



Trabajo Original

Valoración nutricional

Evaluación de la composición corporal antes y después de la reducción de peso con baipás gástrico en Y de Roux. ¿Son confiables las mediciones de la bioimpedanciometría?

Body composition assessment before and after weight loss following a Roux-en-Y gastric bypass. Are bioimpedance estimations reliable?

Fernando Carrasco¹, Gabriela Carrasco¹, Pamela Rojas¹, Karin Papapietro² y Gabriela Salazar³

¹Departamento de Nutrición. Facultad de Medicina. Universidad de Chile. Santiago, Chile. ²Departamento de Cirugía. Hospital Clínico. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

³Laboratorio de Energía e Isótopos Estables. Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA). Universidad de Chile. Santiago, Chile

Resumen

Introducción: en pacientes con obesidad severa y mórbida se ha observado que la evaluación por bioimpedanciometría (BIA) genera una subestimación de la masa grasa (MG) y del peso perdido como MG después de la cirugía bariátrica, sobreestimándose la pérdida de masa libre de grasa (MLG) y la masa muscular.

Objetivo: evaluar la confiabilidad de la BIA para estimar el agua corporal total (ACT), la MLG, la MG y sus cambios después de 6 meses de un baipás gástrico en Y de Roux (BPGYR) en pacientes con obesidad severa y mórbida.

Métodos: 36 adultos con indicación de BPGYR se estudiaron prospectivamente. Se midió el ACT por deuterio (D) y se calcularon la MLG y MG. Con BIA de doble frecuencia (5 y 200 kHz) (Bodystat Dualscan®) se estimaron la MG, la MLG, el ACT, el agua extracelular (AEC), el agua intracelular (AIC) y la relación AEC/AIC.

Resultados: antes del BPGYR, la BIA sobreestimó el ACT en $2,6 \pm 4,3$ L ($p = 0,002$) y la MLG en $3,5 \pm 5,7$ kg ($p = 0,002$), y subestimó el %MG en $2,98 \pm 4,7\%$ ($p = 0,002$). La relación AEC/AIC mostró una correlación positiva con la sobreestimación de la MLG por BIA ($r = 0,49$; $p = 0,002$). Después de la cirugía, las diferencias entre BIA y D no fueron significativas y el error de estimación de la MLG no se correlacionó con la relación AEC/AIC.

Conclusiones: la BIA genera una subestimación de la MG como la reportada, la cual se atenúa después de la reducción de peso, subestimando el peso perdido como MG y sobreestimando la pérdida de MLG. Futuras investigaciones podrán evaluar si estos errores se reproducen con otros equipos de BIA.

Palabras clave:

Obesidad mórbida.
Baipás gástrico en Y de Roux.
Bioimpedanciometría.
Agua corporal total.

Abstract

Introduction: in patients with severe and morbid obesity it has been observed that bioimpedance (BIA) assessment generates an underestimation of fat mass (FM) and weight loss as FM after bariatric surgery, overestimating the loss of fat-free mass (FFM) and muscle mass.

Objective: to evaluate the reliability of bioelectrical impedance analysis (BIA) to estimate total body water (TBW), fat-free mass (FFM), fat mass (FM), and its changes after 6 months of a Roux-en-Y gastric bypass (RYGBP), in patients with severe and morbid obesity.

Methods: thirty-six patients approved for RYGBP were prospectively studied. TBW was measured by deuterium (D), and FM and FFM were calculated. A dual-frequency BIA device (5 and 200 kHz) (Bodystat Dualscan®) was used to estimate FM, FFM, TBW, extracellular water (ECW), intracellular water (ICW), and ECW/ICW ratio.

Results: before RYGBP, BIA overestimated TBW by 2.6 ± 4.3 L ($p = 0.002$) and FFM by 3.5 ± 5.7 kg ($p = 0.002$), and underestimated FM% by $2.98 \pm 4.7\%$ ($p = 0.002$). The ECW/ICW ratio showed a significant and positive correlation with the difference BIA-D for FFM ($r = 0.49$; $p = 0.002$). After surgery, the differences between BIA and D were not significant, and the estimation error of FFM did not correlate with the ECW/ICW ratio.

Conclusions: BIA generates an underestimation of FM as reported in patients with severe and morbid obesity, which is attenuated after weight reduction, underestimating weight loss as FM and overestimating FFM loss. Future research may assess whether these errors are reproduced by other BIA devices.

Keywords:

Morbid obesity.
Roux-en-Y gastric bypass.
Bioelectrical impedance analysis.
Total body water.

Recibido: 29/04/2020 • Aceptado: 25/08/2020

Conflicto de interés: los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Carrasco F, Carrasco G, Rojas P, Papapietro K, Salazar G. Evaluación de la composición corporal antes y después de la reducción de peso con baipás gástrico en Y de Roux. ¿Son confiables las mediciones de la bioimpedanciometría? Nutr Hosp 2020;37(6):1150-1156

DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.02942>

Correspondencia:

Gabriela Noemi Carrasco Navarro. Departamento de Nutrición. Facultad de Medicina. Universidad de Chile. Santiago, Chile
e-mail: gabrielacarrasco@med.uchile.cl

INTRODUCCIÓN

La obesidad representa uno de los mayores desafíos para la salud pública a nivel mundial (1). Según la tercera encuesta nacional de salud realizada en Chile entre 2016 y 2017, la prevalencia de la obesidad y la obesidad mórbida en adultos chilenos era del 31,2 % y 3,2 %, respectivamente (2). La obesidad se asocia a una variedad de comorbilidades (3) y a una reducción de la expectativa de vida (4); en los grados más severos, la cirugía bariátrica ha demostrado ser el método más efectivo para lograr una reducción significativa del peso, con resultados mantenidos en el largo plazo y mejoría de las afecciones médicas asociadas (5). En todo el mundo, el baipás gástrico en Y de Roux (BPGYR) ha sido la técnica más aplicada, aunque en los últimos años su aplicación está siendo superada por la gastrectomía vertical en manga (54 % en el mundo; 68 % en Chile) (6).

