
ARTÍCULO ORIGINAL

Validación del uso de ecuaciones para estimar la composición corporal por análisis de impedancia bioeléctrica en mujeres postmenopáusicas con síndrome metabólico

Margie Balas-Nakash,* Jennifer Legorreta-Legorreta,*
Ameyalli Rodríguez-Cano,* Rafael Aguilera-Pérez,** Otilia Perichart-Perera*

* Departamento de Investigación en Nutrición. Subdirección de Investigación en Salud Pública.
** Coordinación de peri y postmenopausia. Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinosa de los Reyes

Validation of body composition estimation equations by bioelectric impedance in postmenopausal women with metabolic syndrome

ABSTRACT

Introduction. Postmenopausal women have excess adiposity due to the lack of estrogens, which is related with an increase in the prevalence of metabolic syndrome (MS) risk factors. Few equations have been developed to measure body fat mass (FM) by bioelectric impedance (BIA) for Mexican women and none of the existing equations have been evaluated in Mexican postmenopausal women with MS. **Material and methods.** We describe the association and agreement between two different BIA equations: NHANES III and Macías, et al. to estimate FM in 86 women (42-72 years old). Anthropometric and body composition measurements (BIA) were done in all women; FM was measured by densitometry (DXA). Mean differences by age group (< 55 years old and \geq 55 years old) (Student *t* test), correlations, simple linear regression models and agreement analysis (Bland-Altman method) were done. **Results.** The two equations showed underestimation of %FM compared to DXA. The equation that presents the greatest correlation and agreement with the gold standard is the NHANES equation, in both age groups. **Conclusions.** The NHANES equation is valid to estimate FM in Mexican postmenopausal women with MS. We recommend the use of this equation in the clinical practice.

Key words. Fat mass. Bioelectric impedance. Women. Postmenopause. Metabolic syndrome.

RESUMEN

Introducción. Las mujeres posmenopáusicas presentan un aumento en su adiposidad debido al descenso en los estrógenos circulantes, aumentando la prevalencia de factores de riesgo para el síndrome metabólico (SM). Hasta el momento, sólo se han diseñado pocas ecuaciones en mujeres mexicanas para medir la masa grasa (MG) por impedancia bioeléctrica (BIA) y ninguna de las ecuaciones existentes se ha evaluado en mujeres mexicanas posmenopáusicas con SM. **Material y métodos.** Se buscó describir la asociación y concordancia entre dos diferentes ecuaciones de BIA: NHANES III y Macías, et al. para estimar la MG en 86 mujeres (42-72 años de edad). A todas las mujeres se les realizó una evaluación antropométrica y de composición corporal a través de BIA; la MG se midió a través de una densitometría (DXA). Se realizaron análisis de diferencia de medias por grupo de edad (< 55 años y \geq 55 años) (t-Student), correlaciones, análisis de regresiones lineales y análisis de concordancia (Bland-Altman). **Resultados.** Las dos ecuaciones analizadas mostraron subestimación del %MG al compararlas con la medición de DXA. La ecuación que mostró una mayor correlación y concordancia entre el %MG medido y estimado fue la ecuación de NHANES, en ambos grupos de edad. **Conclusiones.** La ecuación de NHANES es válida para estimar la MG por BIA en mujeres mexicanas posmenopáusicas con SM, por lo que se recomienda su uso en la práctica clínica.

Palabras clave. Masa grasa. Impedancia bioeléctrica. Mujeres. Posmenopausia. Síndrome metabólico.

INTRODUCCIÓN

La enfermedad cardiovascular (ECV) es una de las causas de muerte más frecuente en mujeres mexicanas después de los 45 años de edad.^{1,2} Se ha demostrado que las mujeres posmenopáusicas presentan una alta prevalencia de factores de riesgo para el desarrollo de la ECV, como son el aumento en los niveles de glucosa, insulina, colesterol total, colesterol LDL, triacilglicéridos, lipoproteína (a) y menores niveles de colesterol HDL. La presencia de estos factores aumentan en 60% el riesgo de presentar síndrome metabólico (SM).³⁻⁶ El aumento en estos factores de riesgo se debe principalmente a los cambios fisiológicos que se presentan en este periodo de la vida a causa del descenso en los estrógenos circulantes, que provoca el aumento en la adiposidad abdominal y la pérdida de la masa ósea;³ sin embargo, el estilo de vida sedentario, los inadecuados hábitos de alimentación así como el tabaquismo positivo pueden también aumentar estos factores de riesgo.^{1,3}

El sobrepeso y la obesidad afectan a más de 70% de la población adulta mexicana, en especial a mujeres entre los 30 y 60 años.⁷ Se sabe que en el sobrepeso y la obesidad existe una cantidad excesiva de masa grasa que muchas veces se acumula en la región abdominal y que se considera un factor de riesgo importante para el desarrollo de la diabetes y la ECV.^{8,9}

