

Análisis de la composición corporal por parámetros antropométricos y bioeléctricos

M. Casanova Román, I. Rodríguez Ruiz, S. Rico de Cos y M. Casanova Bellido

Servicio de Pediatría. Hospital Universitario de Puerto Real. Cátedra de Pediatría.
Facultad de Medicina de Cádiz. Puerto Real. Cádiz. España.

Antecedentes

El estudio de la composición corporal en la infancia tiene un interés creciente. El análisis de la impedancia bioeléctrica (BIA) es un método fiable y reproducible.

Objetivos

Determinar los parámetros antropométricos, la masa magra y grasa mediante BIA y antropometría, y sus relaciones.

Material y método

Se estudiaron 365 niños sanos (188 varones y 177 mujeres) de edades entre los 6,0 y 14,9 años. Se midió: peso, talla, perímetro braquial, pliegues cutáneos (bicipital, tricípital, subescapular y suprailíaco) y parámetros bioeléctricos. La densidad corporal se calculó a partir de las medidas de los cuatro pliegues con la fórmula de Brook. La impedancia bioeléctrica se midió con un BIA-101 S (RJL Systems) que usa una frecuencia fija (50 kHz). La masa magra por BIA se calculó con la ecuación de Deurenberg ($MM = 0,82 \times \text{talla}^2 / \text{resistencia}$).

Resultados

Se presentan la media, desviación estándar y percentiles 3, 5, 10, 25, 50, 75, 90, 95 y 97, de los parámetros antropométricos y de la masa magra y grasa estimadas por BIA. Se encontraron correlaciones de la masa grasa por BIA con los parámetros antropométricos. La fiabilidad del BIA para estimar la masa grasa se evaluó mediante el cálculo del coeficiente de correlación interclase, que fueron excelentes (0,948 en varones y 0,945 en mujeres).

Conclusiones

El BIA es una técnica de fácil manejo, bajo coste y alta fiabilidad por lo que es muy útil para el estudio de la composición corporal humana y posee una excelente correlación con los parámetros antropométricos.

Palabras clave:

Composición corporal. Impedancia bioeléctrica. Antropometría. Masa magra. Masa grasa. Pliegues cutáneos.

BODY COMPOSITION ANALYSIS USING BIOELECTRICAL AND ANTHROPOMETRIC PARAMETERS

Background

Interest in the study of body composition in childhood is increasing. Bioelectrical impedance analysis (BIA) is an accurate and reliable method.

Objectives

To determine anthropometric parameters, fat-free body mass and fat body mass using BIA and anthropometry, and to establish their relationship.

Material and method

A total of 365 healthy children (188 boys, 177 girls) aged 6.0 to 14.9 years were studied. Weight, height, arm circumference, skinfolds (bicipital, tricripital, subscapular and suprailiac) and bioelectrical parameters were measured. Body density was calculated from the four skinfold measurements using Brook's formula. Bioelectrical impedance was measured with a BIA-101 S (RJL Systems) using a fixed frequency (50 kHz). Fat-free body mass from BIA was calculated using Deurenberg's equation ($FFM = 0.82 \times \text{height}^2 / \text{resistance}$).

Results

We present the mean, standard deviation and 3rd, 5th, 10th, 25th, 50th, 75th, 90th, 95th and 97th percentiles of anthropometric variables and fat mass and fat-free mass estimated using BIA. Correlations were found between fat-free mass estimated using BIA and anthropometric variables. The reliability of BIA in estimating fat mass was assessed with intraclass correlation coefficients, which were excellent (0.948 in boys, and 0.945 in girls).

Conclusions

BIA is an easy, low-cost, and highly reliable method, making it a useful technique for studying human body composition. This method shows excellent correlation with anthropometric variables.

Correspondencia: Dr. M. Casanova Román.
Urbanización los Azahares, 22. 11207 Algeciras. Cádiz. España.
Correo electrónico: mcasanovar@telefonica.net

Recibido en octubre de 2003.

Aceptado para su publicación en febrero de 2004.

