

# Composición corporal por impedancia bioeléctrica de arco inferior en individuos con sobrepeso y obesidad de población española

Diego Bellido Guerrero<sup>1</sup>, José Carreira Arias<sup>2</sup>,  
Virginia Bellido Castañeda<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Servicio de Endocrinología y Nutrición. Complejo Hospitalario Arquitecto Marcide-Novoa Santos. Ferrol (A Coruña)

<sup>2</sup> Xerencia de Atención Primaria (XAP). Servizo Galego de Saúde (SERGAS). Lugo

<sup>3</sup> Servicio de Endocrinología y Nutrición. Hospital Universitario Central de Asturias. Oviedo

**Correspondencia:** Dr. Diego Bellido Guerrero  
c/ Hospital, 29-31, 4.º A.  
15401 Ferrol (A Coruña)

**Correo electrónico:** diego\_bellido@arrakis.es

**Introducción:** El análisis de la composición corporal por BIA es un método ampliamente utilizado en sus diversas modalidades, siendo los equipos de monofrecuencia tetrapolares los más empleados para la estimación de los compartimentos adiposo y no adiposo, a partir de la estimación del contenido en agua corporal.

**Objetivo:** En este estudio se analizaron los resultados obtenidos al estimar la composición corporal mediante BIA en una muestra de pacientes con sobrepeso y obesidad de la población española, aplicando dos modelos matemáticos, el incluido en el equipo por el fabricante y otro específicamente desarrollado para pacientes con exceso de peso.

**Pacientes y métodos:** Se estudió una muestra de 288 pacientes con sobrepeso y obesidad de la población española (69,8% mujeres y 30,2% hombres) a los que se realizó análisis de composición corporal por bioimpedancia mediante Tanita TBF 305® y con la aplicación de un modelo matemático específico a partir de la impedancia suministrada por el equipo; los valores obtenidos por ambos modelos se compararon con los obtenidos mediante análisis de la composición corporal por absorciometría de rayos X como técnica de referencia (LUNAR DPX-L®).

**Resultados:** El modelo específico mostró menor error –con mayor validez y precisión glo-

bales– que el modelo matemático incluido en el equipo, tanto en las estimaciones del compartimento adiposo y su porcentaje como en el compartimento libre de grasa.

**Conclusiones:** Los análisis de composición corporal mediante BIA deben emplear ecuaciones validadas previamente en la población que se pretende analizar, ya que pueden obtenerse valores erróneos debido a modificaciones fisiopatológicas en los compartimentos corporales y a las diferencias fenotípicas entre individuos.

**Palabras clave:** Composición corporal. Impedancia bioeléctrica. BIA. Absorciometría. DEXA. Obesidad.

### Assessment of bodily composition by inferior arch bioelectric impedance (IABI) in overweight and obese individuals in a Spanish population

**Background:** IABI analysis of the bodily composition in its various modalities is a widely-used method, the tetrapolar monofrequency devices being those most often used for estimation of the adipose and non-adipose compartments through the assessment of the corporal water content.

**Aims and Purposes:** We have analyzed the results of the IABI estimation of bodily composition in a sample of overweight and overtly obese individuals in a Spanish population, us-

ing two mathematical models –one provided by the manufacturer and the other one *ex professo* developed for overweight patients–.

**Patients and Methods:** The studied sample comprised 288 overweight and obese individuals (69.8% females; 30.2% males) from a Spanish population to whom IABI bodily composition analyses were performed using the Tanita® TBF 305 device and a specific mathematical model based on the impedance values provided by the device. The results of the two mathematical models were compared using the analysis of bodily composition through X-ray absorptiometry (LUNAR DPX-L®) values as the reference technique.

**Results:** The specific model evidenced a lesser error value –with greater overall precision and validity– than the manufacturer-provided mathematical model, both in the absolute and percentual estimations of the adipose compartment and in that of the lean compartment.

**Conclusions:** The IABI bodily composition analyses should use equations or mathematical models that have been previously validated for the population to be studied, as erroneous results may arise because of pathophysiological modifications in the bodily compartments or phenotypical differences between individuals.

**Key words:** Bodily composition. Bioelectric impedance. IABI. Absorptiometry. DEXA. Obesity.

## INTRODUCCIÓN

Las medidas de la masa grasa (MG), masa libre de grasa (MLG) y agua corporal total (ACT), y sus compartimentos de agua extracelular (AEC) e intracelular (AIC) son esenciales en la nutrición clínica y en aquellos contextos patológicos en los que la valoración nutricional y la estimación de los compartimentos hídricos del organismo permiten diagnosticar alteraciones que influyen en la morbimortalidad y pueden condicionar la planificación terapéutica.

El desarrollo de la impedancia bioeléctrica (BIA) en sus diversas modalidades mono y multifrecuencia, y BIA vectorial, reúne un conjunto de características como son la facilidad de empleo, la portabilidad, el bajo coste relativo, la inocuidad en exploraciones repetidas, la posibilidad de realización en los diversos estados fisiológicos y patológicos del individuo y una reducida variabilidad interobservador, además de su validación frente a técnicas de referencia. Todo ello ha permitido que se consolide como una técnica de estimación del ACT y de los compartimentos corporales a partir de ésta, siendo asequible para su empleo en clínica diaria y en pacientes hospitalizados; asimismo, estas características la hacen idónea para los estudios poblacionales.

Entre los diversos tipos de BIA, el modelo monofrecuencia a 50 KHz es el más utilizado en los diversos estudios publicados<sup>(1-5)</sup>, siendo los modelos que exploran al paciente en bipedestación los que aportan la ventaja adicional de medir directamente el peso del paciente y evitan el uso de electrodos desechables, además de reducir la posible variabilidad del operador en la colocación de los electrodos adhesivos respecto a los equipos en decúbito.

En el caso particular de la obesidad, a lo anterior se añade que técnicas antropométricas como el índice de masa corporal (IMC) –a diferencia del BIA– no permiten distinguir entre MG y MLG, por lo que el IMC ha sido cuestionado como estimador válido del exceso de adiposidad<sup>(6-8)</sup>, a pesar de la correlación significativa existente entre el IMC y la medida de MG y su porcentaje<sup>(9-12)</sup> y de que éste es el hecho definitorio de la obesidad. Ello conduce a clasificar erróneamente como sobrepeso u obesidad a individuos con elevada masa muscular y, por el contrario, sujetos con un IMC en el rango considerado normal pueden presentar un porcentaje elevado de MG<sup>(13,14)</sup>; por otro lado, se objetivan casos en los que la categorización por IMC no se corresponde con los rangos de porcentaje de MG publicados para obesidad<sup>(9)</sup>.

En los últimos años se ha producido un incremento notable de la utilización de la tecnología de densitometría de rayos X de doble energía (DEXA) como método validado en estudios de composición corporal y en el seguimiento de pacientes con tra-

tamientos nutricionales<sup>(15-19)</sup>, debido a que constituye una técnica rápida y de fácil acceso, con mínima radiación respecto a otras técnicas de referencia como la tomografía computarizada.