El diagnóstico de la obesidad generalmente se realiza utilizando el índice de masa corporal (IMC), que es un índice peso (kg)/estatura (m²) y correlaciona con adiposidad y mortalidad.^{6,10} Sin embargo, este índice mide la masa corporal total y no estima la masa grasa (MG), ni tampoco diferencia la grasa visceral de la grasa subcutánea. Además pueden existir errores en la clasificación, ya que algunos sujetos con IMC normal pueden tener un exceso de grasa corporal y otros sujetos con IMC elevados pueden tener una proporción menor de MG por tener una mayor proporción de masa muscular y/o densidad mineral ósea.^{11,12}

Existen varios modelos para estudiar la composición corporal, el más común es el de dos compartimentos: MG y masa libre de grasa (MLG).¹³ A lo largo de los años, se han desarrollado muchos métodos y técnicas para medir estos compartimentos y sus componentes principales; cada uno de éstos con sus ventajas y desventajas.

Uno de los métodos que se considera como estándar de oro en medición de la MG es la absorciometría dual de rayos X (DXA); este método permite dividir el cuerpo en tres compartimentos:

- Masa grasa (MG).
- Contenido mineral óseo.
- Masa libre de grasa (MLG).

Sin embargo, este método es complejo y no es posible utilizarlo en la práctica clínica. La técnica de análisis de impedancia bioeléctrica (BIA = Bioelectrical impedance analysis) es uno de los métodos más utilizados en la práctica clínica para predecir la MLG, y por tanto, inferir la MG, por ser un método no-invasivo, y que es relativamente accesible. Este método ha sido validado, tanto en mujeres con peso normal como en mujeres con obesidad; sin embargo, la validez de este método dependerá de las ecuaciones utilizadas para estimar la MLG y la MG.¹⁴

La ecuación de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de E.U. (NHANES III) es una de las ecuaciones más utilizadas, la cual se desarrolló y validó en una amplia muestra de hombres y mujeres de 12–94 años de edad y de diferentes grupos étnicos. Esta ecuación está incluida en el software de algunos equipos de BIA como es el RJL System.¹³

En mujeres mexicanas adultas sólo se ha validado una ecuación para medir la MLG por BIA. Macías, *et al.*, diseñaron y validaron esta ecuación, a través de la pletismografía de desplazamiento de aire, en 155 hombres y mujeres mexicanos de 20 a 50 años de edad.¹⁵

Las ecuaciones para estimar la composición corporal por BIA evalúan componentes biofísicos como la resistencia y reactancia y requieren información de las variables: peso, estatura, edad y género.¹⁶ Estas ecuaciones suelen ser válidas solo en la población que se utilizó para su diseño por lo que pueden no ser apropiadas en diversas situaciones clínicas como es en pacientes con sobrepeso u obesidad o en pacientes que presentan alguna enfermedad.¹⁷

El objetivo del estudio fue validar dos ecuaciones para predecir la composición corporal por el modelo de dos compartimientos a través del análisis de BIA y comparar sus resultados con una técnica estándar de oro: (DXA), en mujeres posmenopáusicas con SM.

MATERIAL Y MÉTODOS

Sujetos

Se estudió a un grupo de mujeres posmenopáusicas que asistieron a la Coordinación de peri y posmenopausia del Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinosa de los Reyes (INPerIER) de octubre 2006 a agosto 2008 (muestreo por conveniencia). Se incluyeron a todas las mujeres con SM, es decir, que

cumplieran con tres de los siguientes cinco criterios: circunferencia abdominal ≥ 88 cm, triacilglicéridos ≥ 150 mg/dL, colesterol HDL < 50 mg/dL, presión arterial $\geq 130/\geq 85$ mmHg y glucosa en ayuno ≥ 110 mg/dL;¹⁸ que presentaban sobrepeso u obesidad (índice de masa corporal ≥ 25),¹⁹ y a las cuáles se les realizó un estudio de cuerpo completo de composición corporal basada en tres compartimentos (MG, MLG y densidad mineral ósea). Se obtuvo una carta de consentimiento de las mujeres que aceptaron participar. El proyecto fue aceptado por la Comisión de Investigación y el Comité de Ética del INPerIER.

Se excluyeron a las mujeres que estuvieran tomando algún medicamento que pudiera afectar la composición corporal (bezafibratos, estatinas, sibutramina, orlistat, rimonabant, glucocorticoides, pioglitazona, metformina, glibenclamida, levotiroxina o diuréticos), que hubieran realizado algún tipo de actividad física la noche anterior, las que no vinieran en ayuno, y aquellas con diabetes mellitus.

A todas las pacientes se les preguntó sobre sus antecedentes personales patológicos, antecedentes heredofamiliares, escolaridad, estado civil, uso de medicamentos, suplementos o terapia de reemplazo hormonal y si realizaban algún tipo de actividad física (frecuencia: veces/semana y duración: minutos/semana).

