas de medición de BIA, mano-pie y pie-pie. La BIA mano-pie se realizó con un equipo tetrapolar (RJL Systems Quantum II). Diez minutos antes de la medición de la BIA, las voluntarias se acostaron en decúbito supino sobre una mesa de madera alejada de fuentes eléctricas. A las voluntarias se les colocaron cuatro electrodos en el hemicuerpo derecho; dos en la mano y dos en el pie, según las instrucciones del fabricante (14). Los valores de resistencia (R) y bioimpedancia (Z) se emplearon para estimar la MLG con las ecuaciones de Kotler (8): $MLG = 0,88 [(Estatura^{1,97} / Z^{0,49}) \times (1,0 / 22,22)] + (0,081 \times \text{Peso}) + 0,07$ y de Sun (7): $MLG = -9,53 + (0,69 \times \text{Estatu-}ra^2 / R) + (0,17 \times \text{Peso}) + (0,02 \times R)$.

La BIA pie-pie se realizó con una báscula Tanita (TBF-300) de acuerdo con las instrucciones del fabricante (15). Este equipo estima la composición corporal por medio de ecuaciones que utilizan los valores de la bioimpedancia, el peso corporal, la estatura, la edad y el sexo (15). Según el conocimiento de los autores, las ecuaciones que utiliza el equipo Tanita TBF-300 no han sido publicadas.

Cada una de las pruebas se realizó un mínimo de dos veces o hasta obtener resultados que estuvieran dentro de la variabilidad permitida del 1% para la bioimpedancia; 0,002 g/mL para la densidad corporal; 0,1 kg para el peso corporal y 0,5 cm para la estatura (12-13).

El IMC se utilizó para clasificar el peso de las voluntarias, utilizando los puntos de corte de la Organización Mundial de la Salud (16); peso adecuado ($IMC \geq 18,5$; $<25,0$), sobrepeso ($IMC \geq 25,0$; $<30,0$), obesidad ($IMC \geq 30,0$).

Análisis estadístico

Los resultados se presentan como promedio \pm una desviación estándar. Se determinó la normalidad de los datos por la prueba de Kolmogorov-

Smirnov y la homocedasticidad por la prueba de Levene. Los %GC obtenidos por bioimpedancia mano-pie y pie-pie se compararon con la hidrodensitometría mediante la prueba t-student pareada. Se utilizó el error estándar del estimado (EEE) para calcular el error de predicción del %GC de las ecuaciones de BIA y de la báscula Tanita. Se aplicó la prueba de Bland-Altman para establecer los grados de acuerdo entre los métodos (17). Se consideraron diferencias significativas los valores de $p \leq 0,05$.

Consideraciones éticas

La investigación contó con la aprobación del Comité de Bioética de la Facultad de Medicina de la Universidad de Antioquia. A las participantes se les informó el objetivo del estudio y las pruebas a realizar y se obtuvo el consentimiento informado de cada una.

RESULTADOS

Las características generales de la muestra se observan en la tabla 1. Se evaluaron 50 mujeres adultas; 56% (n=28) de las voluntarias estaba entre los 38 y 50 años, y 44% (n=22) entre los 50 y 60 años. El valor promedio del IMC ($25,1 \pm 3,1$) clasificó este grupo de mujeres con sobrepeso. Sin embargo, 48% (n=24) presentó un peso corporal adecuado, 46% (n=23) sobrepeso y 5% (n=3) obesidad.

Tabla 1. Características generales de los participantes

Variabes (n=50)	Promedio (DE)	Rango
Edad (años)	49,3 \pm 6,8	38-60
Peso (Kg)	59,9 \pm 7,4	44,5-81,7
Estatura (cm)	154,7 \pm 5,8	142,7-173,5
Índice de masa corporal (kg/m ²)	25,1 \pm 3,1	19,2-32,9
Densidad corporal (g/mL)	1,024 \pm 0,012	1,003-1,057

Los resultados de composición corporal obtenidos por las ecuaciones de Sun y Kotler fueron similares a la hidrodensitometría, pero los resultados de la báscula Tanita difirieron del método de referencia (Tabla 2). Por hidrodensitometría se obtuvieron valores promedio de MLG (39,8±4,2 kg), masa grasa (20,2±5,2 kg) y %GC (33,3±5,6%), los cuales no difirieron significativamente ($p>0,05$) de los estimados por las ecuaciones de Sun y Kotler (Tabla 2). Por el contrario, los resultados de la báscula Tanita comparados con la hidrodensitometría sobreestimaron la MLG (+1,8kg; $p<0,001$) y subestimaron ($p<0,001$) la masa grasa y el %GC (-1,8 kg y -3,2%, respectivamente).