Key words:

Body composition. Bioelectrical impedance. Anthropometry. Fat-free mass. Fat mass. Skinfold thickness.

INTRODUCCIÓN

Entre los métodos de valoración del estado nutricional, existe un interés creciente por los dedicados al estudio de la composición corporal como consecuencia de los nuevos conceptos sobre la división del organismo en varios compartimentos y de los avances tecnológicos que han hecho posible su conocimiento.

Inicialmente, el cuerpo humano se dividió anatómicamente en órganos y tejidos y los cambios que se producían en las proporciones relativas de su composición durante el crecimiento, el desarrollo y en la enfermedad sólo se obtenían en análisis necrópsico, hasta que surgieron técnicas para su estudio en vivo^{1,2}.

Tradicionalmente, se han usado los métodos antropométricos y los valores obtenidos de la medición de los pliegues cutáneos en diferentes puntos, de las longitudes y los perímetros de las extremidades, se pueden utilizar para predecir la densidad corporal y calcular las masas magra y grasa³⁻⁶.

Durante muchos años se investigó la aplicación de los fenómenos eléctricos a la biología y fue Nyboer el que hipotetizó que la impedancia a la conducción de una corriente eléctrica a través de los tejidos biológicos a un amperaje y frecuencia constantes depende de la composición de dicho tejido y estableció su utilidad para medir el agua corporal total⁷⁻⁹.

El análisis de la impedancia bioeléctrica (BIA) es un método para el estudio de la composición corporal que se basa en la conducción de la corriente eléctrica a través de los tejidos biológicos. Mide la impedancia u oposición al flujo de la corriente a través de los tejidos corporales, que es baja en el tejido magro donde se encuentran los líquidos intracelulares y los electrolitos, y alta en el tejido graso, por lo que es proporcional al agua corporal total⁷⁻⁹.

Las ecuaciones de predicción generadas previamente correlacionando las determinaciones de impedancia con una estimación independiente del agua corporal total por diferentes métodos de referencia, se usan posteriormente para cuantificar la cantidad de ésta. La masa magra se calcula usando una supuesta fracción de hidratación para el tejido magro; la masa grasa se calcula como la diferencia entre el peso corporal y la masa magra. La impedancia de un tejido biológico comprende dos componentes, la resistencia (R) y la reactancia, aunque los términos de R e impedancia se usan indistintamente en la literatura especializada, ya que el valor de la reactancia es muy bajo en el ser humano⁷⁻⁹.

Aunque muchos investigadores reconocieron los problemas de asumir estas suposiciones, creían sin embargo que el formato general era útil para desarrollar una rela-

ción empírica entre impedancia, agua corporal total y masa magra. Además, la estimación de la masa magra a partir del agua corporal total depende de otra suposición más que considera que ésta es una fracción constante de la masa magra, aproximadamente del 73%¹⁰.

El BIA es además un procedimiento rápido, portátil, no invasivo, de escasa dificultad técnica, bajo coste y poca variabilidad intraobservador e interobservador¹¹⁻¹³ y seguro por utilizar una corriente alterna constante de 800 μ A y frecuencia de 50 kHz que no son suficientes para estimular a los tejidos eléctricamente excitables¹⁴.

Los objetivos de este trabajo han sido valorar la masa magra y la grasa en una población escolar mediante BIA y métodos antropométricos; calcular las medias y desviación estándar para cada grupo de edad y sexo; obtener las curvas percentiladas de cada uno de ellos y analizar la correlación existente entre los parámetros antropométricos y los datos obtenidos por el BIA.

MATERIAL Y MÉTODO**Muestra**

Se estudiaron 365 escolares sanos, con edades comprendidas entre los 6,0 y 14,9 años, de los cuales 188 (51,4%) son varones y 177 (48,6%) mujeres. La muestra se recogió de forma aleatoria en un centro de enseñanza primaria y un instituto de enseñanza secundaria. Fue estratificada por edad y sexo y su tamaño se determinó ajustado por población finita con un nivel de confianza del 95,95%.