Mediciones

A todas las mujeres se les pidió que el día de su consulta cumplieran con las siguientes características: Venir en ayuno (mínimo de ocho horas), no haber realizado ejercicio la noche anterior, no traer alhajas de ningún tipo y vestir ropa cómoda. La medición de la composición corporal por DXA y BIA fueron realizadas a todas las participantes el mismo día y con una diferencia de horario máxima de una hora entre cada una de las mediciones.

Se les midió el peso (Báscula digital Tanita 1631) y la estatura (estadímetro portátil SECA 1013522) para el cálculo del Índice de Masa Corporal (IMC). La clasificación se realizó con base en los criterios de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en donde se considera sobrepeso con un IMC 25-29.9, obesidad tipo 1 30-34.9, obesidad tipo 2 35-39.9 y obesidad tipo 3 con un IMC > 40 .¹⁹ Además, se les midió la circunferencia abdominal y la circunferencia de cintura y cadera para estimar el índice cintura cadera (ICC). Se consideró obesidad abdominal con una circunferencia abdominal ≥ 80 cm.²⁰ Todas las mediciones fueron realizadas por una nutrióloga previamente estandarizada siguiendo la técnica de

Lohman,²¹ excepto por la medición de la circunferencia abdominal.²² Se les pidió a las mujeres que permanecieran en ropa interior para la realización de las mediciones antropométricas.

La medición de la composición corporal la realizó una enfermera previamente estandarizada con el aparato de absorciometría dual de rayos X (DXA) (Lunar Prodigy. General Electrics Helathcare 2000, Wisconsin, EUA). Este aparato utiliza un escáner del cuerpo completo el cuál emite rayos X en diferentes partes del cuerpo simultáneamente; un generador de rayos X se encuentra ubicado debajo del paciente y un dispositivo de imágenes, o detector, se posiciona arriba. El escáner divide el cuerpo en tres compartimientos: MG, contenido mineral óseo y otros componentes libres de masa grasa. Para la medición se le pidió a cada participante que se retirara toda la ropa y objetos que pudieran atenuar el haz de rayos X (cierres, cinturones o botones, joyas, lentes y cualquier objeto de metal), en este caso, se le proporcionó una bata clínica para usar durante la medición. Posteriormente, se le pidió que se recostara en posición supina y utilizando las marcas anatómicas establecidas por el aparato, se procedió a colocar su cuerpo de la forma adecuada; se le pidió que permaneciera inmóvil y que contuviera la respiración unos segundos mientras se tomaba la imagen de rayos X para reducir la posibilidad de que ésta resultara borrosa. Las mediciones tuvieron una duración aproximada de 5 a 10 min y el software del equipo estimó la cantidad de tejido graso, no graso (kg y porcentaje) y el contenido mineral óseo a partir de la medición de cuerpo entero.²³

La evaluación de la composición corporal con el método de BIA se realizó con el equipo tetrapolar (Quantum II Desktop BIA, RJL). Todas las mediciones se hicieron de acuerdo a las instrucciones del fabricante y las realizó un solo medidor. Se determinó la impedancia a través de la colocación de cuatro electrodos (dos sensores y dos de resistencia) y con la mujer en posición decúbito supino sobre una superficie no conductora, con los brazos separados de tórax y las piernas separadas entre ellas. Los electrodos se colocaron a nivel del dorso en las articulaciones metacarpo y metatarso-falangicas de la mano y el pie derecho, limpiando la piel previamente con alcohol. Se le pidió a la paciente que se quitara todos los objetos de metal (aretes, anillos, pulseras, etc.) antes de la medición.²⁴ La técnica de BIA se basa en la medición de la impedancia, la cual está compuesta por la resistencia (R) que es la oposición de un fluido a una corriente eléctrica alterna y la reactancia (Xc) que es la fuerza que se opone al paso de dicha

Cuadro 1. Ecuaciones de impedancia bioeléctrica utilizadas para estimar la composición corporal.

Autor	Sexo	n	Edad (años)	Masa libre de grasa (kg)
NHANES III ¹³	Hombres y mujeres	15,912	12-80	$-9.529 + (0.168*P) + 0.696*(T^2/R) + 0.016*R$
Macías, <i>et al.</i> ¹⁵	Hombres y mujeres	155	20-50	$0.7374*(T^2/R) + 0.1763*P - 0.1773*E + 0.1198*Xc - 2.4658$

T: Talla (cm). P: Peso (kg). E: Edad (años). R: Resistencia (ohms). Xc: Reactancia (ohms). Para calcular el %MG, se debe restar la MLG (kg) menos el peso total (kg) para multiplicarlo por 100 y dividirlo entre el peso total (kg).

Cuadro 2. Valores promedio y desviación estándar de los datos antropométricos y de composición corporal del grupo de estudio, dividido por grupo de edad.