La estabilidad a largo plazo del peso reducido después de la cirugía bariátrica depende de factores conductuales (7-12), factores relacionados con la cirugía (13) y factores metabólicos, como son un gasto energético reducido, que pueden predisponer a la recuperación del peso (14-16). El interés por evaluar los cambios de la composición corporal después de la cirugía bariátrica, específicamente la masa grasa (MG) y la masa libre de grasa (MLG), se basa en la idea de que la disminución de peso masiva se asocia a una gran reducción en el compartimento de la MLG, y en especial de la masa muscular, pudiendo conducir al paciente a un gasto energético reducido (14). Sin embargo, parte de este efecto podría relacionarse con una adaptación metabólica (termogénesis adaptativa) más que con la reducción de la MLG (17-19). Uno de los métodos más usados para evaluar la composición corporal en la práctica clínica es la bioimpedanciometría (BIA), por su bajo costo, accesibilidad y reproducibilidad (20). Sin embargo, al aplicar la BIA en obesos severos y mórbidos se ha observado una subestimación de la MG y del peso perdido como MG después de la cirugía, sobreestimándose la pérdida de MLG y de masa muscular (21,22).

El presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar la confiabilidad de la bioimpedanciometría de doble frecuencia para estimar el ACT, la MLG, la MG y sus cambios después de 6 meses de la cirugía bariátrica (BPGYR) en pacientes con obesidad severa y mórbida.

SUJETOS Y MÉTODOS

PACIENTES Y MÉTODOS

Se estudió prospectivamente a 36 pacientes adultos (32 mujeres y 4 hombres; edad: $35,6 \pm 10,1$ años; rango de edad: 18-56 años) con $IMC \geq 40$ kg/m² o $IMC \geq 35$ kg/m², con enfermedades asociadas y con aprobación para someterse a un baipás gástrico en Y de Roux (BPGYR) en el Departamento de Cirugía del Hospital Clínico de la Universidad de Chile. El promedio de IMC fue de $44,1 \pm 4,5$ kg/m² (rango: 36,2-59,0); 5 tenían un IMC entre 35 y 39,9 kg/m², y 31 pacientes (86,1 %) tenían un $IMC \geq 40$ kg/m².

Todos los pacientes que aceptaron ingresar al estudio aprobaron y firmaron un consentimiento informado. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética para la Investigación en Humanos del Hospital Clínico de la Universidad de Chile sobre la base de los criterios de la Declaración de Helsinki.

La técnica quirúrgica consistió en una gastroplastia distal del 95 %, dejando un reservorio gástrico de 20 mL que se unió mediante una anastomosis gastroyeyunal término-lateral a un asa en Y de Roux de 150 cm de longitud, con resección del estómago remanente en los pacientes con antecedentes familiares de primer grado de cáncer gástrico o con alteraciones importantes en la endoscopia preoperatoria (23), debido a la alta prevalencia del cáncer gástrico en Chile, y sin resección del estómago remanente en el resto de los pacientes.

Todos los pacientes se sometieron a una evaluación médica preoperatoria completa, consistente en un examen clínico completo, una evaluación cardiológica y respiratoria, y exámenes de laboratorio.

Antes y 6 meses después de la operación, los pacientes se sometieron a una evaluación antropométrica y a un análisis de la composición corporal.

EVALUACIÓN ANTROPOMÉTRICA

Se midió el peso con una precisión de 0,1 kg en una balanza digital (Detecto®) y la estatura (m) con una precisión de 0,1 cm con un estadiómetro adosado a la balanza. Se calculó el IMC (kg/m²) y se registró el perímetro de la cintura de acuerdo con los procedimientos recomendados por el Manual de Referencia de Estandarización Antropométrica (24). La reducción del peso se expresó como porcentaje de pérdida del peso inicial y como porcentaje de pérdida del exceso de peso (calculando el exceso de peso como los kg sobre el IMC de 25 kg/m²).

EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL

El agua corporal total (ACT) se midió mediante el método de dilución isotópica con óxido de deuterio (H₂¹⁸O) (25). Las muestras de saliva se analizaron en el Laboratorio de Isótopos Estables del Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA) de la Universidad de Chile para la medición del contenido de deuterio mediante un espectrómetro de masas (HYDRA, Europe Scientific, Crewe, Reino Unido). Aplicando el método de dilución y calculando el enriquecimiento del isótopo en la saliva después de 3 horas de una dosis de 0,7 g/kg de óxido de deuterio al 99,9 %, se calculó el ACT (litros). Se calculó la masa libre de grasa (MLG, kg) asumiendo un coeficiente de hidratación de 0,756 y 0,747, antes y después de la cirugía, respectivamente, de acuerdo con la información obtenida por Das y cols. en pacientes con obesidad mórbida, aplicando un modelo de 3 compartimentos (26). La masa grasa (MG, kg) se calculó mediante la diferencia entre el peso total y la MLG.

Las mediciones de bioimpedanciometría (BIA) se llevaron a cabo usando un equipo de doble frecuencia (5 y 200 kHz) (Bodystat Dualscan 2005 analyzer; Bodystat Ltd, Douglas, Isle of Man, Reino Unido). Se estimó el ACT, el agua extracelular (AEC), el agua intracelular (AIC) y la relación AEC/AIC con las ecuaciones integradas en el equipo por el fabricante. La MLG y la MG se calcularon de la misma forma que con el método de dilución por deuterio.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados se expresan como promedio \pm desviación estándar o como mediana y rango intercuartílico, según la normalidad o no de la distribución de cada variable. Se usó la "t" de Student o el test de los rangos de Wilcoxon para las comparaciones entre métodos o de variación en el tiempo (antes y 6 meses después de la cirugía). Además se realizó un ajuste por sexo usando el test del ANOVA para muestras repetidas. Las variables que no presentaron distribución normal se transformaron en logaritmo natural (ln) antes del análisis.