Todas las mediciones se realizaron en horario escolar y se exigió consentimiento informado y firmado por los padres o tutores.

Antropometría

La variable peso se midió con una báscula SECA (SECA, Hamburg, Germany) con precisión de fracciones de 100 g; la talla con un tallímetro Holtain (Holtain Ltd., Dyfed, UK) con precisión de fracciones de 0,1 cm. Los pliegues (bicipital, subescapular, tricípital y suprailíaco) se midieron, por triplicado, con un lipómetro Holtain Skinfold Caliper (Holtain Ltd., Dyfed, UK) con amplitud de 0 a 48 mm, graduación de 0,2 mm y presión constante de 10 g/mm². El perímetro braquial también se midió por triplicado, con una cinta métrica inextensible milimetrada de fibra de vidrio. Se calculó el índice de masa corporal (IMC), el área braquial y su área grasa. Los parámetros antropométricos se midieron en el hemicuerpo izquierdo, por un único observador, según las técnicas recomendadas universalmente¹⁵⁻¹⁷.

Se calculó el porcentaje de masa grasa según la ecuación propuesta por Siri¹⁸ con la densidad corporal (D_c) en la que intervienen los cuatro pliegues cutáneos (ΣPI), según fórmula de Brook modificada para niños¹⁹.

D_c varones = $1,1690 - 0,0788 \log \Sigma PI$.

Dc mujeres = $1,2063 - 0,0999 \log \Sigma PI$.

Fórmula de Siri: porcentaje de grasa total (%GT) = $(0,95/Dc) - 4,5 \times 100$.

La grasa total (GT) en kg se calcula del siguiente modo: $GT = \text{peso} \times \%GT/100$.

Impedanciometría

Las mediciones de la resistencia y reactancia se obtuvieron con un analizador de bioimpedancia BIA-101 S (RJL Systems, Detroit, MI), por un único observador, con una corriente alterna constante de 800 μA y frecuencia de 50 kHz. Se utiliza una configuración tetrapolar en manos y pies del lado derecho del cuerpo. Los electrodos empleados eran autoadhesivos, desechables, de electrocardiografía, Graphic Control Paediatric EKG electrodes Medi-Trace foam® (Graphic Control Corporation, Buffalo, NY, EE.UU.). Previamente a su aplicación se limpió la piel con alcohol, y se dejó secar.

Los electrodos distales o señal se sitúan en la superficie dorsal de las manos y pies, proximales a las articulaciones metacarpo y metatarsofalángicas y los sensores se localizan por debajo de una línea imaginaria que pasará por las carillas articulares del cúbito y radio y por la línea intermaleolar.

Las mediciones se realizaron en decúbito supino, con una separación entre las piernas de 45° y los brazos 30° respecto al tronco. Se exigió un ayuno mínimo de 4 h, orinar 30 min antes y no haber realizado ejercicio físico en las 24 h previas. Se controló la temperatura de la habitación donde se realizaron las mediciones para asegurar un ambiente neutro. Las lecturas de la resistencia y la reactancia se recogieron por triplicado utilizando para los cálculos su media.

El cálculo de la masa magra (MM) se realizó con una ecuación, previamente validada, de Deurenberg²⁰:

$$MM = 0,82 \times \text{talla}^2/R + 0,86.$$

Método estadístico

Se realizó previamente un análisis exploratorio de datos con el fin de determinar las observaciones extremas que pudiesen ser valores erróneos (*outliers* superiores e inferiores) e influir en los resultados. Se detectan así los valores situados lejos de la parte central de la distribución, más de 3 rangos intercuartílicos por debajo del primer cuartil o por encima del tercero.

Posteriormente se realizó un estudio descriptivo de manera global, por sexos, por grupos de edad y sexo, y se determinaron los percentiles 3, 5, 10, 25, 50, 75, 90, 95 y 97 de cada parámetro. El estudio de las correlaciones entre parámetros antropométricos y bioeléctricos se realizó mediante la aplicación del coeficiente de correlación r de Pearson. Finalmente, se analizaron la validez y fiabilidad del BIA para estimar la masa grasa mediante el cálculo del coeficiente de correlación intraclase y el error técnico.