Media ± DE	Todas las mujeres (n = 86)	< 55 años (n = 50)	≥ 55 años (n=36)	Valor p
Edad (años)	54.84 ± 6.94	50.40 ± 3.38	61.00 ± 5.82	0.000*
Peso (kg)	72.45 ± 10.20	73.01 ± 11.27	71.56 ± 8.58	0.493
Talla (cm)	153.43 ± 6.03	153.85 ± 5.81	152.86 ± 6.36	0.457
IMC	30.72 ± 3.43	30.78 ± 3.60	30.62 ± 3.25	0.834
Circunferencia abdominal (cm)	101.73 ± 9.01	101.10 ± 9.02	102.59 ± 9.04	0.454
Circunferencia cintura (cm)	90.99 ± 8.21	90.92 ± 6.89	91.09 ± 9.85	0.925
Circunferencia cadera (cm)	105.90 ± 7.45	106.00 ± 8.11	105.78 ± 6.55	0.893
Índice cintura cadera	0.86 ± 0.06	0.85 ± 0.04	0.86 ± 0.08	0.793
Masa grasa (kg) _{DXA}	31.99 ± 8.18	32.43 ± 8.07	31.38 ± 8.41	0.560
Masa libre de grasa (kg) _{DXA}	37.92 ± 4.97	38.25 ± 5.17	37.46 ± 4.72	0.471
Grasa corporal (%) _{DXA}	44.54 ± 4.49	44.82 ± 4.34	44.15 ± 4.71	0.497

*p < 0.05 analizado con la prueba de t-Student.

corriente a causa de un conductor. Este método combina la resistencia eléctrica con la distancia de la electricidad conducida, asumiendo que los músculos, vasos sanguíneos y el hueso son tejidos que tienen un alto contenido de agua y que por lo tanto conducen la electricidad con facilidad, a diferencia del tejido graso que presenta poca o nula conductividad.^{25,26}

Se utilizaron dos diferentes ecuaciones para calcular la MLG por medición de BIA a través del modelo de dos compartimientos. Las ecuaciones utilizadas se presentan en el cuadro 1. Para calcular el %MG a partir del cálculo de la MLG, se multiplicó el peso por el %MLG y se dividió entre 100.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS versión 16.0. Se analizaron las diferencias de medias de las variables clínicas por grupo de edad (t-Student). Además, se realizaron correlaciones de Pearson y se comparó la media de la MG estimada

con las diferentes ecuaciones, contra la media de la MG medida con el estándar de oro (t-Student, IC95% de la diferencia). También se calculó el error constante (EC), error estándar estimado (EEE) y el error total (ET) como criterios de validación, considerándose una correlación > 0.8 y un EEE pequeño.²¹ Se realizaron modelos de regresión lineal simple para evaluar la fuerza de asociación entre cada una de las ecuaciones utilizadas con el estándar de oro; y se utilizó el método de Bland-Altman para evaluar la concordancia de cada ecuación con el estándar de oro.²⁶

RESULTADOS

Se presentan los datos de 86 mujeres posmenopáusicas con una media de 54 años de edad (rango de 42 a 75 años). Los datos descriptivos de todas las mujeres, divididos por grupo de edad se presentan en el cuadro 2. De acuerdo al diagnóstico de IMC, 44.2% presentó sobre peso, 44.2% obesidad tipo 1, 9.3% obesidad tipo 2 y sólo 2.3% obesidad tipo 3. To-

das las mujeres (100%) presentaron un riesgo aumentado de ECV por presentar una circunferencia abdominal y un ICC elevados.

Estado civil: 59.3% casada, 8.1% viuda y el resto solteras, separadas o divorciadas. Nivel máximo de estudios: preparatoria 79% y sólo 20.9% carrera técnica o licenciatura. Más de 50% de las mujeres presentaron antecedentes heredofamiliares de obesidad, diabetes o hipertensión arterial. Sólo 16.3% fumaba.

Al analizar la actividad física, se observó que 51.2% de las mujeres realizaba algún tipo de actividad física con una duración promedio de 1.5 hr/semana (0.5 a 9 hr/sem). Las principales actividades realizadas fueron caminar (79.5%), bailar (11.4%) y el resto practicaba natación, karate, tai-chi o yoga; 27.8% de las mujeres utilizaban terapia de reemplazo hormonal, 29.1% tomaba algún medicamento para la presión arterial (beta-bloqueadores) y sólo 19.8%, medicamento para la osteoporosis (alendronato, risendronato); 49.4% de las mujeres tomaba suplementos de calcio y 22.1% algún otro tipo de suplemento (glucosamina, ácido fólico, complejo B, vitamina E, vitamina D o algún multivitamínico).

Al analizar los criterios diagnósticos del SM se observó que 97.7% de las mujeres cumplieron con el criterio de obesidad abdominal; 83.7% con hipertrigliceridemia; 87.2% con bajo colesterol HDL; 46.5% con hipertensión arterial y 30.2% con hiper glucemia; 53.7% de las mujeres cumplieron sólo con tres criterios diagnósticos, 33.7% con cuatro y 12.8% con más de cinco criterios.

Las mujeres con obesidad presentaron mayor %MG y menor %MLG (obtenido por DXA) que las mujeres con sobrepeso ($46.45 \pm 3.70\%$ vs. $42.12 \pm 4.25\%$, $p = 0.000$, $51.28 \pm 3.86\%$ vs. $54.19 \pm 4.89\%$, $p = 0.002$, respectivamente). Ni el %MG ni el %MLG aumentaron con la edad.