Los avances tecnológicos y la progresiva implantación de equipos de DEXA han llevado al empleo de la misma, bien como técnica de referencia única, bien formando parte de modelos multicompartmentales<sup>(20,21)</sup>, y con resultados revisados por diversos autores<sup>(19,22)</sup>. A este desarrollo de las aplicaciones de la DEXA ha contribuido el perfeccionamiento de los algoritmos de análisis, ampliando notablemente los objetivos iniciales de la absorciometría en cuanto a diagnóstico y seguimiento de los trastornos de la densidad ósea mineral<sup>(23)</sup>.

En la actualidad, la DEXA constituye una técnica patrón para comparar otros métodos, teniendo en cuenta las dificultades para acceder a modelos multicompartmentales, aunque permanecen por resolver las diferencias observadas entre estudios que utilizan diferentes equipos de DEXA<sup>(24)</sup>.

La BIA presenta limitaciones propias de los principios físicos en los que se fundamenta, lo cual, asumiendo que las exploraciones deben realizarse bajo ciertas condiciones estandarizadas<sup>(25)</sup>, hace que los resultados sean dependientes de la población en la que se efectúan. En este trabajo comparamos las estimaciones de los parámetros de composición corporal proporcionados por el modelo matemático incluido en un equipo BIA de tipo Tanita monofrecuencia y las obtenidas con un modelo matemático estimativo específicamente desarrollado en sobrepeso y obesidad para población española.

## PACIENTES Y MÉTODOS

Se estudiaron 288 pacientes con sobrepeso y obesidad de población española y raza blanca, 201 mujeres (69,8%) y 87 hombres (30,2%), procedentes de una consulta externa del Servicio de Endocrinología y Nutrición. Para la clasificación de pacientes como portadores de sobrepeso u obesidad se siguieron los criterios de la Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad 2007<sup>(26)</sup>: sobrepeso en pacientes con un IMC comprendido entre 27 y 29,9 kg/m<sup>2</sup> y obesidad en pacientes con un IMC  $\geq$  30 kg/m<sup>2</sup>.

Se realizó una antropometría con determinación de peso, talla y cálculo del IMC con métodos estándar, empleando un estadiómetro Holtain® (Holtain, Ltd., RU) y una báscula SECA® (Medical Resources, EOI, Inc., Ohio, EE UU) aproximados hasta 0,5 cm y 100 g, respectivamente; y un estudio de composición corporal por BIA con un equipo Tanita TBF 305®, que determina la impedancia segmentaria del arco inferior en bipedestación a 50 KHz y 0,8 mA. El dispositivo proporcio-

na los siguientes parámetros para cada paciente: MG, MLG, ACT, porcentaje de MG y valor de la impedancia en ohmios. Las estimaciones de los compartimentos corporales se realizan mediante un modelo matemático incluido en el equipo por el fabricante, modelo al cual no hemos tenido acceso.

Como técnica de referencia para comparar los parámetros de composición corporal estimados por BIA, se realizó a los pacientes un estudio corporal total mediante DEXA con un equipo LUNAR® DPX-L (Lunar Corporation, EE UU), en modo de análisis medio, con el que se determinó MG, masa ósea, y MLG no ósea, realizando las estimaciones de estos compartimentos corporales mediante el *software* de análisis de cuerpo entero proporcionado por el fabricante, en su versión 4.6.

El valor de la impedancia se utilizó para estimar los compartimentos de MG y MLG utilizando un modelo matemático desarrollado por nosotros en población española con sobrepeso y obesidad, y validado en muestra independiente, con DEXA como técnica de referencia. El modelo matemático se obtuvo por regresión lineal multivariable por mínimos cuadrados ordinarios, con la MLG como variable dependiente, y la impedancia por Tanita, introduciendo las variables antropométricas de peso y talla, además del sexo y la edad, para aumentar la capacidad predictiva del modelo<sup>(27)</sup>.

El porcentaje de MG por el modelo específico para nuestra población se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$(MG_{\text{modelo}} / \text{peso corporal}) \times 100$$

donde  $MG_{\text{modelo}}$  resulta de restar del peso antropométrico la MLG estimada por el modelo específico.

Para analizar si existían diferencias significativas entre las variables de composición corporal estimadas por BIA y DEXA, empleamos la prueba *t* de Student. El análisis del ajuste a la normalidad de las variables se efectuó por métodos gráficos y con la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

La evaluación del grado de acuerdo entre los resultados proporcionados por el equipo Tanita y por el modelo específico con la técnica de referencia se realizó empleando el método de análisis de diferencias de Bland y Altman<sup>(28)</sup>, el cálculo de los coeficientes de concordancia<sup>(29)</sup> y la construcción de gráficos de acuerdo<sup>(30)</sup>.

En los análisis gráficos de Bland y Altman, la media de las diferencias entre las ecuaciones y la DEXA se representa mediante una línea continua paralela al eje de abscisas, y los límites de concordancia se representan con otras dos líneas de trazo discontinuo paralelas a la línea de la media, colocadas por encima y por debajo, que indican, respectivamente, los valores de la media + 2 DE y la media - 2 DE. Entre estos intervalos

debe situarse el 95% de las diferencias entre el modelo evaluado y el método de referencia<sup>(31)</sup>.

Para complementar la valoración del grado de acuerdo de los modelos matemáticos con la técnica de referencia se calcularon los coeficientes de correlación intraclase (CCI) y sus intervalos de confianza al 95%, considerando, de modo abreviado, CCI > 0,91 = excelente; CCI < 0,30 = nula<sup>(32,33)</sup>, y se realizó un análisis gráfico de las rectas de regresión obtenidas al correlacionar los valores de composición corporal obtenidos con BIA y los proporcionados por DEXA.

Con los gráficos de regresión se valoró el error sistemático y aleatorio de los modelos de BIA frente a DEXA mediante la regresión entre los valores estimados por las ecuaciones de BIA y los proporcionados por DEXA. El error aleatorio de los modelos estudiados se cuantifica mediante el valor del porcentaje de la varianza del compartimento estimado por DEXA atribuible al modelo estudiado, representado por el coeficiente de determinación. Posteriormente, como dato adicional para valorar la concordancia entre los datos de BIA y DEXA, se calculó la desviación cuadrática media (DCM) para los valores de los compartimentos MLG y MG para cada modelo de BIA frente a DEXA<sup>(34)</sup>.

Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete SPSS® (SPSS, Inc.) 17.0 para Windows®. En todos los métodos estadísticos se consideró significativo un valor de  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

El estudio descriptivo de la muestra de pacientes se refleja en la **Tabla 1**. La MLG por DEXA como parámetro de referencia se obtuvo restando la MG estimada por DEXA al peso antropométrico; la MG estimada por el modelo desarrollado para nuestra población se calculó restando del peso antropométrico la MLG calculada previamente por el modelo.

