

## Formulación de una ecuación para predecir la masa grasa corporal a partir de bioimpedanciometría en adultos en un amplio rango de edad e índice de masa corporal

INGRID SCHIFFERLI<sup>a</sup>, FERNANDO CARRASCO, JORGE INOSTROZA<sup>b</sup>

Departamento de Nutrición, Facultad de Medicina, Universidad de Chile.

<sup>a</sup>Nutricionista, Magíster en Ciencias Biológicas Mención Nutrición.  
<sup>b</sup>Tecnólogo médico.

Recibido el 23 de marzo de 2011, aceptado el 26 de septiembre de 2011.

Correspondencia a:  
Ingrid Schifferli C.  
Avenida Francisco Salazar 01145, Pabellón E, Nutrición y Dietética, Universidad de la Frontera, Temuco, Chile.  
Fono: (56) 45-325038  
Fax: 45-325950  
E-mail: ischifferli@ufro.cl, ischifferli@med.uchile.cl

### Formulation of an equation to predict fat mass using bioelectrical impedance in adults in a wide range of ages and body mass index

**Background:** Bioelectrical impedance (BIA) has a good correlation and agreement with reference techniques, such as dual energy X-ray absorptiometry (DEXA), to assess body composition. **Aim:** To develop and assess the concordance of an equation to predict body fat mass derived from anthropometric data, gender, age and resistance obtained from bioelectrical impedance in adults, using DEXA as the reference method. **Patients and Methods:** Cross-sectional study of 62 women and 59 men aged 18 to 64 years with a body mass index ranging from 18.5 to 34.8 kg/m<sup>2</sup>. The equation was constructed using a predictive statistical model, considering sex, age, weight, resistance index (height<sup>2</sup>(cm)/ resistance (ohms)), as independent variables, and fat mass as the dependent variable. **Results:** The R<sup>2</sup> of the regression model was 0.96, and the standard error of estimation was 2.58 kg (p < 0.001). When comparing with DEXA, no significant differences were observed for the estimation of FM, between the equation developed in this work and that proposed by the manufacturer of the BIA equipment. However, the latter equation, underestimated FM by -2.5 ± 9.5% (p > 0.05) and - 4.5 ± 8,9% (p < 0.05) in both genders and in women, respectively. **Conclusions:** The concordance between estimation of fat mass by the formula developed in this work and by DEXA was better than the estimation obtained using the formula proposed by the manufacturer of the BIA equipment. (Rev Med Chile 2011; 139: 1534-1543).

**Key words:** Body composition; Body fact distribution; Electric impedance.

La composición corporal es la expresión de factores genéticos y conductuales. Los cambios en factores exógenos, tales como la dieta, el ejercicio o ciertas condiciones patológicas afectan dicha composición, modificando el estado nutricional del individuo. Existen diferentes métodos para evaluar la composición corporal en individuos adultos, los que se pueden definir como métodos directos, indirectos y doblemente

indirectos. Estos métodos se basan en modelos que dividen al organismo en 2, 3 ó 4 compartimentos<sup>1</sup>.

La impedanciometría bioeléctrica es un método doblemente indirecto, que se basa en un modelo de dos compartimentos para identificar masa grasa y masa libre de grasa. Se define como la medición de la resistencia del cuerpo a la conducción de una corriente eléctrica alterna de baja intensidad y es inversamente proporcional al

contenido de agua corporal, por lo tanto, a mayor agua corporal y masa magra, menor es la impedancia<sup>1</sup>. La estimación de composición corporal por impedancia se hace a través de ecuaciones de regresión basadas en la correlación entre la resistencia observada y mediciones del contenido de agua corporal total, densidad corporal o masa libre de grasa. Estas ecuaciones son validadas contra métodos de referencia o *gold standard*, entre los que destacan el modelo de 4 compartimentos, densitometría por inmersión, pletismografía por desplazamiento de aire (Bod Pod®) y absorciometría dual de rayos X (DEXA)<sup>2-6</sup>. En promedio, el error de estimación es de 3 a 5% y el coeficiente de variación inter-ensayo de 1 a 2%, lo cual manifiesta una alta reproducibilidad<sup>1</sup>. BIA ha tenido un desarrollo cada vez mayor en los últimos años, debido a que es un método rápido, seguro, no invasivo, indoloro, de fácil ejecución y reproducible en el tiempo, características que le otorgan especial utilidad en clínica y en estudios poblacionales de composición corporal. Además ha demostrado buena correlación con técnicas de referencia como DEXA y ha sido ampliamente validado en sujetos sanos<sup>3,7</sup>. El desarrollo de ecuaciones matemáticas basadas en el análisis por BIA permite disponer de fórmulas específicas para diferentes poblaciones considerando factores raciales, género, edad, estado nutricional y patologías específicas<sup>1,2,8,9</sup>.