En el cuadro 3 se presentan los datos de validación de las dos ecuaciones comparadas con el estándar de oro (DXA). Se encontraron correlaciones positivas significativas entre el %MG medido por DXA y el estimado a través de las dos diferentes ecuaciones, siendo la ecuación de la NHANES la única que mostró una mayor correlación. Al dividir por grupo de edad se encontraron los mismos resultados, siendo la ecuación de NHANES la que mostró una mayor correlación.

Se encontraron diferencias significativas entre el %MG medido y el estimado en las dos ecuaciones. Al analizar por grupo de estudio se encontró que en las mujeres de < 55 años, las dos ecuaciones mostraron subestimación; sin embargo, en las mujeres de ≥ 55 años, la ecuación de Macías no mostró diferencia con el DXA. La ecuación de NHANES fue la que mostró una mayor correlación y un menor EEE, en ambos grupos de edad, por lo que cumple con los criterios de validación previamente establecidos (Cuadro 3).

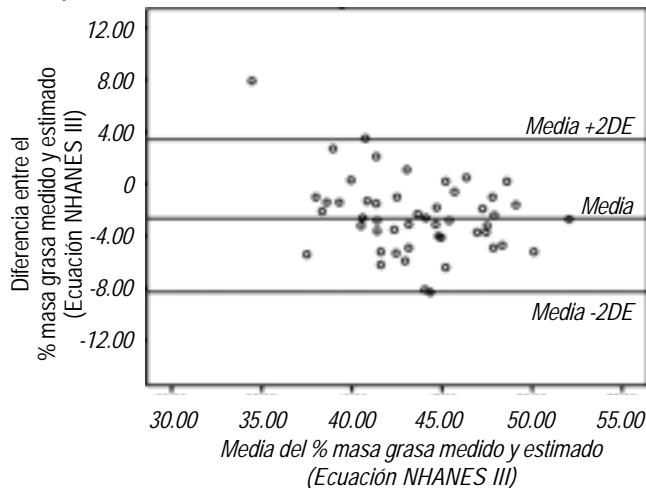
Al analizar la concordancia entre el %MG medido y el estimado a través de las diferentes ecuaciones, se encontró que las dos ecuaciones mostraron una buena concordancia con el DXA, pero los límites de concordancia fueron menores con la ecuación de la NHANES en los dos grupos de edad (Figura 1).

Cuadro 3. Validación de las dos ecuaciones contra el estándar de oro (DXA).

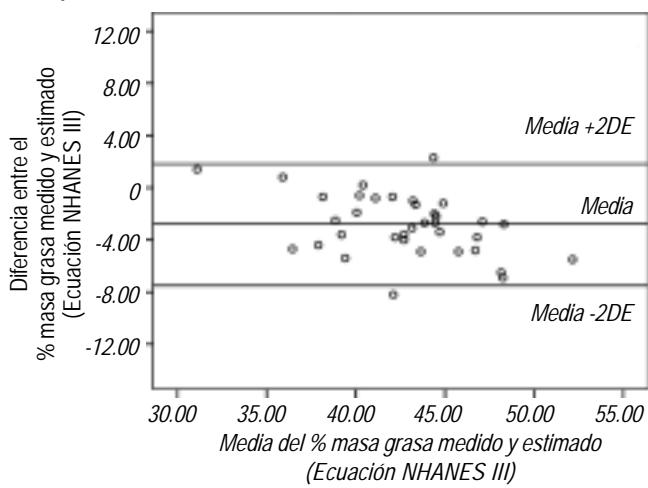
	Masa grasa (%)	EC (%)	EEE (%)	ET (%)	Correlación Pearson (r)	Valor
Todas las mujeres (n = 86)						
DXA	44.54 ± 4.49	—	—	—	—	—
BIA - NHANES III	41.93 ± 3.61	-2.61	3.75	94.98	0.802	0.001 ^a
BIA - Macías	43.32 ± 4.82	-1.21	4.16	97.63	0.636	0.001 ^b
< 55 años (n = 50)						
DXA	44.82 ± 4.34	—	—	—	—	—
BIA - NHANES III	42.38 ± 3.46	-2.43	3.78	94.56	0.742	0.001 ^a
BIA - Macías	42.62 ± 4.59	-2.19	4.05	93.46	0.705	0.001 ^b
≥ 55 años (n = 36)						
DXA	44.15 ± 4.71	—	—	—	—	—
BIA - NHANES III	41.30 ± 3.76	-2.84	3.66	93.18	0.872	0.001 ^a
BIA - Macías	44.29 ± 5.01	0.14	4.25	90.20	0.609	0.845 ^b

BIA: Impedancia bioeléctrica. EC: Error constante. EEE: Error estándar estimado. ET: Error total. ^a: Diferencia DXA vs. BIA-NHANES III. ^b: Diferencia DXA vs. BIA-Macías. *: $p < 0.05$ analizado con la prueba t de Student.