El coeficiente de correlación intraclase se utiliza para valorar la concordancia entre dos técnicas diferentes estableciendo como concordancia excelente que el límite inferior del intervalo de confianza para la media del 95 % sea mayor de 0,75.

Los cálculos estadísticos se realizaron con los paquetes informáticos Statgraphics 7.1 Plus para MS Dos (Manugistics Inc. and Statistical Graphics Corp., EE.UU.) y SPSS 10.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, EE.UU.), y se consideró como estadísticamente significativo un valor de $p < 0,05$.

RESULTADOS

En el pretratamiento de la información mediante los diagramas de caja se detectaron 19 valores extremos, 13 en varones y 6 en mujeres, de los que correspondían 11 al pliegue subescapular, seis al índice de obesidad troncular y tres al pliegue suprailíaco, por lo que una vez restados quedaron 346 casos, 175 varones y 171 mujeres.

Las medias, desviaciones estándar y los percentiles 3, 5, 10, 25, 50, 75, 90, 95 y 97, por grupos de edad y sexo de los pliegues (bicipital, tricípital, subescapular y suprailíaco), índice de masa corporal, masa magra y masa grasa estimadas por BIA se muestran en las tablas 1 a 7.

Las correlaciones entre los parámetros estimadores de masa grasa por métodos antropométricos y BIA se presentan en la tabla 8.

La media y desviación estándar de los porcentajes de grasa total fueron $20,02 \pm 7,911$ en los varones y $19,65 \pm 7,808$ en las mujeres.

El coeficiente de correlación intraclase y el intervalo de confianza del 95 % fueron 0,948 y (0,931-0,961) en varones y 0,945 y (0,926-0,959) en mujeres, respectivamente.

El error técnico entre la estimación BIA y la ecuación de Siri fue en los varones de 1,657 kg y en las mujeres de 1,817 kg.

DISCUSIÓN

Los métodos antropométricos de valoración del estado nutricional pueden usarse para el cálculo de la densidad corporal, masa magra y masa grasa y han sido los más empleados por su accesibilidad, sencillez de aplicación, reproducibilidad, inocuidad y economía. Sin embargo, poseen inconvenientes como son la disminución de su sensibilidad y especificidad por factores no nutricionales, no distinguir alteraciones de la composición corporal para algunos nutrientes, no detectar con exactitud las alteraciones ocurridas en cortos espacios de tiempo y poderse producir errores atribuibles al explorador^{3,5,6,21,22}.

El peso, la talla y los índices de ellos derivados informan únicamente de variaciones globales del organismo, sin separar los cambios atribuibles a las modificaciones de la masa grasa, músculo, esqueleto o líquidos corporales. Aunque se admite que las variaciones del IMC se deben en un 90 % a modificaciones de la masa adiposa, en

TABLA 1. Media, desviación estándar y percentiles del pliegue bicipital (mm), por edad y sexo