DEXA es un método indirecto, que divide al cuerpo en tres compartimentos: masa grasa, masa libre de grasa no ósea y masa libre de grasa ósea. Esta técnica utiliza dos haces de rayos X de diferente energía, los que al atravesar los tejidos del organismo, son atenuados de manera diferente por el tejido mineral, masa magra no ósea y masa grasa<sup>10</sup>. Como modelo de evaluación de la composición corporal proporciona múltiples ventajas, destacando su alta exactitud, con un error de estimación del 1% para masa ósea y entre 1 y 3% para masa grasa, llegando a ser considerado uno de los métodos de referencia para el análisis de masa libre de grasa y masa grasa<sup>3,11,12</sup>. Sin embargo, por su elevado costo y menor accesibilidad que BIA, es de interés mejorar la fiabilidad y validez de esta última para el análisis de composición corporal, y así aprovechar sus ventajas.

El propósito del estudio fue formular y evaluar la concordancia de una ecuación para predecir la masa grasa corporal derivada del peso, estatura, edad, sexo y resistencia obtenida por bioimpedan-

ciometría en adultos en un amplio rango de edad e índice de masa corporal, usando la absorciometría dual de rayos X como patrón de referencia.

## Material y Método

### Sujetos

Se realizó un estudio analítico transversal, para lo cual se reclutó una muestra conveniente de voluntarios adultos sanos, exceptuando la presencia de obesidad, de ambos géneros. Para determinar el tamaño de la muestra, se consideró el número de variables dependientes y predictoras estudiadas y se aplicó el factor máximo de 10 recomendado por Norman y Streininger<sup>13</sup>. El tamaño muestral estimado por esta fórmula fue de 60 individuos; sin embargo, a fin de lograr una muestra con mayor amplitud en edad e índice de masa corporal (IMC), se determinó estudiar a 120 sujetos. La variable dependiente fue la masa grasa y las variables predictoras fueron sexo, peso, edad e índice de resistencia, definido como la estatura (cm)<sup>2</sup>/R (ohm). Se incluyeron en este estudio, 62 mujeres y 59 hombres de 18 a 64 años de edad, con un IMC entre 18,5 y 34,9 kg/m<sup>2</sup>. Se excluyó del estudio a las embarazadas, sujetos portadores de patologías que cursen con edema (insuficiencia renal, insuficiencia cardíaca, congestiva, insuficiencia hepática, insuficiencia venosa de extremidades inferiores), mujeres en los siete días de la etapa premenstrual y sujetos con indicación de medicamentos que puedan causar edema o deshidratación. Tampoco se incluyeron sujetos con marcapaso, amputados ni sujetos con prótesis metálica en extremidades o en columna vertebral. Se clasificó a los voluntarios según el cálculo del IMC: peso (kg)/estatura (m)<sup>2</sup><sup>14</sup>.

El estudio se realizó en el Departamento de Nutrición, Facultad de Medicina, Universidad de Chile. Los voluntarios firmaron el consentimiento informado, aprobado por el Comité de Bioética para la investigación en seres humanos de dicha Facultad.

### Antropometría

Se midió el peso en una balanza electrónica SECA® (precisión de 0,1 kg), ropa ligera y sin calzado, y la estatura con un estadiómetro adosado a la balanza (precisión de 0,1 cm).

### Absorciometría dual de rayos X (DEXA)

Se efectuó un barrido de cuerpo entero con equipo Lunar DPX-L (Lunar Corporation, Madi-

son, WI, USA, versión 1.30), con el sujeto en posición decúbito supino en la mesa de exploración, el cual requirió entre 15 y 30 minutos. Se midió porcentaje de masa grasa, masa libre de grasa (kg) y masa mineral ósea (kg).

#### Impedanciometría bioeléctrica

Se utilizó un equipo tetrapolar de frecuencia única (50 kHz, 800mA), Biodynamics® modelo 310 (Biodynamics Corp. Seattle, Washington, USA). Este equipo presenta un error inter-ensayo inferior al 1%, comprobado por mediciones repetidas en el Departamento de Nutrición de la Universidad de Chile. Los fabricantes del equipo mantienen las ecuaciones para estimación de composición corporal en estricta confidencialidad. Se midió porcentaje de masa grasa, masa libre de grasa (kg) y resistencia (ohm), para lo cual, los sujetos debieron permanecer en posición decúbito supino, sobre una superficie no conductora. Los cuatro electrodos de contacto fueron colocados en el dorso de la mano y pie derechos. Los voluntarios se presentaron en ayunas, sin objetos metálicos y en estado de hidratación normal, sin haber realizado ejercicio físico programado el día anterior ni el mismo día de la medición.

#### Análisis estadístico

Se construyó un modelo estadístico considerando como variables predictivas el sexo, edad, peso e índice de resistencia (estatura<sup>2</sup> (cm)/R (ohm)), mientras que la variable dependiente fue la masa libre de grasa. Se utilizó el modelo estadístico de regresión lineal con el método *stepwise*. Este proceso de selección de variables se complementó con criterios biológicos y la experiencia acumulada

por los especialistas del área. Se comprobó el cumplimiento de los supuestos de linealidad, ausencia de colinealidad y de valores extremos o atípicos definidos como aquellos que distan más de 3 DE del promedio muestral de la variable. Posterior al desarrollo del modelo se hizo un análisis de residuos, siendo deseable el cumplimiento de condiciones de normalidad y homocedasticidad. De esta manera se formuló la nueva ecuación, según presentara el mayor coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) y el menor error estándar de estimación (EEE), de acuerdo a lo recomendado en las guías de la "European Society for Clinical Nutrition and Metabolism"<sup>13,15,16</sup>. Posteriormente, a través de una fórmula matemática, se estimó el porcentaje de masa grasa otorgado por la ecuación.