Las variables presentaron desviación de la normalidad, debido probablemente a la heterogeneidad de la muestra, aunque dado el tamaño muestral se puede asumir su ajuste a la normal en la población; se obtuvieron diferencias significativas entre las estimaciones de MG y MLG por Tanita respecto a DEXA. Las diferencias no fueron significativas entre DEXA y las estimaciones de MG y MLG por nuestro modelo.

En el análisis de concordancia se obtuvo una sobreestimación de la MLG en 3,04 kg por Tanita, con un rango de entre -27,34 kg y 26,91 kg; en el modelo desarrollado en nuestra población la sobreestimación fue de 0,0405 kg, con un rango de -8,72 kg y 8,30 kg (**Figura 1**); mientras que para la MG se observó una infraestimación media de 2,97 kg, con un rango

Tabla 1. ESTUDIO DESCRIPTIVO DE LAS VARIABLES

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Edad (años)	18	75	40,96	14,786
Peso (kg)	59	128	88,19	13,725
Talla (cm)	141	189	163,34	9,063
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	27,01	48,29	32,9747	3,82590
Impedancia Tanita (ohmios)	337	634	481,24	64,003
MG por BIA Tanita (kg)	11,8	84,0	33,279	11,2499
MLG por BIA Tanita (kg)	27,4	94,0	55,316	14,8737
MO DEXA (kg)	1,74	4,51	2,8831	0,46397
MG DEXA (kg)	20,00	62,57	36,5130	7,42331
MM DEXA (kg)	28,88	72,45	45,5150	10,01756
MLG modelo (kg)	31,75	78,86	52,3217	11,68570
MG modelo (kg)	20,51	58,02	36,2165	6,50603

MG y MLG por BIA Tanita: masa grasa y masa libre de grasa por la ecuación incluida en Tanita; MO DEXA, MG DEXA y MM DEXA: masa ósea, masa grasa y masa libre de grasa no ósea por DEXA; MLG y MG modelo: masa libre de grasa y masa grasa estimadas por el modelo para BIA desarrollado para nuestra población

de entre -23,84 kg y 27,34 kg por Tanita, y de -0,0405 kg, con un rango de -8,30 kg y 8,72 kg, respectivamente, para nuestro modelo (Figura 2).

Los coeficientes de concordancia frente a DEXA mostraron los siguientes valores: para la MLG por Tanita, 0,8077, y 0,9625 para el modelo específico; para la MG, 0,659 y 0,888 para Tanita y para el modelo específico, respectivamente.

El CCI del modelo específico mostró valores para la MLG de 0,963 (IC 95%: 0,952-0,971) respecto a DEXA, y de 0,808 (IC 95%: 0,722-0,864) para Tanita; en las estimaciones de MG los valores de CCI fueron de 0,889 (IC 95%: 0,859-0,913) y 0,660 (IC 95%: 0,530-0,750) para el modelo específico y Tanita, respectivamente.

El análisis gráfico de las rectas de regresión lineal para la MLG calculadas entre los valores estimados por BIA y los valores suministrados por DEXA (Figura 3) muestra menor error del modelo específico, con  $R^2 = 0,928$  y pendiente 0,999, frente a la ecuación incluida en el dispositivo,  $R^2 = 0,715$  y pendiente 0,688; en la estimación de la MG los resultados también son favorables al modelo específico, con valores de  $R^2 = 0,799$  y pendiente 1, frente a  $R^2 = 0,575$  y pendiente 0,490 del modelo

de Tanita (Figura 4). La DCM también mostró valores indicativos de mayor concordancia del modelo específico para BIA, con valores de 63,126 para la MLG por Tanita frente a 10,681 para la MLG por el modelo específico. En el caso de la MG se obtuvieron valores de 64,235 para Tanita y 10,642 para el modelo específico.

En los gráficos de acuerdo se obtuvieron diferencias de al menos 2,5 kg en la MLG estimada por Tanita en el 80% de los casos, mientras que para el modelo específico las diferencias fueron menores de 1 kg (Figura 5). De forma análoga, en las estimaciones de la MG las diferencias en el 80% de los casos fueron, como mínimo, de 2 kg para Tanita, siendo también inferiores de 1 kg en el caso del modelo específico desarrollado en nuestra población (Figura 6).

Para el porcentaje de MG por BIA se observaron los siguientes resultados: en el análisis de Bland-Altman se obtuvo una infraestimación media de 3,19 kg para Tanita, con un rango de entre -19,60 y 30,04, mientras que para el modelo específico el error medio fue una sobreestimación de 0,027 kg, con un rango de -10,33 y 12,11 (Figura 7). Los coeficientes de concordancia frente a DEXA fueron de 0,63 para

Tanita y de 0,86 para el modelo específico, mientras que los CCI fueron, respectivamente, de 0,626 (IC 95%: 0,494-0,721) y 0,857 (IC 95%: 0,819-0,887).

En el análisis gráfico de las rectas de regresión lineal para los porcentajes de MG por BIA en referencia a DEXA se obtuvieron valores de  $R^2 = 0,535$  y pendiente 0,457 para Tanita, y de  $R^2 = 0,748$  y pendiente 0,996 para el modelo específico. Las DCM fueron de 71,14 y 13,90 para el porcentaje de MG por Tanita y para el modelo específico, respectivamente (Figura 8).

En los gráficos de acuerdo se observó que en el 80% de los casos existían diferencias de al menos el 2,5% para las estimaciones de porcentaje de MG por Tanita, mientras que para el modelo específico las diferencias fueron del 0,75% (Figura 9).

En general, los valores para la MLG y la MG suministrados por Tanita mostraron una tendencia a la sobreestimación relacionada con los valores elevados de ambos compartimentos. En el caso del modelo específico desarrollado en nuestra población, se observó la tendencia inversa. En un estudio reciente también se observó una tendencia a la infraestimación en los sujetos con valores elevados en los compartimentos de MG y MLG en los análisis con BIA monofrecuencia en sobrepeso y obesidad<sup>(35)</sup>.