Los EEE y los límites de acuerdo del %GC entre la hidrodensitometría y la bioimpedancia se presen-

tan en la tabla 3. Los EEE del %GC obtenido con la báscula Tanita y las ecuaciones de Sun y Kotler oscilaron entre 4,1 y 4,4. La báscula Tanita y las ecuaciones de Sun y Kotler presentaron un bajo grado de acuerdo con la hidrodensitometría en la estimación del %GC individual (Tabla 3, Figuras 1-3). En la prueba de Bland-Altman los límites superiores para la ecuación de Sun (8,4%); Kotler (8,5%) y el obtenido con la báscula Tanita (12,2%) indican que la ecuación de Sun, Kotler y la báscula Tanita pueden subestimar el %GC individual en un 8,4; 8,5 y 12,2%, respectivamente. Así mismo, los límites inferiores de la prueba de Bland-Altman indican las posibles sobrestimaciones del %GC individual que fueron para la ecuación de Sun -9,9%; Kotler -10,7% y la báscula Tanita -5,8% (Tabla 3, Figuras 1-3).

Tabla 2. Composición corporal obtenida por hidrodensitometría y bioimpedancia

	Hidrodensitometría Promedio (DE)	Kotler Promedio (DE)	Sun Promedio (DE)	Tanita Promedio (DE)
Masa libre de grasa (kg)	39,8±4,2	39,0±3,2	39,4±3,7	41,6±2,7*
Masa grasa (kg)	20,2±5,2	21,0±5,8	20,6±4,9	18,4±5,5*
Porcentaje de grasa (%)	33,3±5,6	34,4±6,0	34,0±4,8	30,1±5,8*

* Diferencia significativa de Hidrodensitometría ($p<0,001$).

Tabla 3. Error estándar del estimado, amplitud del límite de acuerdo y límites de acuerdo del porcentaje de grasa, obtenido por hidrodensitometría y bioimpedancia

Métodos	Error estándar del estimado	Amplitud límite de acuerdo [#]	Límites de acuerdo [†]	
			Inferior	Superior
Hidrodensitometría-Sun	4,44	18,3	-9,9	8,4
Hidrodensitometría-Kotler	4,26	19,2	-10,7	8,5
Hidrodensitometría-Tanita	4,11	18,0	-5,8	12,2

[#] Método de Bland y Altman: la amplitud del límite de acuerdo es la distancia entre el intervalo superior e inferior de los límites de acuerdo. [†]Límites de acuerdo: son los límites calculados como la diferencia promedio entre los métodos ± dos desviaciones estándar de las diferencias.

DISCUSIÓN

El objetivo del presente estudio fue comparar los resultados de la composición corporal obtenidos por hidrodensitometría y bioimpedancia, en mujeres adultas de edad media de Medellín-Colombia. La BIA mano-pie con las ecuaciones de Sun y Kotler, estimó de forma acertada la composición corporal grupal, sin embargo, éstas ecuaciones presentaron un bajo grado de acuerdo con la hidrodensitometría en la estimación del %GC individual. La BIA pie-pie, con la báscula Tanita, presentó diferencias significativas con la hidrodensitometría en la estimación del %GC grupal y baja concordancia con éste método en la evaluación individual. Resultados similares han sido reportados (18-21) y sugieren que la BIA mano-pie puede ser de utilidad en estudios epidemiológicos para evaluar grupos de individuos, pero ésta técnica presenta una exactitud baja en la estimación de la composición corporal individual (4,18).