Se analizó la concordancia con la medición obtenida de DEXA, considerando el sexo, edad e IMC, de la nueva ecuación y de la medición basada en la ecuación incorporada al equipo, utilizando el modelo de Bland y Altman<sup>17</sup>. El rango de dispersión de las diferencias se estableció en  $\pm 2$  desviaciones estándar. Para todas las pruebas se consideró significativo un valor de  $p < 0,05$ . El procesamiento de los datos se realizó utilizando el programa SPSS 17.0 y GraphPad Prism.

#### Resultados

Las características generales de los sujetos se detallan en la Tabla 1. Para las variables descriptoras a incluir en el modelo, peso, sexo y resistencia, se obtuvo el cumplimiento del supuesto de linealidad, no se presentaron valores extremos y se cumplió con la ausencia de colinealidad. El análisis

**Tabla 1. Características de la población en estudio**

	Mujeres (n = 62)		Hombres (n= 59)	
	Promedio $\pm$ DE	Rango	Promedio $\pm$ DE	Rango
Edad (años)	37,7 $\pm$ 12,9	18 - 62	34,2 $\pm$ 13,4	20 - 64
Peso (kg)	61, 2 $\pm$ 7,8	42 - 76	77,5 $\pm$ 9,4	58 - 99
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	24,5 $\pm$ 3,4	18,5 - 34,2	25,7 $\pm$ 3,1	20,7 - 33,4
MLG (kg)	42,7 $\pm$ 4,0	33,3 - 53,2	65,1 $\pm$ 6,4	52,9 - 83,0
R (ohms)	536,0 $\pm$ 62,1	417 - 693	426,6 $\pm$ 45,9	335 - 527
IR (E <sup>2</sup> (cm)/R (ohms)	47,3 $\pm$ 5,4	33,2 - 62,9	71,6 $\pm$ 8,3	55,1 - 93,5

IMC: índice de masa corporal; MLG: masa libre de grasa medida por DEXA; R: resistencia; IR: índice de resistencia; E: estatura.

**Tabla 2. Modelo de regresión lineal para estimación de una ecuación de predicción de masa libre de grasa**

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados		t	Sig
	B		Error típico	Beta		
(Constante)	-22,43		5,81		3,86	0,000
IR	0,48		0,06	0,54	8,24	0,000
Sexo	8,87		0,98	0,36	9,05	0,000
Peso	0,37		0,04	0,35	10,56	0,000
Resistencia	0,04		0,00	0,23	5,59	0,000
Resumen del modelo	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> corregido	Error estándar de estimación		
	0,98	0,96	0,96	2,58		

Variables predictoras: índice de resistencia (IR = estatura<sup>2</sup> (m)/ resistencia (ohms), sexo, peso, resistencia (ohms). Variable dependiente: MLG (kg) medida por DEXA.

de los residuos del modelo predictivo, indica que cumplen con los supuestos de homocedasticidad y normalidad.

La Tabla 2 presenta el modelo de regresión para la estimación de MLG. Con la nueva ecuación predictiva se logra explicar el 96% de la variabilidad de masa libre de grasa medida por DEXA (R<sup>2</sup> = 0,96; EEE = 2,58 kg; p < 0,001) (Figura 1). La variable con mayor valor predictivo en la estimación de MLG fue el índice de resistencia (coeficiente beta ajustado de 0,54). De acuerdo al modelo de regresión lineal, la nueva ecuación de predicción de masa libre de grasa aplicando bioimpedanciometría fue la siguiente:

$$\text{MLG (kg)} = (\text{sexo} \times 8,87) + (\text{Peso (kg)} \times 0,37) + (\text{IR} \times 0,48) + (\text{R} \times 0,037) - 22,43$$

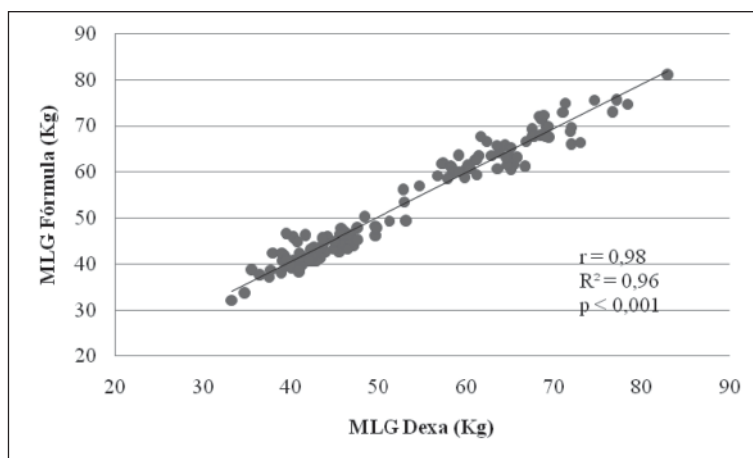
Donde:

Sexo = Mujer = 0; Hombre = 1

IR = Índice de resistencia (estatura<sup>2</sup> (cm)/R (ohm)

R = Resistencia (ohm)

Al analizar la concordancia en la estimación de la MLG entre la ecuación incorporada al equipo de bioimpedanciometría con respecto a DEXA, se observó una sobreestimación de la MLG de 1,63 ± 6,82 kg (p = 0,005). Con la nueva ecuación, la diferencia de la MLG estimada por bioimpe-



**Figura 1.** Asociación lineal entre masa libre de grasa (MLG) estimada por la nueva ecuación (Fórmula) para bioimpedanciometría y masa libre de grasa obtenida de DEXA. MLG: masa libre de grasa.

danciometría contra DEXA es de  $0,14 \pm 5,08$  kg (diferencia no significativa (NS)) (Figuras 2 y 3).