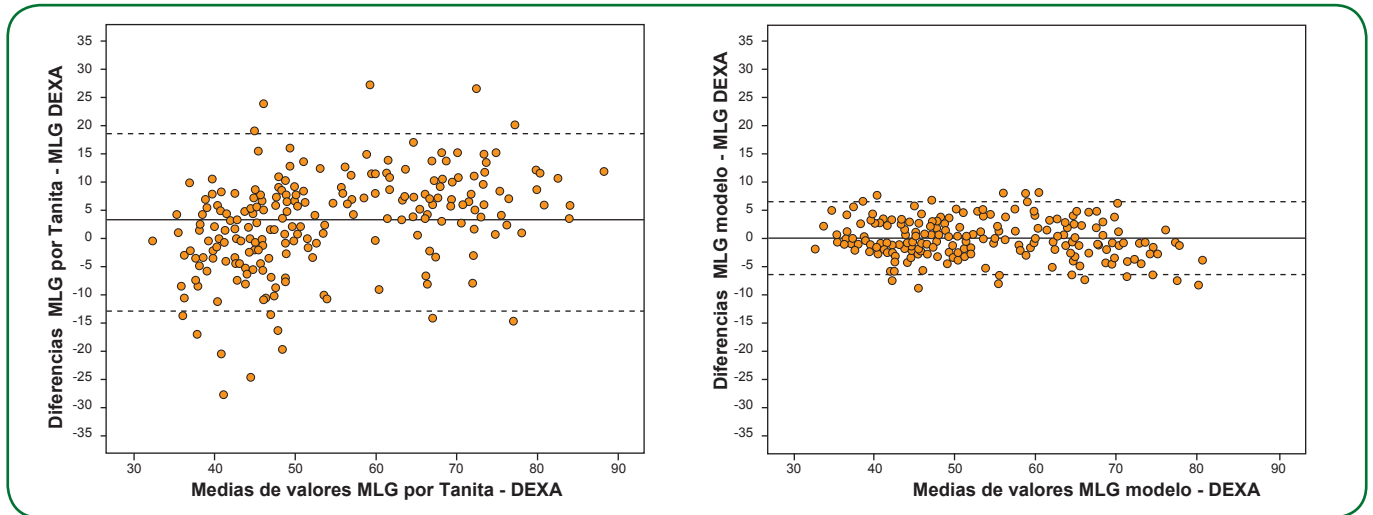


Figura 1. Análisis de diferencias para MLG estimada por BIA Tanita y modelo específico frente a DEXA.

## DISCUSIÓN

Se han publicado numerosos modelos matemáticos basados en BIA para estimar el ACT, la MG y la MLG en poblaciones diferentes, que han obtenido valores diversos tanto en los coeficientes de regresión como en los errores de estimación, existiendo excelentes revisiones en la literatura sobre este aspecto<sup>(2,36)</sup>, pero son escasos los estudios dirigidos al desarrollo de modelos matemáticos predictivos en pacientes con sobrepeso y/u obesidad<sup>(37-39)</sup>. Varios de los trabajos publicados están realizados con muestras inferiores a 100 sujetos con BIA multifrecuencia y espectroscópica, y valoran el contenido de

ACT. También son escasos los modelos que estiman la MLG y el porcentaje de MG<sup>(1)</sup>.

Habitualmente, los sujetos con exceso de peso forman parte de una muestra más amplia constituida por individuos con normopeso. Uno de estos estudios es el clásico trabajo de Segal *et al.*<sup>(38)</sup>, que desarrolla ecuaciones específicas para su aplicación en sujetos con exceso de MG, pero previamente habría que seleccionar los individuos a los que se puede aplicar la fórmula mediante otra técnica. En este caso se clasifica a los individuos según el porcentaje de MG mediante plicometría por las fórmulas de Durnin-Womersley<sup>(40)</sup>, lo que supone un motivo de crítica para otros autores, que encuentran que un porcentaje

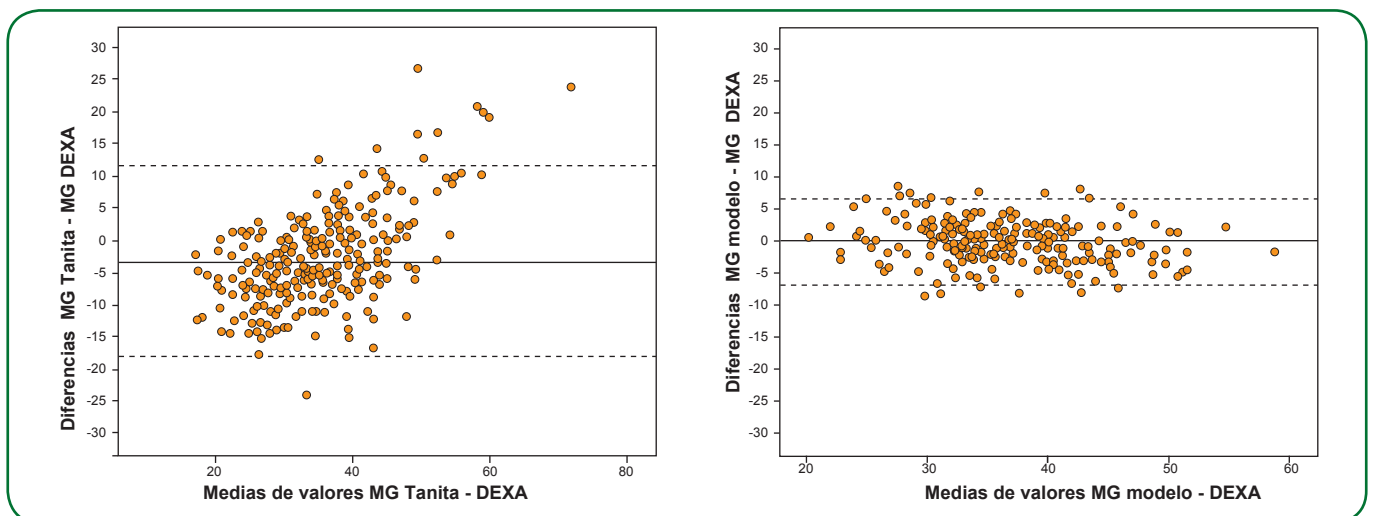
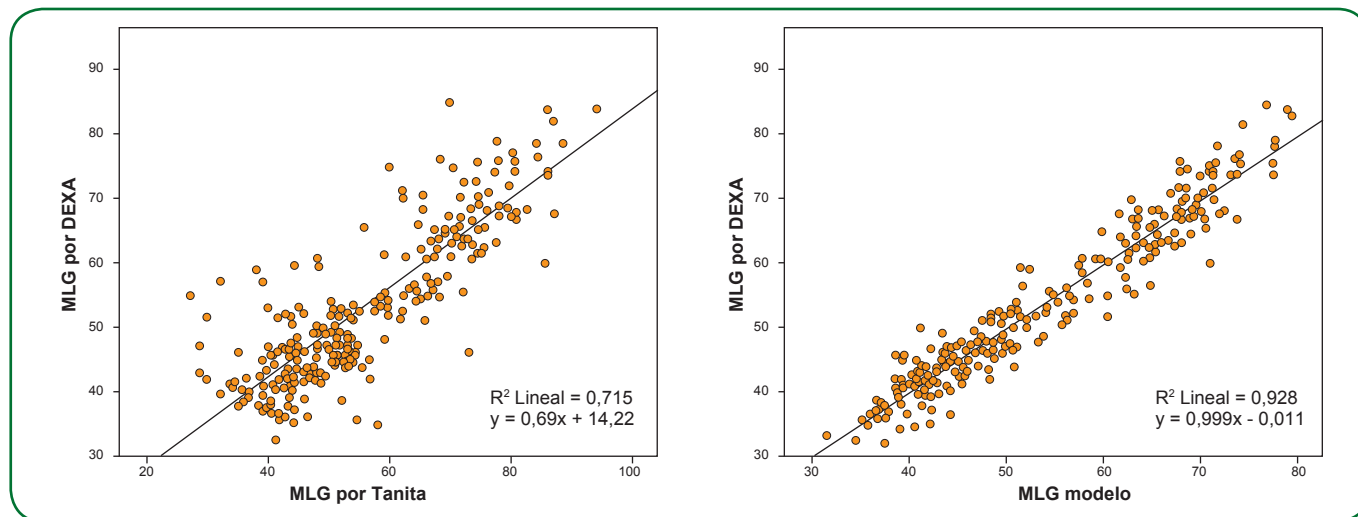


Figura 2. Análisis de diferencias para MG estimada por BIA Tanita y modelo específico frente a DEXA.