Edad (años)	Número	Media	DE	P ₃	P ₅	P ₁₀	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	P ₉₀	P ₉₅	P ₉₇
Niños												
6	17	6,68	3,34	2,8	2,8	3,5	4,2	5,6	7,05	12,64	14,32	14,99
7	41	5,38	2,37	2,544	2,64	3,08	3,8	5	7	10,24	11,2	11,84
8	24	5,63	3,37	2,2	2,2	2,36	3,2	4,6	10,2	12,28	12,96	13,05
9	22	6,41	3,48	2,296	2,36	3,08	3,6	5,2	10,8	12,04	13,56	13,65
10	18	7,22	3,87	2,618	2,63	3,28	5	6,1	10,65	14,22	17,06	17,11
11	17	5,70	3,32	2,212	2,22	2,48	3,6	5,6	9,5	15,2	15,94	15,96
12	16	7,35	4,64	3,6	3,6	3,74	4	6	8,2	14,44	17,72	17,83
13	4	4,20	0,58	3,6	3,6	3,6	3,8	4,2	8,3	10,28	10,94	11,20
14	16	3,98	1,05	2,6	2,6	2,74	3,2	3,7	4,6	6	6	6
Niñas												
6	27	6,07	1,9	3,06	3,1	3,8	4,5	6	8	9,2	10,1	10,38
7	31	5,80	2,08	2,79	3,05	3,4	4,2	5,6	6,95	9,48	13,19	14,07
8	24	6,86	2,37	3,83	3,86	4	4,8	7,2	8,8	11,8	17,9	18,74
9	26	8,07	3,71	3,392	3,52	4,32	5,2	7	9,6	14,2	16,52	16,71
10	20	7,11	3,70	3,406	3,41	3,64	4,4	6,3	9,1	10,52	19,53	19,71
11	20	5,97	1,76	3,212	3,22	3,44	4,8	6,2	7,7	8,96	18,18	18,58
12	7	8,54	4,06	4,8	4,8	4,8	5,2	7,4	13	14,32	14,76	14,93
13	10	8,18	3,63	4,8	4,8	4,82	5,16	6,6	11,15	15,38	15,59	15,67
14	6	4,66	0,92	3,2	3,2	3,2	3,95	4,7	5,6	5,6	5,6	5,6

DE: desviación estándar.

TABLA 2. Media, desviación estándar y percentiles del pliegue tricúspital (mm), por edad y sexo

Edad (años)	Número	Media	DE	P ₃	P ₅	P ₁₀	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	P ₉₀	P ₉₅	P ₉₇
Niños												
6	17	12,35	4,62	6,4	6,4	6,68	9,15	11,1	15,45	20,28	21,54	22,04
7	41	9,99	3,98	5,24	5,4	5,76	7	9	12,6	18,92	23	24,52
8	24	11,80	6,02	2,648	2,68	4,24	6,6	9	17,4	23,24	25	25
9	22	14,36	6,53	6,472	6,52	7,64	9,2	12,4	22,2	27	27,32	27,35
10	18	13,13	4,43	8,23	8,25	9,22	10,2	12,1	17,75	23,6	27,61	27,68
11	17	10,91	4,88	6,2	6,2	6,2	6,7	11,4	18,7	24,92	28,64	28,78
12	16	12,47	6,15	4,8	4,8	6,06	7,8	11,6	13,5	26,22	26,71	26,90
13	4	7,15	0,70	6,4	6,4	6,4	6,6	7,4	19	25,6	27,8	28,68
14	16	7,45	2,03	5	5	5	6	6,8	8,75	11,12	11,26	11,31
Niñas												
6	27	10,83	3,24	2,8	3,6	5,8	8,7	9,6	13,1	16	16,8	16,88
7	31	11,81	3,95	6,478	6,53	6,72	9,3	11,2	14,5	16,94	20,44	21,06
8	24	12,20	3,56	6,324	6,54	8,04	9,9	11,2	15	19,76	24,9	25,74
9	26	14,39	5,47	6,392	6,52	7,16	10,6	13,6	18,6	22,56	24,12	24,15
10	20	13,67	4,17	6,448	6,48	8,04	11,1	13,7	15,8	21,72	22,77	22,78
11	20	12,52	3,14	5,768	5,88	8,4	10,5	13	14,7	18,68	27,14	27,48
12	7	15,17	6,92	8,4	8,4	8,4	9,2	14,2	22,4	24,8	25,6	25,92
13	10	15,68	4,41	8,6	8,88	8,88	11,7	17	19,15	21,58	21,69	21,73
14	6	11,06	2,69	7,4	7,4	7,4	9,05	10,8	13,35	14,34	14,67	14,80

DE: desviación estándar.

los niños presenta el inconveniente de la variación genética de la talla para cada grupo de edad, que está más relacionada con la corpulencia (*build*) que con la adiposidad^{4,23}.