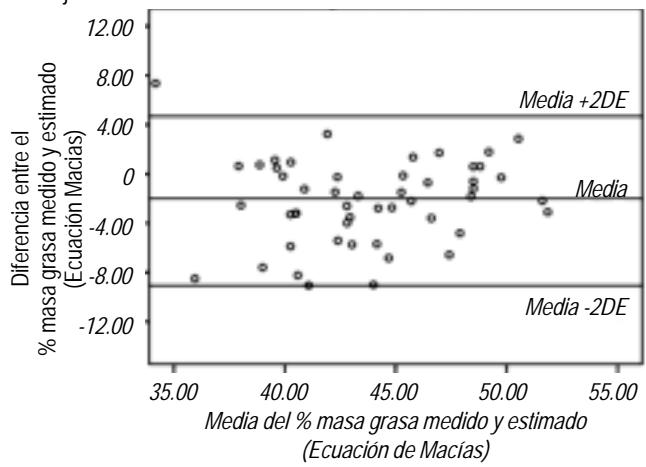
A. Mujeres < 55 años



B. Mujeres ≥ 55 años



C. Mujeres < 55 años



D. Mujeres ≥ 55 años

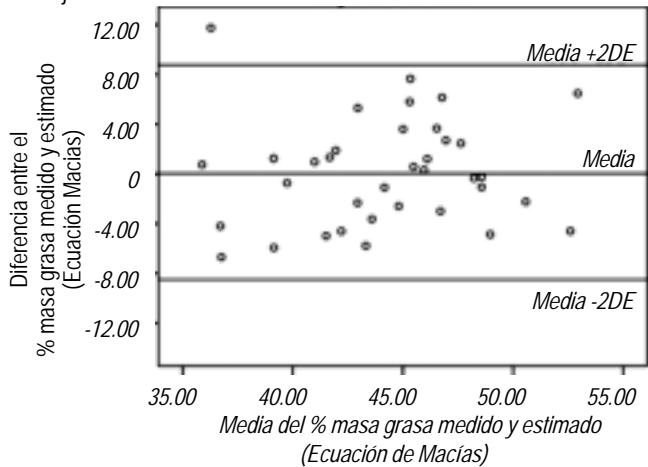


Figura 1. Concordancia entre el % masa grasa medida (DXA) y el estimado por las dos ecuaciones.

DISCUSIÓN

En este estudio se observa que la ecuación de la NHANES, en ambos grupos de edad, es la que mejor correlaciona y concuerda con la medición del %MG medido a través de la técnica estándar de oro seleccionada (DXA). De acuerdo con los criterios propuestos por Lohman, *et.al.*, para el proceso de validación, ésta es la única ecuación que mostró una correlación mayor a 0.8, un EEE y unos límites de concordancia pequeños.^{21,27}

Este estudio corrobora que las mujeres posmenopáusicas con obesidad presentaron mayor %MG que las mujeres con sobrepeso. En mujeres posmenopáusicas griegas se encontró el mismo resultado y los %MG fueron muy similares a los encontrados.²⁸

Las ecuaciones para predecir la composición corporal son en su mayoría diseñadas en pacientes sa-

nos y que presentan un peso normal, por lo que la utilización de estas ecuaciones en pacientes que presentan alguna condición clínica como el SM, sobrepeso u obesidad pueden no ser válidas. El uso de BIA en pacientes obesos ha probado ser confiable;^{29,30} sin embargo, existen diversos factores que pueden causar una variabilidad en la medición. Los pacientes con obesidad pueden tener un aumento de agua corporal total y un aumento de agua extracelular lo que puede subestimar la medición de MG.^{13,31,32}

Está bien establecido, que los mexicanos presentan una mayor proporción de MG que otras razas como la blanca, negra o asiática.³³ Además, estudios longitudinales han demostrado que el %MG aumenta con la edad tanto en hombres como en mujeres hasta la mitad de la vida,^{11,34,35} pero comienza a disminuir con la vejez.³⁶ También se sabe que durante la menopausia, existe un aumento de la masa grasa

y una redistribución de la composición corporal, con aumento en los depósitos de grasa intra-abdominal.³⁷ Por lo que todos estos factores hacen difícil la medición de la composición corporal, y la validez dependerá de las ecuaciones de predicción utilizadas.⁹

La ecuación de NHANES fue desarrollada en una muestra representativa de cinco centros de salud en Estados Unidos. La ecuación desarrollada toma en cuenta la variación que la edad, el sexo y la raza tienen sobre la composición corporal.¹⁶ Estas ecuaciones pueden ser generalizables hasta en pacientes que presentan una deficiente o excesiva grasa corporal.³⁸ Probablemente esta ecuación fue la más válida debido a que fue desarrollada en una muestra representativa de la población americana, que incluía un grupo de adultos de origen hispano, disminuyendo así la variabilidad interpersonal.