**Figura 3.** Gráficos de regresión entre MLG estimada por BIA Tanita y modelo frente a DEXA.

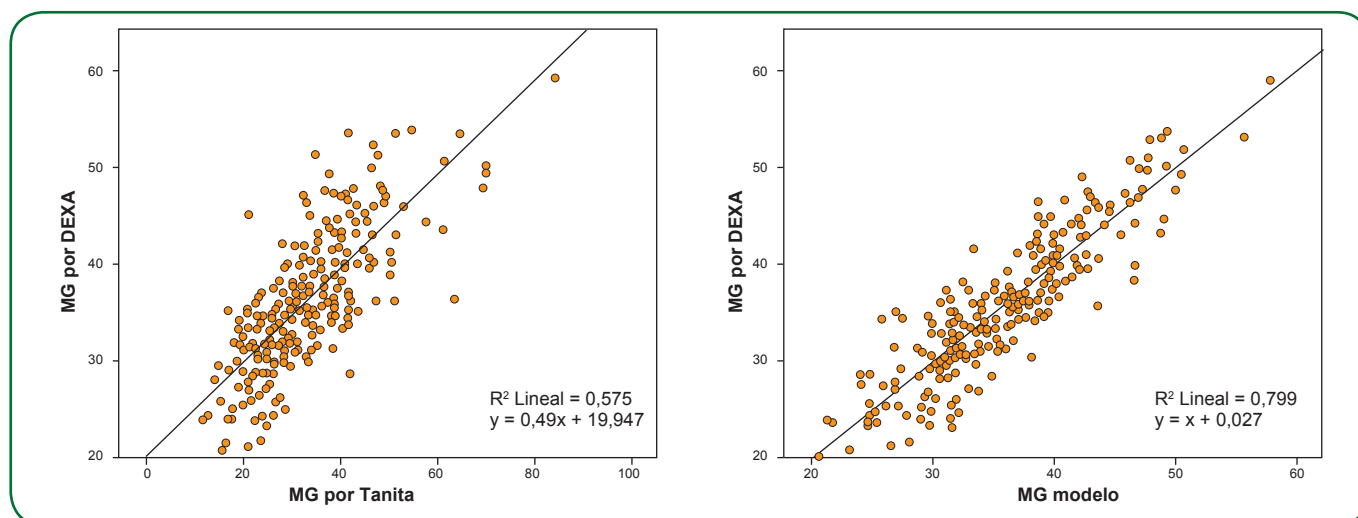
importante de sujetos pueden ser clasificados erróneamente con este método<sup>(41)</sup>.

El BIA mide una propiedad del organismo, la impedancia que produce el paso de una corriente eléctrica a través del cuerpo, para realizar las estimaciones de composición corporal. Dichas estimaciones se realizan mediante modelos matemáticos que incluyen peso, talla, género e impedancia, o sus componentes resistencia y reactancia, según los modelos.

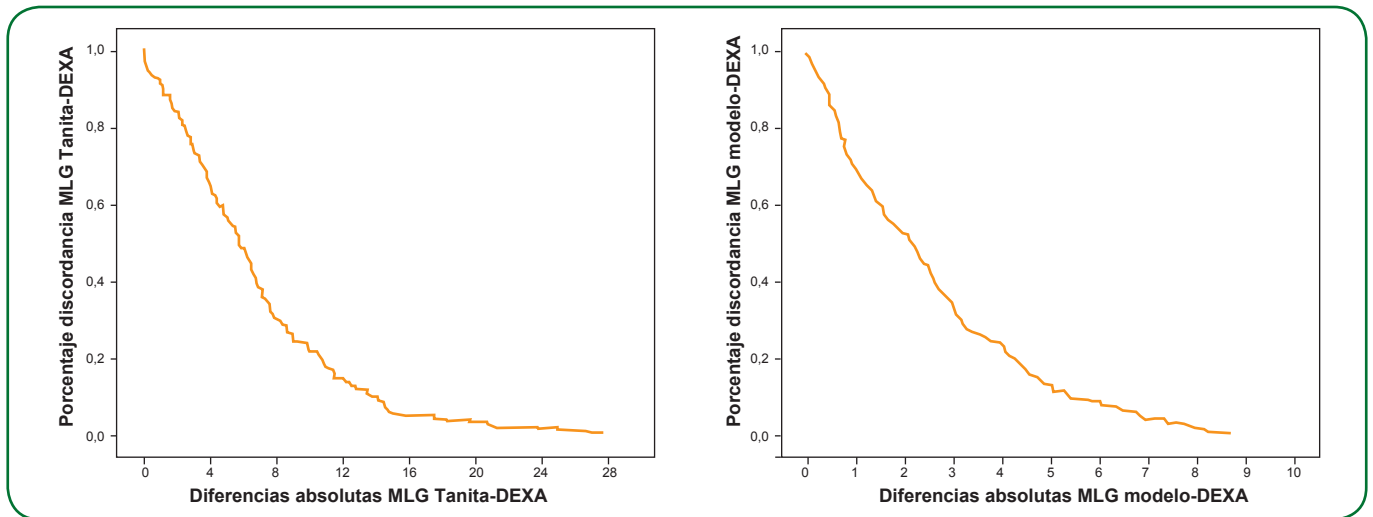
La impedancia obtenida depende de la longitud, el volumen y la resistividad de los materiales atravesados. En el organismo, el conductor es el agua corporal, que contiene los electrolitos. Si se asume que la resistividad es constante y se asimila la longitud del

conductor con la talla del individuo, se puede estimar el volumen de ACT y, asumiendo que ésta constituye una fracción fija de la MLG del 73%, se estiman los compartimentos de MLG y MG.

Las asunciones descritas anteriormente condicionan el uso de los modelos matemáticos para BIA en las poblaciones en las que se desarrollan; incluso influyen en las variaciones interindividuales que presenta el BIA entre sujetos de la misma población, debido a las diferencias en las resistividades tisulares y en la geometría corporal. Por otro lado, estas influencias son especialmente relevantes en aquellas patologías que conllevan una alteración del compartimento del ACT y de modificaciones en sus subcompartimentos<sup>(42-44)</sup>.