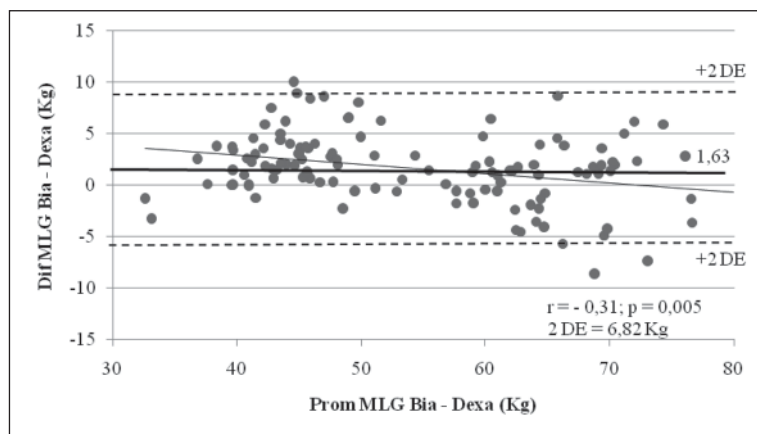
El coeficiente de correlación entre el porcentaje de masa grasa (%MG) estimado por la nueva ecuación y el obtenido a través de DEXA fue de 0,92 ( $R^2 = 0,85$ ;  $p < 0,001$ ). Del análisis de concordancia entre la MG estimada por la nueva ecuación y la estimada por el equipo de bioimpedanciometría en relación a la medición hecha con DEXA, se obtuvo que la ecuación del equipo tiende a subestimar el %MG en  $2,49 \pm 9,54\%$  (NS) (Figura 4). Con la nueva ecuación, se obtuvo una diferencia entre el %MG estimado y el medido por DEXA de sólo  $-0,17 \pm 7,14\%$  (NS) (Figura 5).

La Figura 6 muestra la evaluación de concordancia entre el %MG estimado por la ecuación incorporada al equipo de bioimpedanciometría

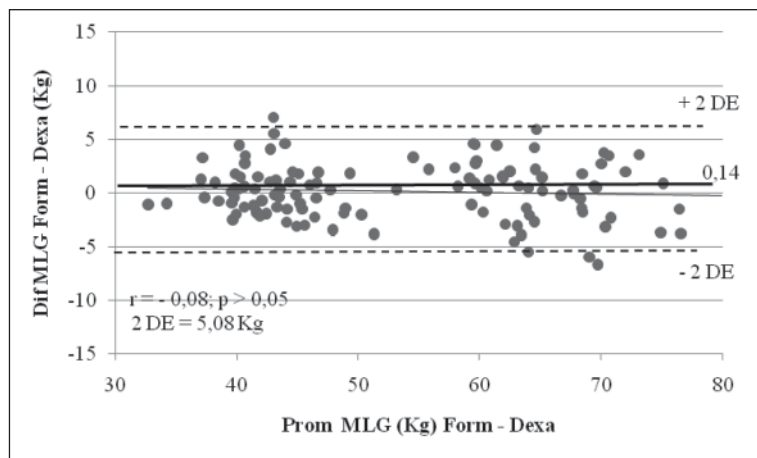
y el %MG medido por DEXA en mujeres, observándose una subestimación de  $4,49 \pm 8,88\%$  ( $p < 0,05$ ). El %MG estimado por la nueva ecuación difiere de DEXA en sólo  $-0,05 \pm 7,02\%$  (NS) (Figura 7).

El análisis de concordancia del %MG de la ecuación incorporada al equipo contra DEXA en hombres se presenta en la Figura 8. En promedio, esta ecuación difiere en  $-0,39 \pm 8,42\%$  del %MG estimado por DEXA (NS). La Figura 9 muestra el análisis de concordancia del %MG estimado por la nueva ecuación y DEXA en hombres, siendo la diferencia de  $-0,30 \pm 7,34\%$  (NS).

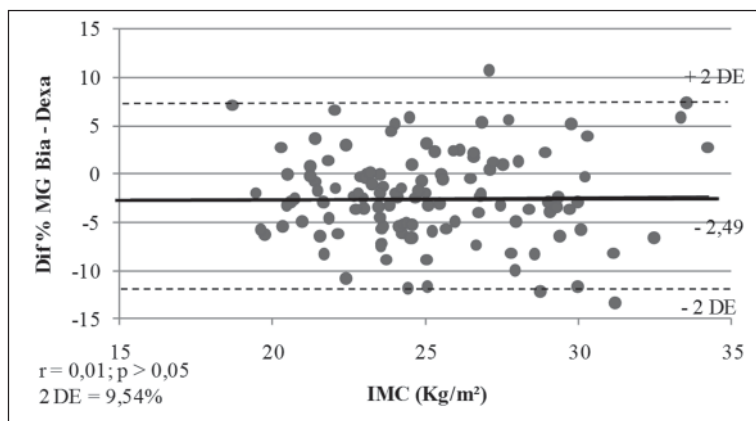
Con la nueva ecuación la diferencia entre el %MG estimado y el medido por DEXA se comportó de manera homogénea en relación a las diferentes edades de los sujetos.