Los análisis de correlación simple se efectuaron con el coeficiente de correlación de Spearman ya que la relación agua extracelular/agua intracelular no presentó distribución normal en ningún momento de la evaluación. Para evaluar la concordancia entre las determinaciones se aplicó el método de Bland-Altman. Para los análisis se usó el programa estadístico SPSS 23.0® (SPSS Inc, Chicago, IL, EUA). Para la significación se usó un valor de $p < 0,05$.

RESULTADOS

En la tabla I se resumen las características antropométricas y de composición corporal de los 36 pacientes antes de la cirugía y de 28 de los pacientes en que se evaluó la composición corporal a los 6 meses del baipás gástrico. La reducción de peso fue en promedio de $34,0 \pm 7,6$ kg, lo que corresponde a una reducción del $34,0 \pm 7,6$ % del peso inicial y a un $68,8 \pm 14,5$ % del exceso de peso (kilos sobre el IMC de 25 kg/m^2). La reducción de la masa grasa correspondió a

un $75,6 \pm 15,5$ % del peso perdido usando el método de deuterio, y a un $68,5 \pm 8,1$ % según las estimaciones de la BIA.

En la tabla II se resumen las características antropométricas y de composición corporal ajustadas por sexo, antes y después de la cirugía.

EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL ANTES DEL BPGYR

En las figuras 1-3 se grafican, con el método de Bland y Altman, las diferencias entre BIA y D con respecto al ACT, la MLG y el %MG, respectivamente, observándose una gran dispersión del error de estimación para las 3 variables analizadas. En estas evaluaciones, la BIA sobreestimó el ACT en $2,6 \pm 4,3$ L y la MLG en $3,5 \pm 5,7$ kg ($p = 0,002$), en comparación con las mediciones con deuterio. La estimación del %MG con la BIA fue un $2,98 \pm 4,7$ % menor que con el deuterio ($p = 0,002$). Además se observó una correlación positiva significativa entre la relación AEC/AIC y la diferencia de MLG entre la BIA y el D ($r = 0,49$; $p = 0,002$) (Fig. 4).

EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL 6 MESES DESPUÉS DEL BPGYR

Las figuras 5-7 muestran los gráficos de Bland y Altman con las diferencias entre BIA y D con respecto al ACT, la MLG y el %MG, respectivamente, observándose una menor dispersión del error de estimación para las 3 variables analizadas al compararlas con las evaluaciones previas a la cirugía. En este momento de evaluación no se observaron diferencias significativas entre BIA y D en la estimación del ACT (mediana de la diferencia [rango intercuartílico (RIC)] $-0,4$ [$-1,5$ - $+2,07$] L; $p = 0,545$), de la MLG (mediana de la diferencia [RIC] $-0,6$ [$-2,0$ - $+2,8$] kg; $p = 0,538$) y del %MG (diferencia: $-0,04 \pm 4,5$ %; $p = 0,967$). Además, en este momento de medición no se observó correlación entre la relación AEC/AIC y la diferencia de MLG entre BIA y deuterio ($r = 0,042$; $p = 0,831$).

Tabla I. Características generales y parámetros de composición corporal antes y 6 meses después del baipás gástrico en Y de Roux en el total de los participantes

Variables	Preoperatorio (n = 36)	6º mes (n = 28)	p
Edad (años)	$35,6 \pm 10,1$	-	
Peso (kg)	$115,9 \pm 16,0$	$82,6 \pm 12,5$	$< 0,001$
IMC (kg/m^2)	$44,1 \pm 4,5$	$31,6 \pm 4,2$	$< 0,001$
ACT deuterio (L)	$42,0 \pm 7,2$	$35,9 \pm 6,2$	$< 0,001$
MLG deuterio (kg)	$55,6 \pm 9,5$	$48,0 \pm 7,3$	$< 0,001$
MG deuterio (%)	$51,9 \pm 5,4$	$41,5 \pm 6,6$	$< 0,001$
ACT BIA (L)	$43,3$ (41,9-46,3)	$34,8$ (33,4-38,7)	$< 0,001$
MLG BIA (kg)	$57,2$ (55,4-61,2)	$46,6$ (44,6-51,8)	$< 0,001$
MG BIA (%)	$48,9 \pm 3,4$	$40,8 \pm 4,5$	$< 0,001$
Relación AEC/AIC	$0,95$ (0,92-0,99)	$1,07$ (1,02-1,09)	$0,001$

IMC: índice de masa corporal; ACT: agua corporal total; MLG: masa libre de grasa; MG: masa grasa; AEC: agua extracelular; AIC: agua intracelular. Valores expresados como media y desviación estándar ($X \pm DS$) o mediana y rango intercuartílico (Me (p25-p75)). Los valores de p para las variables con distribución normal se determinaron con la "t" de Student para muestras relacionadas; para las variables con distribución no normal, con el test de los rangos de Wilcoxon. Significación estadística con $p < 0,05$.