**Figura 4.** Gráficos de regresión entre MG estimada por BIA Tanita y modelo frente a DEXA.

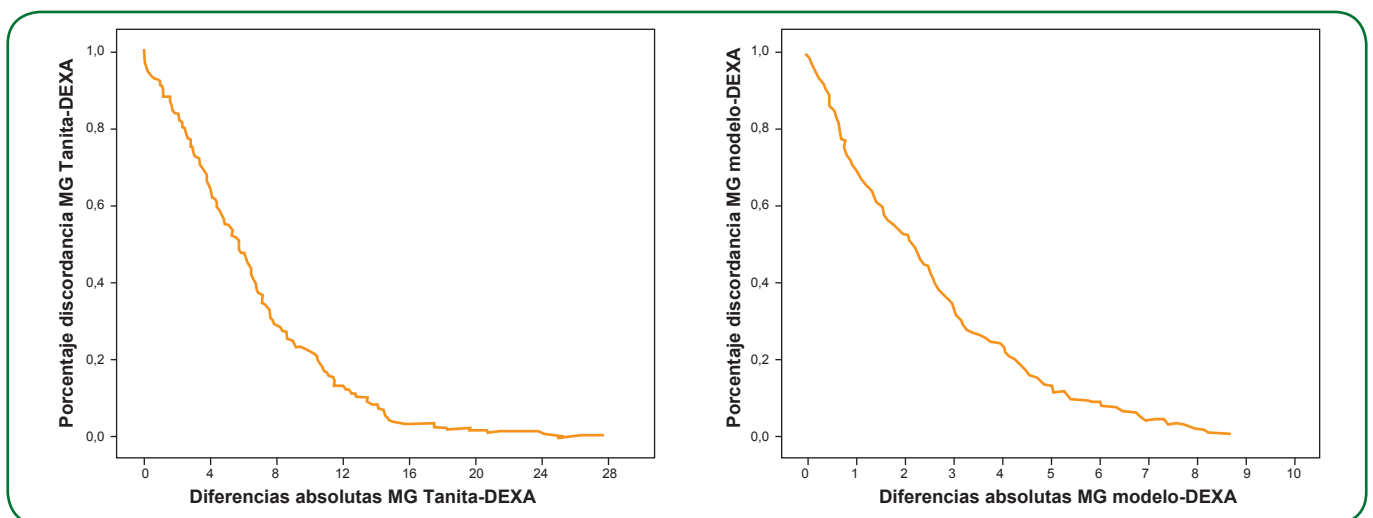


**Figura 5.** Gráficos de acuerdo para MLG estimada por BIA Tanita y modelo comparado con DEXA.

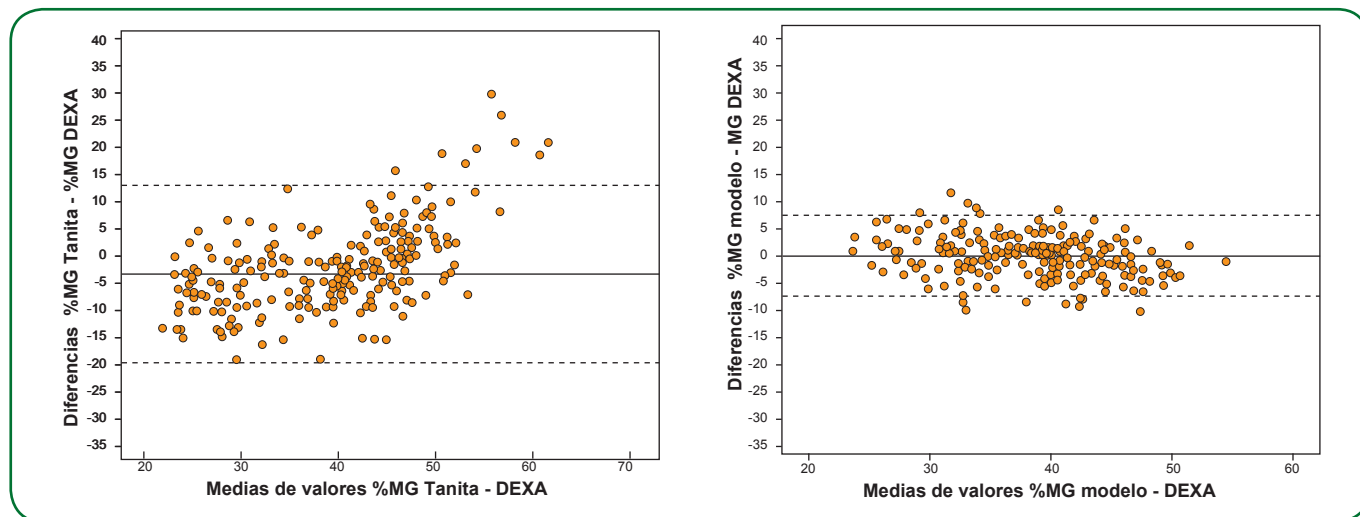
Como se ha comprobado en este trabajo, la MLG estimada por Tanita mediante el modelo matemático incluido en el equipo presentó menor grado de acuerdo respecto a DEXA que la ecuación específicamente desarrollada para nuestra población, mostrando un mayor error por sobreestimación, con menor validez y precisión global. De forma similar, también se encontraron diferencias significativas con un mayor error por infraestimación para la MG y el porcentaje de MG, y dependientes del contenido en MG del sujeto. Al no disponer del modelo matemático empleado por Tanita, no fue posible constatar las características de la población a partir de las cuales fue desarrollado.

La conveniencia de desarrollar modelos predictivos específicos para obesos basados en BIA ya fue mencionada en la literatura<sup>(37,42,45,46)</sup>. Esto se justifica debido a que, cuando se aplican modelos matemáticos obtenidos en sujetos no obesos, pueden producirse errores por infraestimación en el porcentaje de MG, ya que la obesidad conlleva cambios en las propiedades eléctricas de los tejidos causadas por alteraciones en el compartimento de agua corporal y cambios en la geometría corporal<sup>(1,42)</sup> respecto al sujeto con normopeso.

En estudios previos ya se detectaron diferencias al aplicar fórmulas estimativas desarrolladas en otras poblaciones, como se observó al comparar varios modelos matemáticos, en los