La valoración de la adiposidad a partir de los pliegues cutáneos se asienta en varias suposiciones que hacen que

el uso de las ecuaciones de estimación se restrinjan a las poblaciones de las que se derivaron, y se ha cuestionado la precisión de este parámetro para estudiar la composición corporal^{24,25}.

Entre las técnicas no antropométricas las más precisas son la activación de neutrones y la densitometría, consi-

TABLA 3. Media, desviación estándar y percentiles del pliegue subescapular (mm), por edad y sexo

Edad (años)	Número	Media	DE	P ₃	P ₅	P ₁₀	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	P ₉₀	P ₉₅	P ₉₇
Niños												
6	17	7,40	4,05	3	3	3,56	4,85	1,4	7,85	15,6	16,3	16,58
7	41	6,11	2,95	3,424	3,44	3,8	4,4	1,2	7	12,72	16,2	17,72
8	24	6,55	3,56	2,896	2,96	3,2	4	5	8,6	15,04	22,84	24,66
9	22	8,12	4,75	4,048	4,08	4,4	4,8	6,4	12,8	18,8	34,96	36,25
10	18	8,74	6,02	4,029	4,04	4,82	5,2	7	10,25	23,52	27,04	27,1
11	17	7,40	4,29	3,848	3,88	4,64	5,1	6	17,4	28,08	34,68	34,96
12	16	9,28	5,39	4,4	4,4	4,68	5,5	7,2	11,85	19,32	21,56	22,45
13	4	6,00	1,09	4,8	4,8	4,8	5,1	6,6	21,6	30,24	33,12	34,27
14	16	6,57	1,18	4,8	4,8	4,94	5,55	6,3	7,6	8,46	8,53	8,55
Niñas												
6	27	6,86	2,22	3,52	3,6	3,8	5,1	6,6	8,9	11	18,9	21,98
7	31	7,09	3,34	4,278	4,33	4,4	4,8	5,6	9,55	14,76	18,12	18,95
8	24	8,58	5,01	4,036	4,06	4,56	5,3	6,6	11,7	20	23,16	23,49
9	26	11,28	7,35	5	5	5,16	6	8,4	16,4	27,72	29,88	30,32
10	20	10,36	6,10	4,806	4,81	5,02	5,85	7,8	12,55	19,9	27,8	27,96
11	20	7,72	2,37	4,46	4,5	5,44	6,2	7,2	9	14,24	26,88	27,40
12	7	11,82	7,17	6,2	6,2	6,2	7,4	8,8	17	22,4	24,2	29,42
13	10	11,02	3,70	6,8	6,8	6,86	7,7	10,6	12,8	18,8	19,1	19,22
14	6	8,40	1,33	6,8	6,8	6,8	6,9	8,5	9,6	9,96	10,08	10,12

DE: desviación estándar.

TABLA 4. Media, desviación estándar y percentiles del pliegue supraíliaco (mm), por edad y sexo

Edad (años)	Número	Media	DE	P ₃	P ₅	P ₁₀	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	P ₉₀	P ₉₅	P ₉₇
Niños												
6	17	5,93	3,73	2,8	2,8	2,94	3,2	3,9	8,15	12,52	13,36	13,69
7	41	5,02	3,23	2,424	2,44	2,68	3,2	4	5,8	13,44	15,44	17,58
8	24	5,03	3,21	1,744	1,84	2,36	2,8	3,8	8,4	13,56	24,68	26,40
9	22	9,30	9,18	2,424	2,44	2,76	3,2	6	15,4	32,8	37,12	37,23
10	18	7,17	4,06	2,612	2,62	3,02	4,1	6,4	12,1	16,26	37,11	37,54
11	17	5,67	4,03	2,612	2,62	2,8	3	4	12,9	21,8	25,96	26,13
12	16	7,71	5,98	2,8	2,8	2,8	3,7	4,7	10,9	19,02	20,91	21,66
13	4	4,50	0,88	3,6	3,6	3,6	3,8	4,8	15,3	21,12	23,06	23,83
14	16	4,70	1,37	3,2	3,2	3,2	3,85	4,5	5	7,28	7,84	8,064
Niñas												
6	27	5,24	2,40	2,58	2,7	3,2	3,6	5	6,1	9,2	10,8	11,28
7	31	6,06	3,09	2,8	2,8	3,06	3,85	4,8	8,75	11,14	12,63	13,09
8	24	6,78	3,33	2,836	2,86	3	4,2	6	9,5	12,84	15,86	16,31
9	26	8,90	5,63	2,944	3,04	3,56	4	8,2	13,4	17,48	22,2	22,52
10	20	7,08	4,62	2,806	2,81	3,02	3,4	5,9	9,75	14,7	20,13	20,23
11	20	6,27	2,94	3,012	3,02	3,36	4,3	5,2	8,3	13,44	15,78	15,86
12	7	9,89	5,24	4	4	4	6,2	8	15,4	17,08	17,64	17,86
13	10	9,86	5,34	4,8	4,8	4,9	5,95	7,9	14,35	20,08	20,24	20,30
14	6	5,60	0,91	4,6	4,6	4,6	4,9	5,4	6,3	6,84	7,02	7,092