Tabla II. Características generales y parámetros de composición corporal antes y 6 meses después del baipás gástrico en Y de Roux, ajustadas por sexo

Variables	Total (n = 28)			Mujeres (n = 25)			Hombres (n = 3)		
	Preoperatorio	6º mes	p	Preoperatorio	6º mes	p	Preoperatorio	6º mes	p
Edad (años)	36,2 ± 10,8	-		35,9 ± 10,9	-		39 (28-51)	-	
Peso (kg)	116,3 ± 17,7	82,3 ± 12,6	< 0,001*	113,6 ± 15,1	80,9 ± 11,8	< 0,001	131,4 (118,6-166,8)	86,8 (83,3-112,3)	0,109
IMC (kg/m²)	44,5 ± 4,9	31,5 ± 4,2	< 0,001	44,5 ± 5,1	31,7 ± 4,4	< 0,001	44,1 (43,4-46,2)	31 (28,7-31,1)	0,109
ACT deuterio (L)	42,4 ± 7,7	36,0 ± 5,4	< 0,001*	40,7 ± 6,0	34,9 ± 4,4	< 0,001	54,7 (51,7-63,8)	45,9 (42,5-48,1)	0,109
MLG deuterio (kg)	56,1 ± 10,2	48,3 ± 7,2	< 0,001*	53,8 ± 7,9	46,7 ± 6,0	< 0,001	72,3 (68,4-84,4)	61,4 (56,9-64,4)	0,109
MG deuterio (%)	60,2 ± 11,6	34,0 ± 8,7	< 0,001	59,8 ± 11,2	34,1 ± 8,4	< 0,001	59,1 (50,2-82,4)	26,4 (25,4-47,9)	0,109
ACT BIA (L)	43,2 (39,9-45,3)	34,7 (33,2-37,8)	< 0,001*	42,8 ± 4,0	34,9 ± 3,2	< 0,001	54,7 (49,6-76,4)	42,6 (42-51,7)	0,109
MLG BIA (kg)	57,2 (52,9-60,0)	46,5 (44,5-50,7)	< 0,001*	56,6 ± 5,3	46,8 ± 4,3	< 0,001	72,4 (65,6-101,1)	57 (56,1-69,2)	0,109
MG BIA (%)	57,2 ± 9,9	34,0 ± 8,0	< 0,001	57,0 ± 10,4	34,1 ± 8,1	< 0,001	59,0 (53,0-65,7)	29,8 (27,1-43,1)	0,109
Relación AEC/AIC	0,94 (0,91-0,98)	1,06 (1,03-1,09)	0,057	0,9 ± 0,1	1,0 ± 0,04	< 0,001	0,8 (0,8-0,9)	0,9 (0,8-0,9)	0,285

IMC: índice de masa corporal; ACT: agua corporal total; MLG: masa libre de grasa; MG: masa grasa; AEC: agua extracelular; AIC: agua intracelular. Valores expresados como media ± desviación estándar o mediana y rango intercuartílico (p25-p75) para el grupo total y el grupo de mujeres. Para el grupo de hombres, los valores se expresan como mediana y rango (mínimo y máximo). En la muestra total (n = 28), los valores de p se determinaron con un ANOVA para muestras repetidas. Las variables con distribución no normal se convirtieron en Ln para realizar los análisis. *Variables que fueron significativas para tiempo y sexo (p < 0,05). En el grupo de mujeres (n = 25), los valores de p se determinaron con la "t" de Student para muestras relacionadas; en el grupo de hombres (n = 3), a través del test de los rangos de Wilcoxon. Significación estadística con p < 0,05.

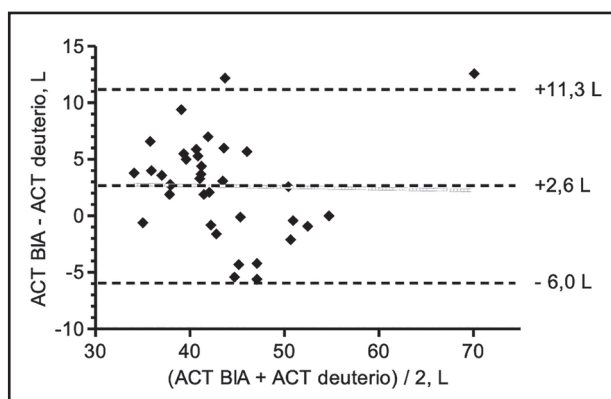


Figura 1.

Gráfico de Bland y Altman para la diferencia entre el agua corporal total (ACT), estimada por BIA y por deuterio, antes del baipás gástrico en Y de Roux. Con líneas segmentadas se grafican el promedio y el rango de ± 2 desviaciones estándar.

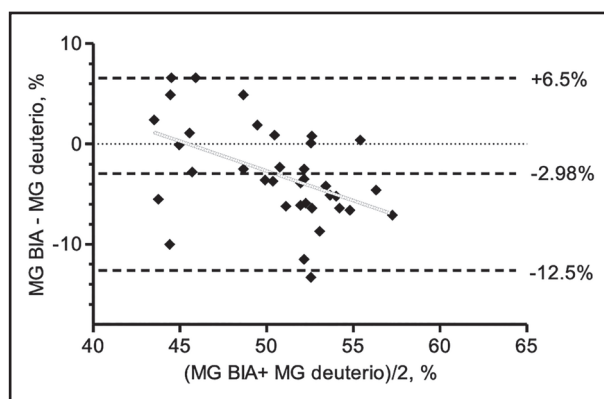


Figura 3.

Gráfico de Bland y Altman para la diferencia entre el porcentaje de masa grasa (%MG), estimado por BIA y por deuterio, antes del baipás gástrico en Y de Roux. Con líneas segmentadas se grafican el promedio y el rango de ± 2 desviaciones estándar.

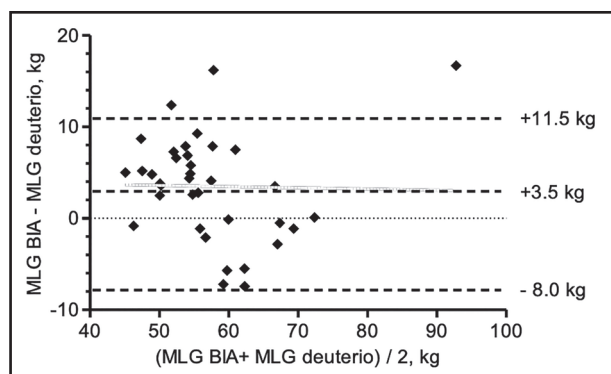


Figura 2.