**Figura 6.** Gráficos de acuerdo para MG estimada por BIA Tanita y modelo comparado con DEXA.

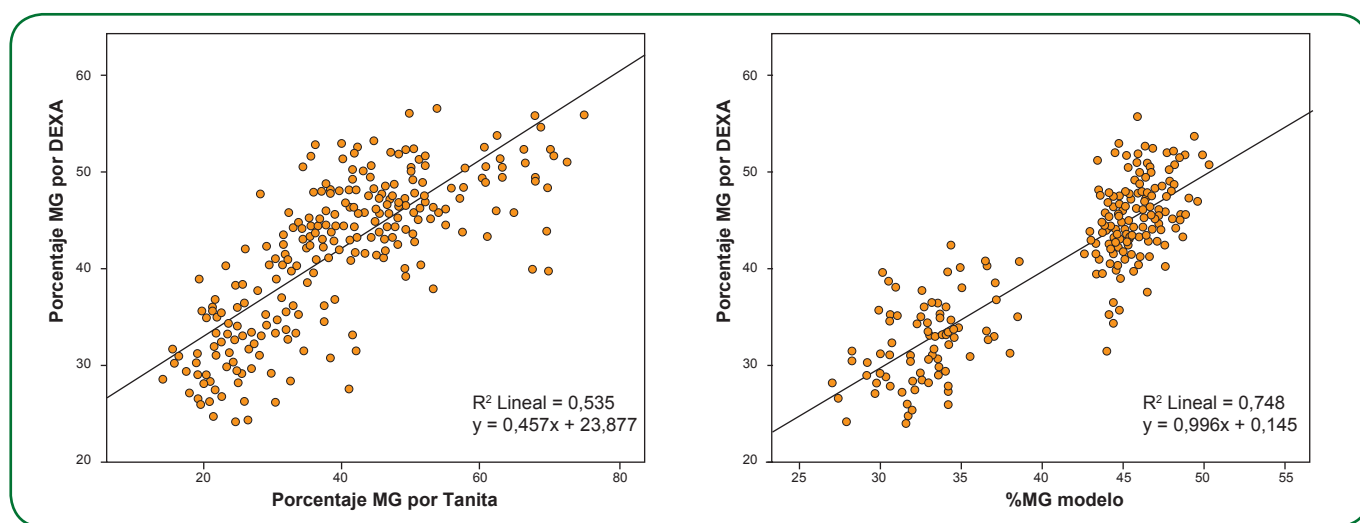


**Figura 7.** Análisis de diferencias entre el porcentaje de MG estimado por BIA Tanita y el modelo frente a DEXA.

que se comprueba el riesgo de aplicar ecuaciones desarrolladas en sujetos con normopeso a obesos<sup>(47)</sup>.

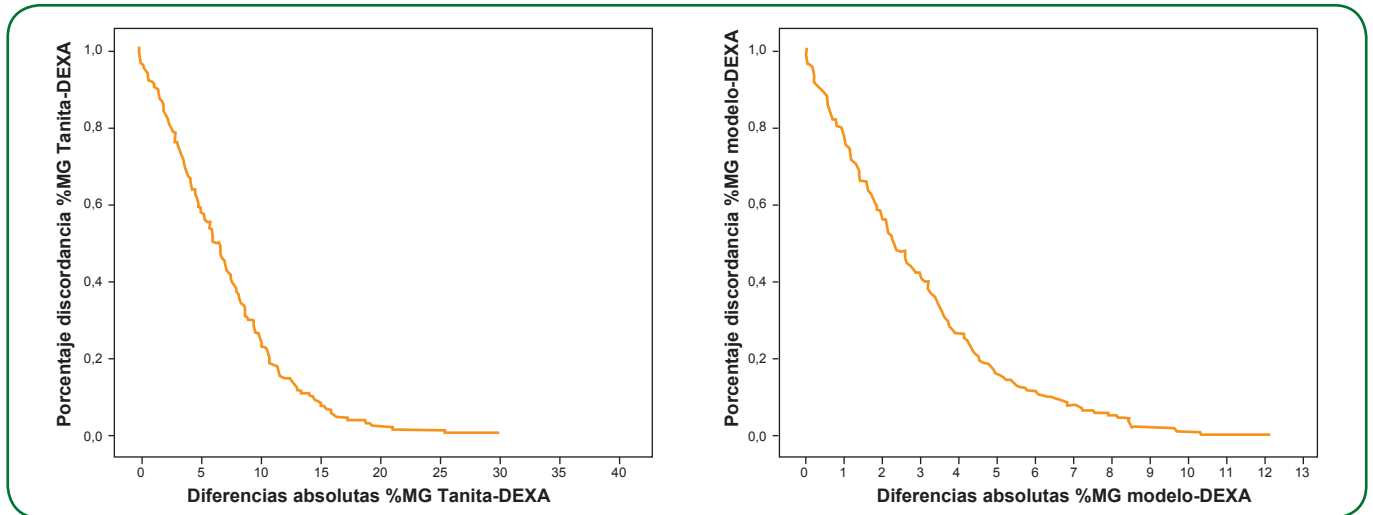
Otros autores<sup>(39,48)</sup> no encuentran diferencias significativas entre el modelo desarrollado en su muestra y la aplicación de otras ecuaciones publicadas; sin embargo, como se refiere en uno de los estudios, en el plano teórico las ecuaciones basadas en amplios rangos de peso corporal y porcentaje de MG podrían ser adecuadas, aunque las ecuaciones específicas según el grado de adiposidad deberían mostrar el mejor ajuste<sup>(39)</sup>. Este criterio viene a coincidir con lo publicado en las primeras etapas de aplicación del BIA en composición corporal<sup>(49)</sup>.

De lo citado en los párrafos anteriores se puede concluir que, cuando se emplea el BIA para estimar compartimentos corporales como la MLG –y a partir de ésta la MG–, al ser una técnica indirecta que se fundamenta en modelos matemáticos desarrollados por procedimientos estadísticos y en asunciones sobre relaciones intercompartimentales, es necesario emplear modelos matemáticos validados en la población objeto de estudio, ya que, de lo contrario, pueden cometerse errores al emplear ecuaciones estimativas desarrolladas en otras poblaciones. Además, es importante conocer el modelo matemático empleado por los equipos que realizan estimaciones de los compartimentos corporales, pues ello contribuiría a la realización de estudios comparativos.