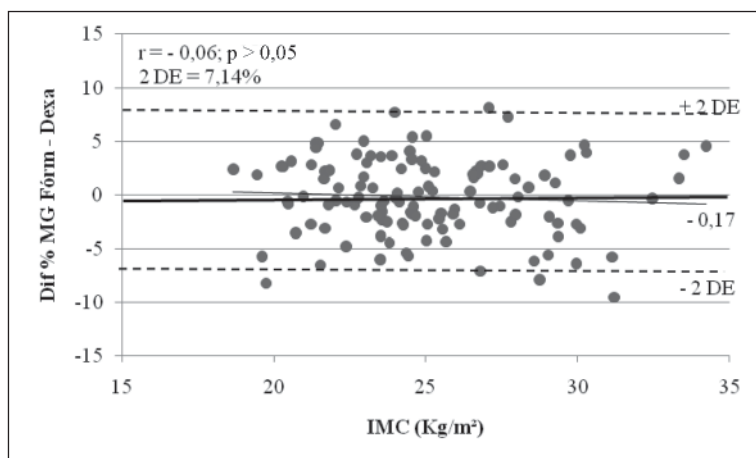
**Figura 2.** Concordancia entre masa libre de grasa estimada por el fabricante del equipo de bioimpedanciometría (MLG Bia) en relación a la masa libre de grasa medida por DEXA (según Bland – Altman). MLG: masa libre de grasa; Bia: bioimpedanciometría; DEXa: absorciometría dual de rayos X.



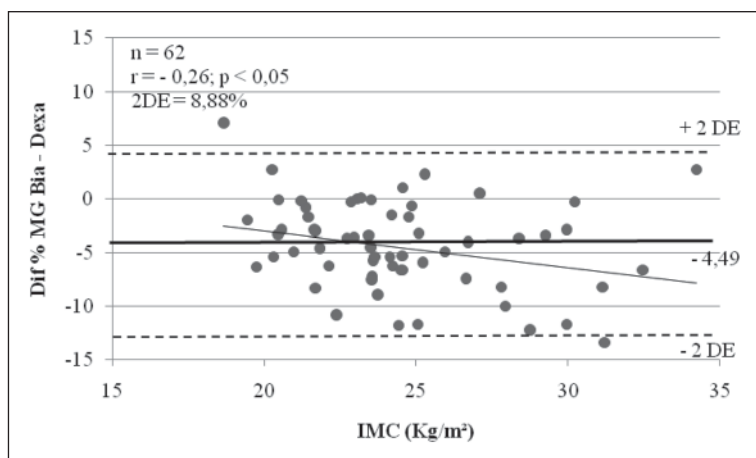
**Figura 3.** Concordancia entre masa libre de grasa estimada por la nueva ecuación (MLG Fórm) y la masa libre de grasa medida por DEXA (según Bland-Altman). MLG: masa libre de grasa; Form: nueva fórmula; DEXa: absorciometría dual de rayos X.



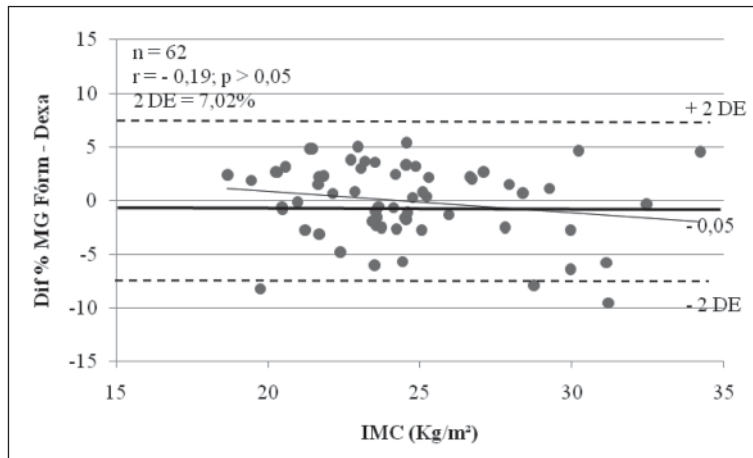
**Figura 4.** Concordancia entre masa grasa estimada por la ecuación incorporada al equipo de bioimpedanciometría (%MG Bia) y la masa grasa medida por DEXA en relación al IMC (según Bland-Altman). %MG: porcentaje masa grasa; Bia: bioimpedanciometría; Dexa: absorciometría dual de rayos X; IMC: índice de masa corporal.