Gráfico de Bland y Altman para la diferencia entre la masa libre de grasa (MLG), estimada por BIA y por deuterio, antes del baipás gástrico en Y de Roux. Con líneas segmentadas se grafican el promedio y el rango de ± 2 desviaciones estándar.

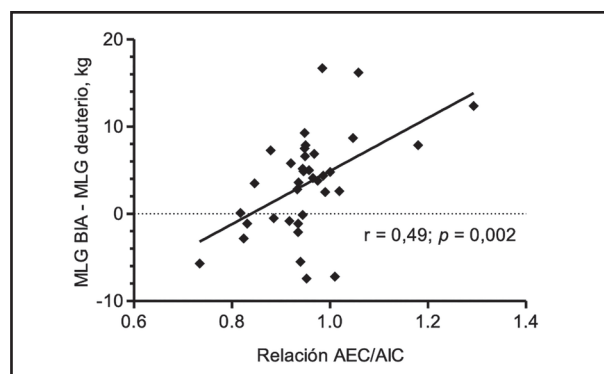


Figura 4.

Correlación de Spearman entre la diferencia de masa libre de grasa (MLG), estimada por BIA y deuterio, y la relación agua extracelular/agua intracelular (AEC/AIC) antes del baipás gástrico en Y de Roux.

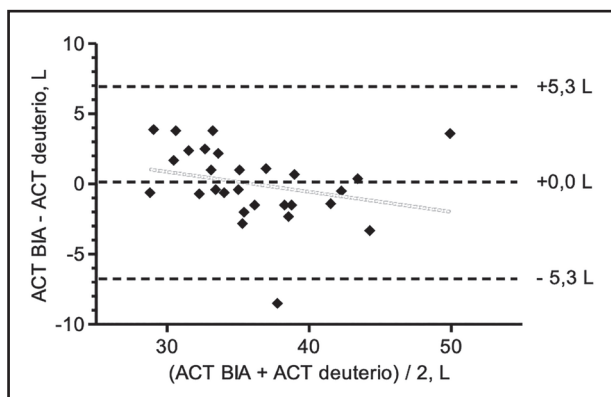


Figura 5.

Gráfico de Bland y Altman para la diferencia entre el agua corporal total (ACT), estimada por BIA y por deuterio, 6 meses después del baipás gástrico en Y de Roux. Con líneas segmentadas se grafican el promedio y el rango de ± 2 desviaciones estándar.

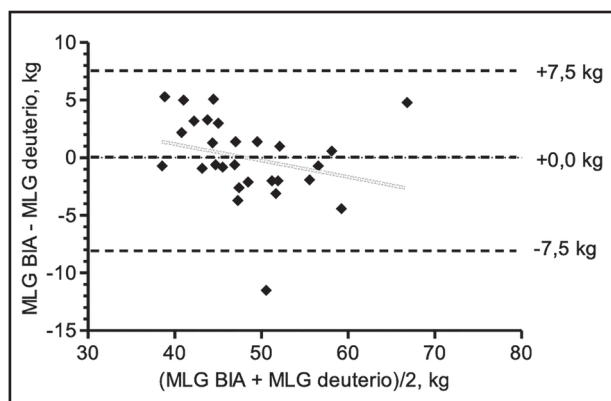


Figura 6.

Gráfico de Bland y Altman para la diferencia entre la masa libre de grasa (MLG), estimada por BIA y por deuterio, 6 meses después del baipás gástrico en Y de Roux. Con líneas segmentadas se grafican el promedio y el rango de ± 2 desviaciones estándar.

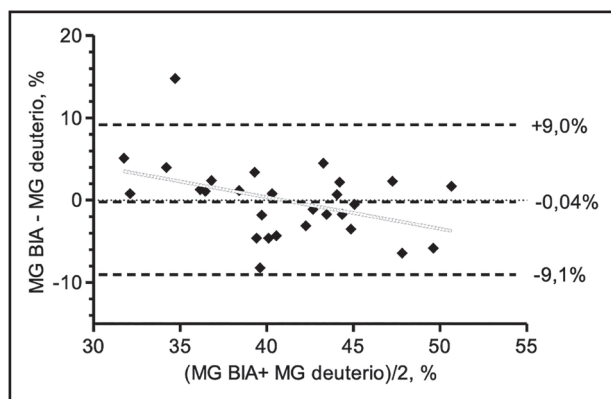


Figura 7.

Gráfico de Bland y Altman para la diferencia entre el porcentaje de masa grasa (%MG), estimado por BIA y por deuterio, 6 meses después del baipás gástrico en Y de Roux. Con líneas segmentadas se grafican el promedio y el rango de ± 2 desviaciones estándar.

EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL DESPUÉS DEL BPGYR

Se observó una diferencia significativa entre la pérdida de MLG estimada por la BIA ($-10,8 \pm 4,7$ kg) y el valor estimado con el deuterio ($-8,4 \pm 5,7$ kg) ($p = 0,026$), con una estimación de la pérdida de MLG que fue $2,44 \pm 5,57$ kg mayor con la BIA que con el deuterio.

Con la BIA se estimó una menor reducción del %MG (8,1 %; RIC: 4,95-10,9 %) que con el deuterio (10,0 %; RIC: 6,6-13,6 %) ($p = 0,028$).