La ecuación propuesta por Macías, *et al.*, fue la primera ecuación diseñada y validada en población mexicana. La validación se hizo contra el método de pletismografía de desplazamiento de aire concluyendo que se puede utilizar en población adulta sana. A pesar de que esta ecuación fue diseñada en pacientes adultos mexicanos, en este estudio encontramos que la aplicación de esta ecuación en mujeres posmenopáusicas con SM subestima el %MG en mujeres de < 55 años. En mujeres de ≥ 55 años, el % MG fue igual que el medido a través de DXA; sin embargo, la correlación y concordancia que mostró esta ecuación no fue suficientemente alta para considerarse una ecuación válida.¹⁵

De las principales limitaciones que tiene este estudio es su diseño transversal, en donde sólo se realizó una medición de la composición corporal, por lo que no fue posible considerar la variación diaria intra e interindividual que existe en estas mediciones, la cual podría afectar los resultados. La medición de BIA puede estar afectada por el estado de hidratación, el consumo de alimentos y de líquido, la temperatura corporal y la reciente realización de actividad física;^{9,39} sin embargo, para realizar las mediciones se pidió que las mujeres estuvieran en completo ayuno (incluyendo líquidos) y que no hubieran realizado ejercicio excesivo una noche antes; además, las mediciones fueron realizadas en una misma habitación para controlar la temperatura.

CONCLUSIÓN

Se recomienda utilizar la fórmula de NHANES en mujeres posmenopáusicas con SM para medir la composición corporal a través de BIA. Es necesario realizar estudios con tamaño de muestra suficiente

para desarrollar ecuaciones específicas de BIA y otros métodos de medición de composición corporal para mujeres posmenopáusicas con sobrepeso u obesidad y que presentan SM.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la participación de las siguientes personas por su apoyo en algunas actividades del proyecto: QBP María Antonieta Hernández Miranda, LN. Marién Garza Gordoa, LN Lorena Pantoja de Anda, M. en C. Karime Haua Navarro, L.N. Ana Licea, Enf. Beatriz Pérez Estrada y Enf. María Luisa Herrera Rivero.

REFERENCIAS

1. Zárate A, Basurto L, Hernández M. El síndrome metabólico de la mujer posmenopáusica. Implicaciones clínicas. *Gac Med Méx* 2003; 139(6): 625-8.
2. Estadísticas de mortalidad. Porcentajes de defunciones generales de 30 a 64 años por sexo y principales causas 1990 a 2007. En línea (2009): www.inegi/gob/mx
3. Carr M. The emergence of the metabolic syndrome with menopause. *J Clin Endocrinol Metab* 2003; 88: 2404-11.
4. Chedraui P, Hidalgo L, Chávez D, Morocho N, Alvarado M, Huc A. Menopausal symptoms and associated risk factors among postmenopausal women screened for the metabolic syndrome. *Arch Gynecol Obstet* 2007; 275: 161-8.
5. Maturana MA, Iirigoyen MC, Spritzer PM. Menopause, estrogens and endothelial dysfunction: current concepts. *Clinics* 2007; 62(1): 77-86.
6. Hernández-Ono A, Monter-Carreola G, Zamora-Gonzalez J, Cardoso-Saldaña G, Posadas-Sánchez R, Torres-Tamayo M, et al. Association of visceral fat with coronary risk factors in a population-based sample of postmenopausal women. *Int J Obes* 2002; 26: 33-9.
7. Oláiz G, Rivera J, Shamah T, Rojas R, Villalpando S, Hernández M, Sepúlveda J. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006. Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, México 2006.
8. Grundy S, Cleeman J, Daniels S, Donato K, Eckel R, Franklin B, et al. Diagnosis and management of the metabolic syndrome: an American Heart Association/National Heart, Lung, and Blood Institute Scientific Statement. *Circulation* 2005; 112(17): 2735-52.
9. Dehghan M, Merchant AT. Is bioelectrical impedance accurate for use in large epidemiological studies? *Nutr J* 2008; 7: 26-33.
10. Whitlock G, Lewington S, Sherliker P, Clarke R, Emberson J, Halsey J, et al. Body-mass index and cause-specific mortality in 900 000 adults: collaborative analyses of 57 prospective studies. *Lancet* 2009; 373(9669): 1083-96.
11. Gallagher D, Heymsfeld S, Heo M, Jebb S, Murgatroyd P, Saka-moto Y. Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *Am J Clin Nutr* 2000; 72: 694-701.
12. Heiss C, Donovan L, Hyshaw T, Revere S, Summerville M, Dueck A, et al. Association of body mass index and adiposity in postmenopausal women. *J Am Diet Assoc* 2009; 109(9): A22.
13. Sun G, French CR, Martin GR, Younghusband B, Green RC, Xie YG, et al. Comparison of multifrequency bioelectrical im-