Las ecuaciones de Sun y Kotler estimaron valores promedio del %GC similares a la hidrodensitometría y, presentaron EEE aceptables (<4,5%) de acuerdo con los criterios de Lohman (22). Sin embargo, éstas ecuaciones mostraron una baja concordancia con el método de referencia según la prueba Bland-Altman; el límite inferior de acuerdo para la ecuación de Sun fue de -9,9% y para la ecuación de Kotler fue de -10,7% (Figuras 1 y 2). Esto indica que la ecuación de Sun puede sobrestimar el %GC individual en un 9,9% y la de Kotler en un 10,7%. Resultados similares se han reportado en mujeres jóvenes colombianas y en otras poblaciones (9-10, 23). La baja concordancia de las ecuaciones de Sun y Kotler puede obedecer a que fueron diseñadas en grupos étnicos con características físicas diferentes a las mujeres del presente estudio (24-25). Por ejemplo, la estatura promedio en el estudio de Sun (163,0±0,72 cm) y de Kotler (163,9±1,90 cm) fue superior a la de

las mujeres evaluadas en el estudio de Medellín (154,7±5,8 cm; $p<0,001$). Estas diferencias en estatura modifican los valores de la BIA y de la composición corporal, dado que las extremidades superiores e inferiores aportan hasta el 90% de la oposición al paso de la corriente eléctrica en la técnica mano-pie (26). Así mismo, se ha reportado que diferencias entre grupos étnicos en la densidad corporal, la distribución de la grasa y la proporcionalidad de los segmentos corporales, afectan la precisión y exactitud de la BIA (24-25).

La BIA pie-pie con la báscula Tanita subestimó la masa grasa (-1,8 kg; $p<0,001$) y el %GC (-3,2%; $p<0,001$) resultados similares han sido reportados previamente (10,21,25). En la BIA pie-pie, además del sesgo que puede generar la aplicación de ecuaciones sin previa validación, existen otras posibles fuentes de error que alteran los resultados del método. Se ha sugerido que la BIA pie-pie tiene limitaciones para estimar la grasa corporal total, especialmente la que se encuentra en el segmento superior del cuerpo, dado que la corriente eléctrica atraviesa principalmente el segmento inferior (27-28). Así mismo, se ha indicado que la posición de pie puede afectar la distribución de los líquidos corporales; una mayor acumulación de agua en el segmento inferior del cuerpo podría alterar los valores de la BIA (4). Dadas las limitaciones que tiene la técnica BIA pie-pie, fabricantes de equipos como Tanita han modificado sus instrumentos para incluir dos electrodos en cada mano y en cada pie (29), dando origen a los equipos de BIA de ocho electrodos que se encuentran recientemente en el mercado.

Éste estudio presenta algunas fortalezas como la evaluación de la composición corporal con un método referencia como la hidrodensitometría. La determinación de la densidad corporal mediante el peso bajo el agua con la medición simultánea del volumen residual pulmonar, minimiza el grado de

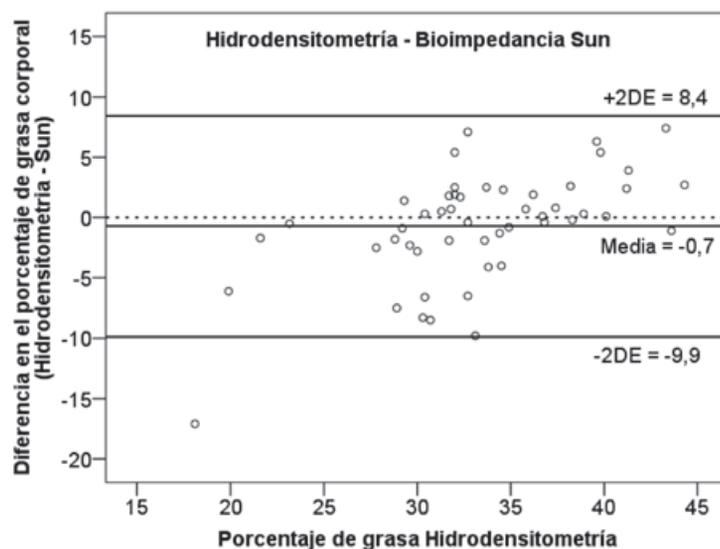


Figura 1. Concordancia del porcentaje de grasa corporal obtenido por hidrodensitometría y bioimpedancia mano-pie con la ecuación de Sun.

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 ($MD \pm 2DE$).