DISCUSIÓN

Como resultado de una importante reducción de peso, como la observada después de una cirugía bariátrica, se postula que podría inducirse una pérdida significativa de masa magra y de masa muscular. Esta pérdida tisular podría asociarse a una reducción del gasto energético de reposo, predisponiendo a los pacientes, junto a las conductas alimentarias y de actividad física inadecuadas, a la recuperación a largo plazo del peso reducido (7-12,14,15). Sin embargo, un estudio a medio plazo (3,2 años después de una gastrectomía vertical) mostró que la masa libre de grasa y el gasto energético de reposo, en el estado de peso reducido, no son menores en los pacientes operados que en los controles de edad e IMC comparables (27); y otro estudio a 5 años muestra que la disminución de la MLG después del primer año posterior al BPGYR es o no significativa o esperable según el cambio en la edad de los pacientes (28).

Por lo anterior surge el interés por evaluar los cambios de la composición corporal, especialmente durante el primer año del postoperatorio de la cirugía bariátrica. Usando métodos de gran exactitud, como las mediciones del agua corporal, la densitometría o la absorciometría de rayos X de doble energía (DEXA), la pérdida de MLG evaluada desde los 6 meses y hasta 5 años después de diferentes tipos de cirugía bariátrica fluctúa entre el 12 y el 30 % del peso reducido (26,28-32). En estudios recientes, aplicando mediciones con BIA para evaluar los cambios de la composición corporal, se han observado variaciones similares, con reducción de la MLG entre un 17,9 y un 28,6 % del peso perdido (33-36). Sin embargo, en pacientes con obesidad severa y mórbida se ha reportado una subestimación de la masa grasa al evaluar con la BIA (20,21,37), efecto que tiende a desaparecer después de la reducción del peso. Este error podría conducir a una subestimación del peso perdido como masa grasa y a sobreestimar la pérdida de masa magra (incluyendo la masa muscular). En el estudio de Widen y cols. (33), al evaluar los cambios de la composición corporal un año después de emplear distintas técnicas de cirugía bariátrica (principalmente BPGYR y GVM), se observó que la pérdida de MLG (como proporción del total del peso reducido) fue en promedio del 12,3 % al usar un modelo de 3 compartimentos (deuterio más densitometría por desplazamiento de aire) y del 22,8 % al evaluar con BIA. En el presente estudio se observó

una tendencia similar, ya que la proporción de peso perdido como MLG fue un 7,1 % mayor con la BIA (31,5 %) en comparación con lo estimado por el deuterio (24,4 %). La sobrestimación de la MLG (y la subestimación de la masa grasa) en los obesos severos al aplicar la BIA se ha relacionado con la expansión del ACT, con el aumento de la relación entre el agua extracelular y el agua intracelular (AEC/AIC), y con un mayor coeficiente de hidratación de la MLG en comparación con los sujetos de peso normal. Esta expansión del AEC genera una mayor conductividad eléctrica que, con las ecuaciones de BIA tradicionales, se interpreta como una mayor MLG (21,26). En el presente estudio, antes de la cirugía, la BIA sobreestimó el ACT en un promedio de 2,6 L y la MLG en uno de 3,5 kg, en comparación con las mediciones con deuterio. En cambio, 6 meses después de la cirugía no se observaron diferencias significativas entre BIA y D en la estimación del ACT, aunque se mantiene un amplio rango en el error de estimación individual (IC 95 %: pre-cirugía: -5,9 a +11,2 L; 6 meses post-cirugía: -6,5 a +7,4 L). Por el contrario, en el estudio de Widen y cols. (33), la estimación del ACT con la BIA de monofrecuencia no fue diferente del promedio de las mediciones efectuadas con deuterio ni antes ni a los 12 meses de la cirugía, aunque se observan errores de estimación similares a nivel individual (IC 95 %: pre-cirugía: -9,8 a +11,5 L; 1 año post-cirugía: -7,3 a +7,5 L), lo que los lleva a concluir que la BIA no es apropiada para medir los cambios de la composición corporal después de la cirugía bariátrica a nivel individual. Más recientemente, Beato y cols. (38), estudiando a 20 mujeres con obesidad mórbida antes y a los 6 y 12 meses de un BPGYR, no encontraron diferencias significativas en el ACT al comparar la estimación por agua doblemente marcada y por BIA de multifrecuencia, tanto en el preoperatorio como en los meses 6 y 12 después de la cirugía (IC 95 %: pre-cirugía -2,7 a +4,1 L; 1 año post-cirugía: -3,2 a +5,4 L). Esta discrepancia podría relacionarse con el método aplicado para evaluar el ACT. En el estudio de Widen y cols. (33), y en el presente estudio, se usó el método "plateau", en el cual los sujetos se mantienen en condiciones de cero ingreso y egreso hídrico voluntario durante 3 horas, estimándose que en estas condiciones la diferencia del espacio de distribución con el tiempo cero es del $\sim 1,3$ % (39). En cambio, en el estudio de Beato y cols., en el que se aprovecha la administración de deuterio para evaluar el gasto energético total por el método del agua doblemente marcada, la determinación del enriquecimiento con deuterio se efectúa con muestras tomadas desde las 24 horas de la administración del isótopo. En estas condiciones es imposible controlar de forma exacta los ingresos y pérdidas de agua de cada persona, y el cálculo se realiza mediante extrapolación, en un gráfico semi-logarítmico, de la concentración teórica del isótopo en el momento de su administración (40).

Fortalezas y limitaciones: este estudio confirma la subestimación de la masa grasa reportada con respecto a la BIA en las personas con obesidad severa y mórbida que se ha mostrado en otros estudios.