- pedance analysis with dual-energy X-ray absorptiometry for assessment of percentage body fat in a large, healthy population. *Am J Clin Nutr* 2005; 81: 74-8.
14. Vsetulová E, Bunc V. The use of bioimpedance analysis for the assessment of relative body fat in obese women. *Cas Lek Cesk* 2004; 143(8): 528-32.
 15. Macias N, Alemán-Mateo H, Esparza-Romero J, Valencia M. 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: 18-25.
 16. Sun S, Chumlea C, Heymsfield S, Lukaski H, 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.
 17. Barbosa-Silva MC, Barros AJ. Bioelectrical impedance analysis in clinical practice: a new perspective on its use beyond body composition equations. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2005; 8(3): 311-7.
 18. Expert panel on Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults. Executive Summary of the Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III). *JAMA* 2001; 285: 2486-96.
 19. Organización Mundial de la Salud. Report of a WHO consultation on obesity. Obesity: preventing and managing the global epidemic. WHO Technical report series No 894. Ginebra, Suiza 2000.
 20. International Diabetes Federation. The IDF consensus worldwide definition of the metabolic syndrome. IDF Communications 2006.
 21. Lohman TG. Advances in body composition assessment. Champaign, Illinois: Human Kinetics Publishers; 1992.
 22. National Institutes of Health. National Heart, Lung and Blood Institute. Clinical Guidelines on the identification, evaluation and treatment of overweight and obesity in adults. The Evidence Report. United States 1998.
 23. Pietrobelli A, Formica C, Wang Z, Heymsfield SB. Dual-energy X-ray absorptiometry body composition model: review of physical concepts. *Am J Physiol* 1996; 271(6): 941-51.
 24. Kuczmarski RJ. Bioelectrical impedance analysis measurements as part of a national nutrition survey. *Am J Clin Nutr* 1996; 64(Suppl 3): S453-S458.
 25. Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement. *Am J Clin Nutr* 1996; (Suppl 3): S524-S532.
 26. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986; 1: 307-10.
 27. Heyward V, Wagner D. Applied body composition assessment. 2nd Ed. Champaign, Illinois: Human Kinetics Publishers; 2004.
 28. Kontogianni M, Panagiotakos D, Skopouli F. Does body mass index reflect adequately the body fat content in perimenopausal women? *Maturitas* 2005; 51(3): 307-13.
 29. Das SK. Body composition measurement in severe obesity. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2005; 8: 602-6.
 30. Newton RL Jr, Alfonso A, York-Crowe E, Walden H, White MA, Ryan D, Williamson DA. Comparison of body composition methods in obese African-American women. *Obesity* 2006; 14(3): 415-22.
 31. Horie LM, Barbosa-Silva MC, Torrinhas RS, De Mello MT, Ceconello I, Waitzberg DL. New body fat prediction equations for severely obese patients. *Clin Nutr* 2008; 27(3): 350-6.
 32. Deurenberg P. Limitations of the bioelectrical impedance method for the assessment of body fat in severe obesity. *Am J Clin Nutr* 1996; 64(Suppl 3): S449-S452.
 33. Chumlea WC, Guo SS, Kuczmarski RJ, Flegal KM, Johnson CL, Heymsfield SB, et al. Body composition estimates from NHANES III bioelectrical impedance data. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2002; 26(12): 1596-609.
 34. Pilchard C, Kyle UG, Brace D, Salesman DO, Moravia A, Schutz Y. Reference values of fat-free and fat masses by bioelectrical impedance analysis in 3393 healthy subjects. *Nutrition* 2000; 16: 245-54.
 35. Kyle UG, Genton L, Slosman DO, Pilchard C. Fat-free and fat mass percentiles in 5225 healthy subjects aged 15 to 98 years. *Nutrition* 2001; 17: 534-41.
 36. Mott JW, Wang J, Thornton JC, Allison DB, Heymsfield SB, Pierson RN. Relation between body fat and age in 4 ethnic groups. *Am J Clin Nutr* 1999; 69: 1007-13.
 37. Wang Q, Hassager C, Ravn P, Wang S, Christiansen C. Total and regional body-composition changes in early postmenopausal women: age-related or menopause-related? *Am J Clin Nutr* 1994; 60: 843-8.
 38. Guo SS, Chumlea WC, Heymsfield SB, et al. Development of bioelectrical impedance prediction equations for body composition using a multicomponent model for use in epidemiological surveys. *Am J Clin Nutr* 2003; 77(2): 331-40.
 39. Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J Appl Physiol* 1986; 60(4): 1327-32.

Reimpresos:

M. en C. Otilia Perichart-Perera

Coordinadora de la Maestría en Nutrición Clínica
Subdirección de Investigación en Salud Pública
Departamento de Investigación en Nutrición
Instituto Nacional de Perinatología
Isidro Espinosa de los Reyes
Montes Urales 800
Col. Lomas de Virreyes
11000 México D.F.
Tel.: (52-55) 5520-9900 Ext. 120
Fax: (52-55) 5540-2947
Correo electrónico:
o.perichart@servidor.inper.edu.mx

Recibido el 19 de noviembre de 2009.

Aceptado el 19 de mayo de 2010.