**Figura 8.** Gráficos de regresión entre el porcentaje de MG estimada por BIA Tanita y el modelo frente a DEXA.





**Figura 9.** Gráficos de acuerdo entre el porcentaje de MG estimada por BIA Tanita y el modelo comparado con DEXA.

## BIBLIOGRAFÍA

- Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, et al. Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr* 2004; 23: 1430-53.
- Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, et al. Bioelectrical impedance analysis –part I: review of principles and methods. *Clin Nutr* 2004; 23: 1226-43.
- Bigaard J, Frederiksen K, Tjonneland A, et al. Body fat and fat-free mass and all-cause mortality. *Obes Res* 2004; 12: 1042-9.
- Zhu S, Wang Z, Shen W, et al. Percentage body fat ranges associated with metabolic syndrome risk: results based on the third National Health and Nutrition Examination Survey (1988-1994). *Am J Clin Nutr* 2003; 78: 228-35.
- Ellis KJ. Selected body composition methods can be used in field studies. *J Nutr* 2001; 131: 1589S-95S.
- Das SK, Roberts SB, Kehayias JJ, et al. Body composition assessment in extreme obesity and after massive weight loss induced by gastric bypass surgery. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2003; 284: E1080-E1088.
- Deurenberg P, Andreoli A, Borg P, et al. The validity of predicted body fat percentage from body mass index and from impedance in samples of five European populations. *Eur J Clin Nutr* 2001; 55: 973-9.
- Roubenoff R, Dallal GE, Wilson PW. Predicting body fatness: the body mass index vs estimation by bioelectrical impedance. *Am J Public Health* 1995; 85: 726-8.
- De Lorenzo A, Deurenberg P, Pietrantuono A, et al. How fat is obese? *Acta Diabetol* 2003; 40: S254-S257.
- Lukaski HC. Body mass index, bioelectrical impedance, and body composition. *Nutrition* 2001; 17: 55-6.
- Prentice AM, Jebb SA. Beyond body mass index. *Obes Rev* 2001; 2: 141-7.
- Piers LS, Soares MJ, Frandsen SL, O'Dea K. Indirect estimates of body composition are useful for groups but unreliable in individuals. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2000; 24: 1145-52.
- Gallagher D, Heymsfield SB, Heo M, et al. Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *Am J Clin Nutr* 2000; 72: 694-701.
- Sardinha LB, Teixeira PJ. Measuring adiposity and fat distribution in relation to health. In: Heymsfield SB, Lohman TG, Wang ZM, Going SB (eds). *Human Body Composition*. Champaign IL 61825-5076: Human Kinetics 2005: 177-202.
- Haarbo J, Gotfredsen A, Hassager C, Christiansen C. Validation of body composition by dual energy X-ray absorptiometry (DEXA). *Clin Physiol* 1991; 11: 331-41.
- Kohrt WM. Preliminary evidence that DEXA provides an accurate assessment of body composition. *J Appl Physiol* 1998; 84: 372-7.
- Salamone LM, Fuerst T, Visser M, et al. Measurement of fat mass using DEXA: a validation study in elderly adults. *J Appl Physiol* 2000; 89: 345-52.
- Houtkooper LB, Going SB, Sproul J, et al. Comparison of methods for assessing body-composition changes over 1 y in postmenopausal women. *Am J Clin Nutr* 2000; 72: 401-6.
- Prior BM, Cureton KJ, Modlesky CM, et al. In vivo validation of whole body composition estimates from dual-energy X-ray absorptiometry. *J Appl Physiol* 1997; 83: 623-30.

20. Wang Z, Pi-Sunyer FX, Kotler DP, et al. Multicomponent methods: evaluation of new and traditional soft tissue mineral models by in vivo neutron activation analysis. *Am J Clin Nutr* 2002; 76: 968-74.
21. Shen W, St-Onge MP, Pietrobelli A, et al. Four-compartment cellular level body composition model: comparison of two approaches. *Obes Res* 2005; 13: 58-65.
22. Lohman TG, Harris M, Teixeira PJ, Weiss L. Assessing body composition and changes in body composition. Another look at dual-energy X-ray absorptiometry. *Ann N Y Acad Sci* 2000; 904: 45-54.
23. Albanese CV, Diessel E, Genant HK. Clinical applications of body composition measurements using DXA. *J Clin Densitom* 2003; 6: 75-85.
24. Plank LD. Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2005; 8: 305-9.
25. Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement. *Am J Clin Nutr* 1996; 64: 524S-32S.
26. Salas-Salvado J, Rubio MA, Barbany M, Moreno B; Grupo colaborativo de la SEEDO. Consenso SEEDO 2007 para la evaluación del sobrepeso y la obesidad y el establecimiento de criterios de intervención terapéutica. *Med Clin (Barc)* 2007; 128: 184-96.
27. Carreira J. Desarrollo de modelos matemáticos por bioimpedancia para estimación de la masa libre de grasa en sobrepeso y obesidad en individuos adultos de la población española. Tesis doctoral. Universidad de A Coruña. A Coruña.
28. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986; 1: 307-10.
29. Lin L. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *Biometrics* 1989; 45: 255-68.
30. Luiz RR, Costa AJ, Kale PL, Werneck GL. Assessment of agreement of a quantitative variable: a new graphical approach. *J Clin Epidemiol* 2003; 56: 963-7.
31. Bland JM, Altman DG. A note on the use of the intraclass correlation coefficient in the evaluation of agreement between two methods of measurement. *Comput Biol Med* 1990; 20: 337-40.
32. Pita S, Pértiga S. La fiabilidad de de las mediciones clínicas: el análisis de concordancia para variables numéricas. [www.fisterra.com/mbe/investiga/conc\\_numerica/conc\\_numerica.asp](http://www.fisterra.com/mbe/investiga/conc_numerica/conc_numerica.asp). [Consulta: 11/2009].
33. Argimón JM, Jiménez Villa J. Análisis de la concordancia. *Métodos de investigación clínica y epidemiológica*. Madrid: Elsevier; 2004. p. 341-6.
34. Carrasco JL, Jover L. Métodos estadísticos para evaluar la concordancia. *Med Clin (Barc)* 2004; 122: 28-34.
35. Pateyjohns IR, Brinkworth GD, Buckley JD, et al. Comparison of three bioelectrical impedance methods with DXA in overweight and obese men. *Obesity* 2006; 14: 2064-70.
36. Houtkooper LB, Lohman TG, Going SB, Howell WH. Why bioelectrical impedance analysis should be used for estimating adiposity. *Am J Clin Nutr* 1996; 64: 436S-48S.
37. Gray DS, Bray GA, Gemayel N, Kaplan K. Effect of obesity on bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr* 1989; 50: 255-60.
38. Segal KR, Van LM, Fitzgerald PI, et al. Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: a four-site cross-validation study. *Am J Clin Nutr* 1988; 47: 7-14.
39. Hendel HW, Gotfredsen A, Hojgaard L, et al. Change in fat-free mass assessed by bioelectrical impedance, total body potassium and dual energy X-ray absorptiometry during prolonged weight loss. *Scand J Clin Lab Invest* 1996; 56: 671-9.
40. Durnin JVGA, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurement on 481 men and women aged 16-72 years. *Br J Nutr* 1974; 32: 77-92.
41. Stolarczyk LM, Heyward VH, Van L, et al. The fatness-specific bioelectrical impedance analysis equations of Segal et al: are they generalizable and practical? *Am J Clin Nutr* 1997; 66: 8-17.
42. Deurenberg P. Limitations of the bioelectrical impedance method for the assessment of body fat in severe obesity. *Am J Clin Nutr* 1996; 64: 449S-52S.
43. Lukaski HC. Biological indexes considered in the derivation of the bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr* 1996; 64: 397S-404S.
44. Deurenberg P, Deurenberg-Yap M. Differences in body-composition assumptions across ethnic groups: practical consequences. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2001; 4: 377-83.
45. Jakicic JM, Wing RR, Lang W. Bioelectrical impedance analysis to assess body composition in obese adult women: the effect of ethnicity. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1998; 22: 243-9.
46. Das SK. Body composition measurement in severe obesity. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2005; 8: 602-6.
47. Fuller NJ, Sawyer MB, Elia M. Comparative evaluation of body composition methods and predictions, and calculation of density and hydration fraction of fat-free mass, in obese women. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1994; 18: 503-12.
48. Wang J, Deurenberg P. The validity of predicted body composition in Chinese adults from anthropometry and bioelectrical impedance in comparison with densitometry. *Br J Nutr* 1996; 76: 175-82.
49. Hodgdon JA, Fitzgerald PI. Validity of impedance predictions at various levels of fatness. *Hum Biol* 1987; 59: 281-98.