DE: desviación estándar.

deradas “patrones oro”, y constituyen la base para otros procedimientos, pero no pueden utilizarse para su aplicación clínica de rutina²⁶.

El BIA es un procedimiento preciso, de bajo coste, facilidad de uso y ausencia de riesgos para el paciente aunque para su aplicación clínica se precisan ecuaciones pre-

dictivas previamente validadas y patrones de referencia²⁷⁻³¹, y ha sido utilizado en importantes estudios epidemiológicos como el NHANES III³², Framingham Heart Study y el Cardiovascular Health Study³³.

En este estudio el número total de sujetos incluidos fue de 365, superior al de algunos consultados^{20,34-37} y se

TABLA 5. Media, desviación estándar y percentiles del índice de masa corporal (kg/m²), por edad y sexo

Edad (años)	Número	Media	DE	P ₃	P ₅	P ₁₀	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	P ₉₀	P ₉₅	P ₉₇
Niños												
6	17	21,76	4,17	17,21	17,21	17,32	18,17	19,89	23,78	28,93	28,98	29,00
7	41	22,12	3,54	16,84	16,98	18,12	19,48	21,79	24,71	29,18	33,34	33,81
8	24	23,63	4,38	17,72	17,90	18,75	20,75	22,80	28,61	34,88	36,17	36,25
9	22	27,17	5,89	19,26	19,31	19,95	23,53	25,75	32,64	37,66	39,04	39,13
10	18	26,78	4,67	20,30	20,33	21,70	23,94	25,73	30,56	37,06	38,62	38,64
11	17	25,88	4,53	19,82	19,87	21,29	22,95	25,72	33,54	46,02	48,15	48,19
12	16	34,31	7,80	25,81	25,81	26,87	28,38	31,79	38,60	49,28	51,07	51,79
13	4	31,88	6,04	24,42	24,42	24,42	27,03	35,76	41,92	44,44	45,28	45,62
14	16	35,35	3,34	29,01	29,01	30,03	32,40	35,45	37,85	39,51	39,85	39,98
Niñas												
6	27	20,33	2,89	16,38	16,40	16,52	18,60	20,11	22,28	24,91	27,41	27,58
7	31	21,50	3,25	17,55	17,56	17,91	18,81	20,67	23,92	26,07	28,39	29,44
8	24	23,87	5,12	17,15	17,21	17,66	20,50	22,83	26,03	34,34	37,96	38,33
9	26	27,49	6,35	19,06	19,27	20,85	22,91	26,64	30,90	39,51	42,34	42,84
10	20	26,66	6,84	19,19	19,20	19,87	21,76	23,75	31,91	34,64	46,14	46,37
11	20	26,90	3,95	19,47	19,48	20,23	23,98	28,03	29,27	35,35	41,66	41,90
12	7	36,22	7,64	29,09	29,09	29,09	30,67	32,09	46,33	46,95	47,16	47,24
13	10	36,05	6,84	28,34	28,34	28,46	30,19	33,68	42,31	48,04	48,25	48,33
14	6	31,32	2,06	29,09	29,09	29,09	29,57	30,69	33,83	33,89	33,91	33,92

DE: desviación estándar.