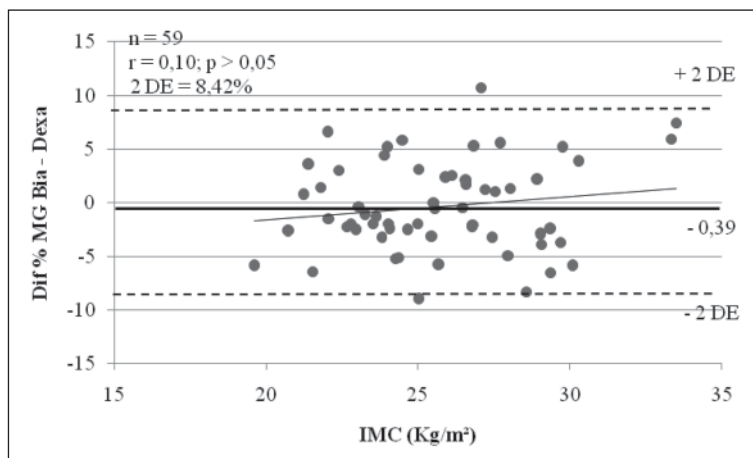
**Figura 5.** Concordancia entre masa grasa estimada por la nueva ecuación (%MG-Fóm) y la masa grasa medida por DEXA en relación al IMC (según Bland-Altman). %MG: porcentaje masa grasa; Fóm: nueva fórmula; Dexa: absorciometría dual de rayos X; IMC: índice de masa corporal.



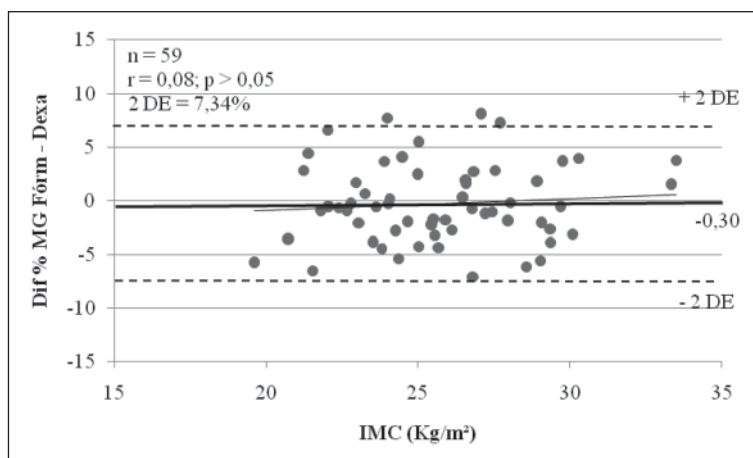
**Figura 6.** Concordancia entre la masa grasa estimada por la ecuación incorporada al equipo de bioimpedanciometría (%MG Bia) y la medida por DEXA, según IMC en mujeres. %MG: porcentaje masa grasa; Bia: bioimpedanciometría; Dexa: absorciometría dual de rayos X; IMC: índice de masa corporal.



**Figura 7.** Concordancia entre la masa grasa estimada por la nueva ecuación (% MG – Fórm) y la medida por DEXA, según IMC en mujeres. %MG: porcentaje masa grasa; Fórm: nueva fórmula; Dexa: absorciometría dual de rayos X; IMC: índice de masa corporal.



**Figura 8.** Concordancia entre la masa grasa estimada por la ecuación incorporada al equipo de bioimpedanciometría (% MG Bia) y la medida por DEXA, según IMC (Kg/m<sup>2</sup>) en hombres. %MG: porcentaje masa grasa; Bia: bioimpedanciometría; Dexa: absorciometría dual de rayos X; IMC: índice de masa corporal.



**Figura 9.** Concordancia entre la masa grasa estimada por la nueva ecuación (% MG Fórm) y la medida por DEXA, según IMC (Kg/m<sup>2</sup>) en hombres. %MG: porcentaje masa grasa; Fórm: nueva fórmula; Dexa: absorciometría dual de rayos X; IMC: índice de masa corporal.



La nueva ecuación predictiva presentó una diferencia de estimación del %MG con respecto de DEXA de sólo  $0,95 \pm 7,64$  % (NS) en los sujetos normopeso y de  $-0,93 \pm 8,38$  % en los voluntarios con sobrepeso u obesidad (NS).

### Discusión

DEXA es considerado un método de referencia en la evaluación de la composición corporal; sin embargo, su costo aún es elevado para ser utilizado de manera frecuente. Frente a esto BIA presenta múltiples ventajas, no obstante una de las limitaciones es que la mayoría de las ecuaciones de predicción para el análisis de composición corporal han sido desarrolladas en población caucásica. Diversos estudios han comprobado que, aplicando estas ecuaciones en individuos con características diferentes a la población de referencia el resultado ha sido inconsistente<sup>16,18-21</sup>. En nuestro conocimiento no se han desarrollado fórmulas para predecir el %MG a partir de BIA analizando datos de población chilena. En este contexto se desarrolló una fórmula intentando encontrar las variables más importantes para predecir la masa libre de grasa y el %MG, las cuales fueron el sexo, peso, resistencia y estatura. La variable resistencia se incorporó de manera aislada y formando parte del índice de resistencia, puesto que el modelo resultante fue mejor que un modelo que incluía sólo la variable índice de resistencia, tal como se ha hecho en la formulación de ecuaciones de análisis de composición corporal por otros autores como Sun et al<sup>38</sup>, Gray et al<sup>39</sup> y Segal et al<sup>40</sup>, entre otros.