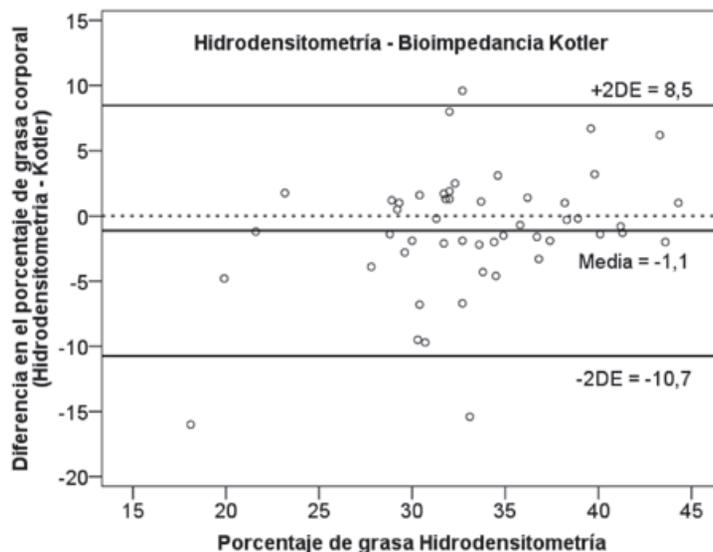


Figura 2. Concordancia del porcentaje de grasa corporal obtenido por hidrodensitometría y bioimpedancia mano-pie con la ecuación de Kotler.

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 estimada por bioimpedancia

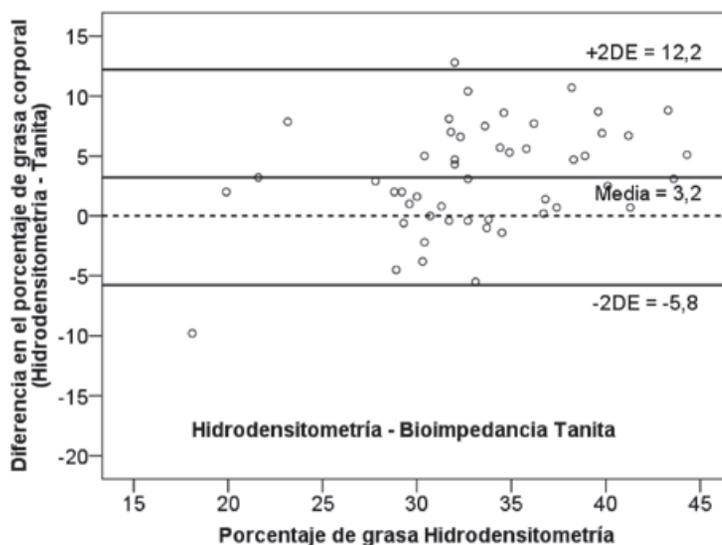


Figura 3. Concordancia del porcentaje de grasa corporal obtenido por hidrodensitometría y bioimpedancia pie-pie con la báscula Tanita.

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 ($MD \pm 2DE$).

error de este método en la estimación de la composición corporal (13). Sin embargo, la aplicación de la hidrodensitometría demanda gran colaboración de los sujetos y el uso de un vestido de baño; condiciones que pueden limitar la participación de los individuos. Debido a estas circunstancias los participantes de la investigación representan una muestra a conveniencia, dado que solo se analizaron los resultados de las mujeres que completaron exitosamente todas las pruebas. Por lo anterior, los resultados del estudio no se pueden generalizar a una población en particular y deben ser interpretados con cautela cuando se analiza la validez de la BIA.

En conclusión, la BIA mano-pie con las ecuaciones de Sun y Kotler estimaron de forma adecuada el %GC grupal, pero presentaron un bajo grado

de acuerdo con la hidrodensitometría en la estimación del %GC individual. La BIA pie-pie, con la báscula Tanita, presentó diferencias significativas y baja concordancia con la hidrodensitometría en la estimación del %GC grupal e individual. Se requieren estudios similares en otros grupos de la población, que además incluyan los nuevos desarrollos de la BIA como son las técnicas de ocho electrodos y la aplicación de múltiples frecuencias de corriente eléctrica, para valorar si estos avances en la tecnología BIA mejoran la exactitud del método en la estimación de la composición corporal individual.