Dentro de las limitaciones de nuestro estudio se encuentra la baja representación de voluntarios de sexo masculino. Hubiese sido ideal haber logrado un mayor número de voluntarios; sin

embargo, el desequilibrio entre sexos es un problema frecuente en las personas con obesidad, donde la mayoría de los candidatos a la cirugía bariátrica, así como los voluntarios que acceden a ser estudiados y se mantienen en el seguimiento, son mujeres.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio confirman la subestimación de la masa grasa reportada con la BIA en pacientes con obesidad severa y mórbida, que se atenúa después de la reducción de peso. Lo anterior conduce a una subestimación del peso perdido como masa grasa y a una sobrestimación de la pérdida de masa magra (incluyendo la masa muscular). El error de la BIA se relaciona significativamente con la mayor relación AEC/AIC presente en los obesos mórbidos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ng M, Fleming T, Robinson M, Thomson B, Graetz N, Margono C, et al. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet* 2014;384:766-81. DOI: 10.1016/S0140-6736(14)60460-8
2. Ministerio de Salud. Encuesta Nacional de Salud ENS 2016–2017. Ministry of Health, Government of Chile. National Health Survey 2016–2017. [citado 4 Dic 2017]. Disponible en: http://web.minsal.cl/wpcontent/uploads/2017/11/ENS-2016-17_PRIMEROS-RESULTADOS.pdf (en español).
3. Guh DP, Zhang W, Bansback N, Amarsi Z, Birmingham CL, Anis AH. The incidence of co-morbidities related to obesity and overweight: a systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health* 2009;9:88. DOI: 10.1186/1471-2458-9-88
4. Di Angelantonio E, Bhupathiraju ShN, Wormser D, Gao P, Kaptoge S, Berrington de Gonzalez A, et al. Global BMI Mortality Collaboration. Body-mass index and all-cause mortality: individual-participant-data meta-analysis of 239 prospective studies in four continents. *Lancet* 2016;388:776-86. DOI: 10.1016/S0140-6736(16)30175-1
5. Neylan CJ, Kannan U, Dempsey DT, Williams NN, Dumon KR. The surgical management of obesity. *Gastroenterol Clin North Am* 2016;45:689-703. DOI: 10.1016/j.gtc.2016.07.006
6. Angrisani L, Santonicola A, Iovino P, Vitiello A, Higa K, Himpens J, et al. IFSO Worldwide Survey 2016: Primary, Endoluminal, and Revisional Procedures. *Obes Surg* 2018;28:3783-94. DOI: 10.1007/s11695-018-3450-2
7. Yanos BR, Saules KK, Schuh LM, Sogg S. Predictors of Lowest Weight and Long-Term Weight Regain Among Roux-en-Y Gastric Bypass Patients. *Obes Surg* 2015;25:1364-70. DOI: 10.1007/s11695-014-1536-z
8. Karmali S, Brar B, Shi X, Sharma AM, De Gara C, Birch DW. Weight recidivism post-bariatric surgery: a systematic review. *Obes Surg* 2013;23:1922-33. DOI: 10.1007/s11695-013-1070-4
9. Faria SL, De Oliveira Kelly E, Lins RD, Faria OP. Nutritional management of weight regain after bariatric surgery. *Obes Surg* 2010;20:135-9. DOI: 10.1007/s11695-008-9610-z
10. Freire RH, Borges MC, Alvarez-Leite JI, Toulson Davisson Correia MI. Food quality, physical activity, and nutritional follow-up as determinant of weight regain after Roux-en-Y gastric bypass. *Nutrition* 2012;28:53-8. DOI: 10.1016/j.nut.2011.01.011
11. Bradley LE, Forman EM, Kerrigan SG, Goldstein SP, Butryn ML, Thomas JG, et al. Project HELP: a remotely delivered behavioral intervention for weight regain after bariatric surgery. *Obes Surg* 2017;27:586-98. DOI: 10.1007/s11695-016-2337-3
12. King WC, Belle SH, Hinerman AS, Mitchell JE, Steffen KJ, Courcoulas AP. Patient Behaviors and Characteristics Related to Weight Regain After Roux-en-Y Gastric Bypass: A Multicenter Prospective Cohort Study. *Ann Surg* 2019. DOI: 10.1097/SLA.0000000000003281