De acuerdo a las recomendaciones internacionales, y basándose en el error de estimación, el modelo obtenido se considera muy bueno en hombres y bueno en mujeres<sup>3,15,22</sup>.

La ecuación incorporada al equipo de bioimpedanciometría sobreestima significativamente la masa libre de grasa en  $\sim 1,6$  Kg tanto en hombres como en mujeres. La subestimación significativa de la ecuación del equipo de  $\sim 4,5$  % en el %MG en mujeres, hace recomendable la utilización de la nueva ecuación, por su mayor concordancia con DEXA (diferencia de 0,05%).

Aunque no hubo un efecto significativo de la edad en la estimación de masa grasa con ambos métodos en comparación con DEXA, la nueva ecuación predictiva se comporta de manera más homogénea en los diferentes rangos de edad de

los sujetos estudiados. Tampoco hubo diferencia entre ambos métodos al separar la muestra en voluntarios normopeso y con exceso de peso. De todas formas, siempre la diferencia contra DEXA fue menor para la nueva ecuación.

Una de las limitaciones de la nueva ecuación es que fue desarrollada en base a determinaciones de voluntarios, lo que podría introducir una duda razonable respecto de la representatividad de la muestra. Esta potencial limitación se intentó minimizar reclutando a sujetos en un amplio rango de edad, IMC, actividad laboral y origen socioeconómico. Esta metodología es ampliamente utilizada en la formulación de este tipo de ecuaciones, como lo respaldan diversas publicaciones, y es una de las razones por la que estas ecuaciones deben validarse posteriormente<sup>4,19,29,37</sup>.

Las características propias de diferentes grupos poblacionales hacen que sea necesario utilizar ecuaciones específicas, tal como lo han demostrado diversos autores como Deurenberg, Gallager y Casas, entre otros<sup>4,7,15,19,23,27,29</sup>. En el estudio de Casas et al<sup>27</sup>, se evaluaron mujeres hispánicas y caucásicas, encontrándose diferencias significativas en el %MG entre ambos grupos, siendo mayor el %MG para las hispánicas. Otro estudio realizado en mujeres sobrepeso y obesas españolas, demostró que una ecuación específica para dicha población estimó mejor el %MG que la fórmula incorporada en el equipo de BIA, usando DEXA como referencia<sup>36</sup>. Tales resultados respaldan los resultados obtenidos en nuestro estudio.

### Conclusiones

Usando DEXA como referencia, la nueva fórmula predictiva muestra mayor concordancia que la fórmula del fabricante del equipo para estimar la masa grasa corporal en adultos chilenos, en un amplio rango de índice de masa corporal. La aplicación de esta nueva fórmula puede ser de especial relevancia al realizar mediciones en mujeres, independiente de su estado nutricional.

Es recomendable utilizar una ecuación predictiva formulada desde una población con similares características a la población en la cual se va a aplicar, como la generada en este estudio, la cual necesita ser validada en una muestra independiente, y con el uso de distintas marcas de equipos de bioimpedanciometría, antes de ser recomendada para su uso generalizado.