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. doi: 10.1038/ejcn.2009.68.
2. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, Profamilia, Instituto Nacional de salud, Universidad de Antioquia. Encuesta nacional de la situación nutricional en Colombia: 2005. Bogotá: ICBF; 2006.
3. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, Ministerio de la Protección Social, Instituto Nacional de Salud, Profamilia. Encuesta nacional de la situación nutricional en Colombia 2010. Bogotá: ICBF; 2011. 512 p
4. Mulasi U, Kuchnia AJ, Cole AJ, Earthman CP. Bioimpedance at the bedside: current applications, limitations, and opportunities. *Nutr Clin Pract.* 2015;30:180-93. doi: 10.1177/0884533614568155.
5. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD. Bioelectrical impedance analysis, part I: review of principles and methods. *Clin Nutr.* 2004;23:1226-43. doi: 10.1016/j.clnu.2004.06.004.
6. 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. doi: 10.1038/ejcn.2012.149.
7. Sun SS, Chumlea WC, Heymsfield SB. 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.
8. Kotler DP, Burastero S, Wang J, Pierson RN. 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(Suppl 3):489S-97S.
9. Caicedo-Eraso J, González-Correa C, González-Correa C. Bioelectrical impedance analysis (BIA) equations validation against hydrodensitometry in a Colombian population. *J Phys Conf Ser.* 2013;(434):1-4. doi:10.1088/1742-6596/434/1/012065.
10. Aristizabal J, Restrepo M. Validez de la bioimpedancia para estimar la composición corporal de mujeres entre los 18 y 40 años. *Perspect Nutr Humana.* 2014;16:52-60.
11. Cornier MA, Després JP, Davis N. Assessing adiposity: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2011;124:1996-2019. doi: 10.1161/CIR.0b013e318233bc6a.
12. Lohman T, Roche A, Martorell R. Antropometric standardization reference manual. Champaign: Human Kinetics; 1988. p. 2-80.
13. Going S. Densitometry In: Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG. Human body composition. Champaign: Human Kinetics; 1996. p. 3-22.
14. Cyprus body composition analysis: Appendix B: Testing your BIA instrument. Clinton Township: RJL Systems R; 2012.
15. Tanita. Understanding BIA technology: Tanita body composition analyser. Arlington Heights. Technical notes N°5.
16. WHO. Obesity and overweight. Geneva; 2015. [citado agosto de 2015] Fact sheet N°311. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>
17. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986;1:307-10.
18. Lazzer S, Boirie Y, Meyer M, Vermorel M. Evaluation of two foot-to-foot bioelectrical impedance analysers to assess body composition in overweight and obese adolescents. *Br J Nutr.* 2003;90:987-92.
19. Aglago KE, Menchawy IE, Kari KE. 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. doi: 10.1038/ejcn.2013.125.

Composición corporal estimada por bioimpedancia

20. Pateyjohns I, Brinkworth G, Buckley J, Noakes M, Clifton P. Comparison of three bioelectrical impedance methods with DXA in overweight and obese men. *Obesity* 2006;14:2064-70.
21. 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. doi: 10.1016/j.clnu.2007.08.003.
22. Lohman TG. *Advances in body composition assessment*. Champaign: Human Kinetics; 1992. p. 1-5.
23. Aleman-Mateo H, Rush E, Esparza-Romero J. 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.
24. 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. doi: 10.1038/sj.ejcn.1601303.
25. Haroun D, Taylor SJ, Viner RM. Validation of bioelectrical impedance analysis in adolescents across different ethnic groups. *Obesity.* 2010;18:1252-9. doi: 10.1038/oby.2009.344.
26. 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. doi: 10.1038/ejcn.2012.166.
27. Ellis KJ. Selected body composition methods can be used in field studies. *J Nutr.* 2001;131:1589S-95S.
28. Marrodán SM, Mesa MS, Cabañas MD, Gonzalez Montero M, Pacheco JL. 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.
29. Pietrobelli A, Rubiano F, St-Onge MP, Heymsfield SB. New bioimpedance analysis system: improved phenotyping with whole-body analysis. *Eur J Clin Nutr.* 2004;58:1479-84. doi: 10.1038/sj.ejcn.1601993.