13. Moroni R, Zappa MA, Fantola G, Carbonelli MG, Micanti F. The Problem of Weight Regain. En: Angrisani L (Ed), *Bariatric and Metabolic Surgery, Updates in Surgery*. Springer-Verlag Italia S.r.l.; 2017. p. 127-35. DOI: 10.1007/978-88-470-3944-5
14. Faria SL, Kelly E, Faria OP. Energy expenditure and weight regain in patients submitted to Roux-en-Y gastric bypass. *Obes Surg* 2009;19:856-9. DOI: 10.1007/s11695-009-9842-6
15. Carey DG, Pliego GJ, Raymond RL. Body composition and metabolic changes following bariatric surgery: effects on fat mass, lean mass and basal metabolic rate: six months to one-year followup. *Obes Surg* 2006;16:1602-8. DOI: 10.1381/096089206779319347
16. Li K, Shi W, Zhao F, Yang C, Dai Q, Wang B, Li Y. Changes in Energy Expenditure of Patients with Obesity Following Bariatric Surgery: a Systematic Review of Prospective Studies and Meta-analysis. *Obes Surg* 2019;29:2318-37. DOI: 10.1007/s11695-019-03851-2
17. Knuth ND, Johannsen DL, Tamboli RA, Marks-Schulman PA, Huizenga R, Chen KY, et al. Metabolic adaptation following massive weight loss is related to the degree of energy imbalance and changes in circulating leptin. *Obesity* 2014;22:2563-9. DOI: 10.1002/oby.20900
18. Browning MG, Khoraki J, Campos GM. Regression-based approach is needed to compare predicted and measured resting metabolic rate after weight loss and body composition changes. *Surg Obes Relat Dis* 2018;14:807-9. DOI: 10.1016/j.soard.2018.03.021
19. Chu L, Steinberg A, Mehta M, O'Kane C, Toulany A, Langer JC, et al. Resting Energy Expenditure and Metabolic Adaptation in Adolescents at 12 Months After Bariatric Surgery. *J Clin Endocrinol Metab* 2019;104:2648-56. DOI: 10.1210/jc.2018-02244
20. Coppini LZ1, 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. DOI: 10.1097/01.mco.0000165013.54696.64
21. Das SK. Body composition measurement in severe obesity. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2005;8:602-6. DOI: 10.1097/01.mco.0000171122.60665.5f
22. Faria SL, Faria OP, Cardeal MD, Ito MK. Validation study of multi-frequency bioelectrical impedance with dual-energy X-ray absorptiometry among obese patients. *Obes Surg* 2014;24:1476-80. DOI: 10.1007/s11695-014-1190-5
23. Csendes A, Burdiles P, Papapietro K, Díaz JC, Maluenda F, Burgos A, et al. Results of gastric bypass plus resection of the distal excluded gastric segment in patients with morbid obesity. *J Gastrointest Surg* 2005;9:121-31. DOI: 10.1016/j.gassur.2004.05.006
24. Lohman TG. Anthropometry and body composition. En: Lohman TG, Roche AF, Martorell R, eds. *Anthropometric Standardization Reference Manual*. Champaign, IL: Human Kinetics; 1988. p. 125-9.
25. Schoeller DA. Hydrometry. En: Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG, eds. *Human Body Composition*, Champaign, IL: Human Kinetics; 1996. p. 25-44.
26. Das SK, Roberts SB, Kehayias JJ, Wang J, Hsu LKG, Shikora SA, 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:E1080-8. DOI: 10.1093/ajcn/78.1.22
27. Schiavo L, Scalera G, Pilone V, De Sena G, Iannelli A, Barbarisi A. Fat mass, fat-free mass, and resting metabolic rate in weight-stable sleeve gastrectomy patients compared with weight-stable nonoperated patients. *Surg Obes Relat Dis* 2017;13:1692-9. DOI: 10.1016/j.soard.2017.06.007
28. Davidson LE, Yu W, Goodpaster BH, DeLany JP, Widen E, Lemos T, et al. Fat-Free Mass and Skeletal Muscle Mass Five Years After Bariatric Surgery. *Obesity* 2018;26:1130-6. DOI: 10.1002/oby.22190
29. Carrasco F, Papapietro K, Csendes A, Salazar G, Echenique C, Lisboa C, et al. Changes in resting energy expenditure and body composition after weight loss following Roux-en-Y gastric bypass. *Obes Surg* 2007;17:608-16.
30. Carrasco F, Ruz M, Rojas P, Csendes A, Rebolledo A, Codoceo J, et al. Changes in bone mineral density, body composition and adiponectin levels in morbidly obese patients after bariatric surgery. *Obes Surg* 2009;19:41-6. DOI: 10.1007/s11695-008-9638-0
31. Vours C, Diméglio C, Charras L, Anduze Y, Chalret du Rieu M, Ritz P. Determinants of changes in muscle mass after bariatric surgery. *Diabetes Metab* 2015;41:416-21. DOI: 10.1016/j.diabet.2015.04.003
32. Alba DL, Wu L, Cawthon PM, Mulligan K, Lang T, Patel S, et al. Changes in Lean Mass, Absolute and Relative Muscle Strength, and Physical Performance after Gastric Bypass Surgery. *J Clin Endocrinol Metab* 2019;104:711-20. DOI: 10.1210/jc.2018-00952
33. Widen EM, Strain G, King WC, Yu W, Lin S, Goodpaster B, et al. Validity of bioelectrical impedance analysis for measuring changes in body water and percent fat after bariatric surgery. *Obes Surg* 2014;24:847-54. DOI: 10.1007/s11695-014-1182-5
34. Otto M, Färber J, Haneder S, Michaely H, Kienle P, Hasenberg T. Postoperative changes in body composition--comparison of bioelectrical impedance analysis and magnetic resonance imaging in bariatric patients. *Obes Surg* 2015;25:302-9. DOI: 10.1007/s11695-014-1382-z
35. Otto M, Elrefai M, Krammer J, Weiß C, Kienle P, Hasenberg T. Sleeve Gastrectomy and Roux-en-Y Gastric Bypass Lead to Comparable Changes in Body Composition after Adjustment for Initial Body Mass Index. *Obes Surg* 2016;26:479-85. DOI: 10.1007/s11695-015-1792-6
36. Golzarand M, Toolabi K, Djafarian K. Changes in Body Composition, Dietary Intake, and Substrate Oxidation in Patients Underwent Laparoscopic Roux-en-Y Gastric Bypass and Laparoscopic Sleeve Gastrectomy: a Comparative Prospective Study. *Obes Surg* 2019;29:406-13. DOI: 10.1007/s11695-018-3528-x
37. Deurenberg P. Limitations of the bioelectrical impedance method for the assessment of body fat in severe obesity. *Am J Clin Nutr* 1996;64:449S-452S. DOI: 10.1093/ajcn/64.3.449S
38. Beato GC, Ravelli MN, Crisp AH, de Oliveira MRM. Agreement Between Body Composition Assessed by Bioelectrical Impedance Analysis and Doubly Labeled Water in Obese Women Submitted to Bariatric Surgery: Body Composition, BIA, and DLW. *Obes Surg* 2019;29:183-9. DOI: 10.1007/s11695-018-3505-4
39. Pontzer H. Method and rationale for recalculating dilution spaces to a single, common time point in doubly labeled water studies. *Eur J Clin Nutr* 2018;72:1620-4. DOI: 10.1038/s41430-018-0361-1
40. Speakman JR. *Doubly labeled water: theory and practice*. London: Chapman and Hall; 1997.