## Referencias

1. Brodie D, Moscrip V, Hutcheon R. Body composition measurement: A review of Hidrodensitometry, Anthropometry, and Impedance methods. *Nutrition* 1998; 14: 296-310.
2. Fuller N, Jebb A, Laskey A, Coward W, Elia M. Four-component model for the assessment of body composition in humans: Comparison with alternative methods, and evaluation of the density and hydration of fat-free mass. *Clin Sci* 1992; 82: 687-93.
3. Kyle U, Bosaeus I, De Lorenzo A, Deurenberg P, Elia M, Gómez J, et al. Bioelectrical impedance analysis-part I: review of principles and methods. *Clin Nutr* 2004; 23: 1226-43.
4. Deurenberg P, Deurenberg-Yap M. Validation of skinfold thickness and hand-held impedance measurements for estimation of body fat percentage among Singaporean Chinese, Malay and Indian subjects. *Asia Pac J Clin Nutr* 2002; 11: 1-7.
5. Demura S, Yamaji S, Goshi F, Kobayashi H, Sato S, Nagasawa Y. The validity and reliability of relative body fat estimates and construction of new prediction equations for young Japanese adult males. *J Sports Sci* 2002; 20: 153-64.
6. Jebb SA, Cole TJ, Doman D, Murgatroyd PR, Prentice AM. Evaluation of the novel Tanita body-fat analyser to measure body composition by comparison with a four-compartment model. *Br J Nutr* 2000; 83: 115-22.
7. Bellido D, Carreira J. Desarrollo de ecuaciones predictivas para el cálculo de composición corporal por impedanciometría. *Rev Esp Obes* 2006; 4: 97-106.
8. Kenneth J Ellis. Innovative non-or minimally-invasive technologies for monitoring health and nutritional status in mothers and young children. *J Nutr* 2001; 131: 1589-90.
9. Dehghan M, Merchant A. Is bioelectrical achurate for use in large epidemiological studies? *Nutr J* 2008; 7: 1475-2891.
10. Bellido D, Carreira J. Análisis por absorciometría de rayos X de doble energía y composición corporal. *Nutr Clin Med* 2008; 2: 85-108.
11. Wang Z, Heymsfield SB, Chen Z, Zhu S, Pierson RN. Estimation of percentage body fat by dual-energy x-ray absorptiometry: evaluation by in vivo human elemental composition. *Phys Med Biol* 2010; 55: 2619-35.
12. Andreoli A, Scalzo G, Masala S, Tarantino U, Guglielmi G. Body composition assessment by dual-energy X-ray absorciometry (DXA). *Radiol Med* 2009; 114: 286-300.
13. Norman G, Streiner D. Regresión Múltiple En: *Bioestadística*. Barcelona, Editorial Hartcourt, 1996. 115-16.
14. WHO. Obesity: Preventing and managing the global epidemic. Report of WHO consultation on obesity. Geneva, 1998.
15. 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.
16. Houtkooper LM, Lohman T, Going Scott, Howell W. Why bioelectrical impedance analysis should be used for estimating adiposity? *Am J Clin Nutr* 1996; 64: 436-48.
17. Bland JM, Altman DG. Comparing methods of measurement: why plotting difference against standard method is misleading. *Lancet* 1995; 346: 1085-87.
18. Kyle UG, Piccoli A, Pichard C. Body composition measurements: interpretation finally made easy for clinical use. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2003; 6: 387-93.
19. Deurenberg P, Weststrate JA, Seidell JC. Body mass index as a measure of body fatness: age- and sex-specific prediction formulas. *Br J Nutr* 1991; 65: 105-14.
20. Kyle UG, Genton L, Karsegard L, Slosman DO, Pichard C. Single prediction equation for bioelectrical impedance analysis in adults aged 20-94 years. *Nutrition* 2001; 17: 248-53.
21. Kotler DP, Burastero S, Wang J, Pierson Jr RN. Prediction of body cell mass, fat free mass and total body waterwith bioelectrical impedance analysis: effects of race, sex and disease. *AM J Clin Nutr* 1996; 64: 489-97.
22. Siri WE. Body volume measurement by gas dilution. In: Brozek J, editor. *Techniques of measuring body composition*. Washington, DC: National Academy of Sciences, National Research Council; 1961: 108-117.
23. Heyward VH, Wagner DR. *Body composition and ethnicity. Applied body composition assessment*. Hard-back Ed 2004; 135-72.
24. Coppini LZ, Waitzberg DL, Campos AC. Limitations and validation of bioelectrical impedance analysis in morbidly obese patients. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2005; 8: 329-32.
25. Daniel H. De Girolami. Métodos complementarios. En: *Fundamentos de valoración nutricional y composición corporal*. Argentina. Editorial El Ateneo 2003; 17: 217-51.
26. Heitmann BL. Evaluation of body fat estimated from body mass index, skinfolds and impedance. A comparative study. *Eur J Clin Nutr* 1990; 44: 831-7.
27. Casas YG, Schiller BC, DeSouza CA, Seals DR. Total and regional body composition across age in healthy hispanic and White women of similar socioeconomic status. *AM J Clin Nutr* 2001; 73: 13-118.
28. Sample size planning for linear and logistic regression and analysis of variance. In: Kleimbaum D, Kupper L,

- Nizam A, Muller K. Applied Regression Analysis and other multivariable methods. Thompson 2008; 27: 791-3.
29. Stolarczyk L, Heyward V, Hicks V, Baumgartner R. Predictive accuracy of bioelectrical impedance in estimating body composition of Native American women. *Am J Clin Nutr* 1994; 59: 964-70.
  30. Deurenberg-Yap M, Schmidt G, van Staveren WA, Deurenberg P. The paradox of low body mass index and high body fat percentage among Chinese, Malays and Indians in Singapore. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2000; 24: 1011-17.
  31. Macias N, Aleman-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: 6-18.
  32. Gallagher D, Heymsfield SB, Heo M, Jebb SA, Murgatroyd PR, Sakamoto Y. Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *Am J Clin Nutr* 2000; 72: 694-701.
  33. Deurenberg P, Yap M, Van Staveren WA. Body mass index and percent body fat: a meta-analysis among different ethnic groups. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1998; 22: 1164-71.
  34. Chumlea W, Guo S, Cockram D, Siervogel M. Mechanical and physiological modifiers and bioelectrical impedance spectrum determinants of body composition. *Am J Clin Nutr* 1996; 64: 413-22.
  35. 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: 243-49.
  36. Bellido D, Carreira J, Castañeda V. Composición corporal por impedancia bioeléctrica de arco inferior en individuos con sobrepeso y obesidad de población española. *Rev Esp Ob* 2009; 6: 385-94.
  37. Lukasky H, Johnson P, Bolonchuk W, Lykken G. Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *Am J Clin Nutr* 1985; 41: 810-17.
  38. Sun SS, Chumlea WC, Heymsfield SB, Lukasky HC, Schoeller D, Friedl K, et al. Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. *Am J Clin Nutr* 2003; 77: 331-40.
  39. Gray DS, Bray GA, Gemayel N, Kaplan K. Effect of obesity on bioelectrical impedance. *Am J Clin Nutr* 1989; 50: 255-60.
  40. Segal KR, Van Loan M, Fitzgerald PI, Hodgdon JA, Van Itallie TB. Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: a four-site cross-validation study. *Am J Clin Nutr* 1988; 47: 7-14.