TABLA 6. Media, desviación estándar y percentiles de la masa magra (kg) por edad y sexo, estimada por BIA

Edad (años)	Número	Media	DE	P ₃	P ₅	P ₁₀	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	P ₉₀	P ₉₅	P ₉₇
Niños												
6	17	17,59	2,27	14,04	14,04	15,04	15,76	16,58	18,73	20,51	21,41	21,77
7	41	19,14	2,59	14,71	15,18	15,51	17,31	19,31	21,49	22,80	24,46	24,66
8	24	21,16	2,86	16,22	16,29	18,29	19,36	21,31	23,62	25,16	26,98	27,09
9	22	22,88	4,04	17,33	17,34	17,63	19,76	22,75	26,34	28,35	30,82	31,05
10	18	23,54	2,95	18,54	18,56	19,33	21,77	23,92	2,208	29,25	29,66	29,67
11	17	24,96	3,56	18,39	18,47	20,37	23,06	24,93	28,28	32,09	36,01	36,17
12	16	29,33	7,93	19,05	19,05	19,53	22,87	28,78	35,06	42,95	45,23	46,14
13	4	31,31	5,58	23,25	23,25	23,25	24,02	32,80	34,61	35,53	35,84	35,96
14	16	43,76	5,79	33,19	33,19	36,28	39,35	43,32	48,76	51,18	53,38	54,26
Niñas												
6	27	15,72	2,21	12,70	12,71	12,85	14,40	15,78	16,90	19,63	20,60	20,95
7	31	16,80	1,96	13,19	13,53	14,39	15,25	16,86	18,57	19,42	19,79	19,98
8	24	19,55	3,47	14,48	14,53	15,43	17,04	18,58	21,72	24,93	26,95	27,08
9	26	21,69	2,50	16,50	16,61	17,24	20,99	21,86	23,27	26,13	26,81	26,88
10	20	22,58	5,12	16,36	16,36	16,56	17,92	21,78	26,56	29,68	34,31	34,40
11	20	25,33	4,12	18,24	18,26	18,76	23,27	25,52	29,14	32,35	32,99	33,00
12	7	26,72	3,62	22,65	22,65	22,65	22,95	25,99	30,68	31,61	31,92	32,05
13	10	29,34	4,86	24,21	24,21	24,30	25,44	28,67	30,80	40,14	40,50	40,64
14	6	28,25	1,38	26,38	26,38	26,38	27,92	29,08	29,94	30,18	30,26	30,29

BIA: análisis de la impedancia bioeléctrica; DE: desviación estándar.

ha calculado según una población finita con los datos obtenidos del censo escolar, con un nivel de confianza de 95,95%.

Las medidas se realizaron siguiendo las recomendaciones generales⁷ y los electrodos se colocaron en la posición estándar^{28,38}. La estandarización de la técnica BIA y

la elección de la ecuación adecuada son los dos aspectos más importantes para la validez de las estimaciones^{27-31,39}. Esto presenta en el niño varias dificultades, los métodos para validar las ecuaciones suelen usarse en adultos por las lógicas dificultades técnicas que presentan los niños y, además, la masa magra no posee una composición cons-

TABLA 7. Media, desviación estándar y percentiles de la masa grasa (kg) por edad y sexo, estimada por BIA

Edad (años)	Número	Media	DE	P ₃	P ₅	P ₁₀	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	P ₉₀	P ₉₅	P ₉₇
Niños												
6	17	8,85	4,37	3,471	3,472	3,901	5,602	7,174	9,679	16,78	17,07	17,18
7	41	8,84	3,74	4,516	4,740	5,500	6,705	7,706	10,02	17,67	20,51	22,16
8	24	10,18	4,79	5,227	5,326	5,698	6,592	8,863	15,84	22,58	24,78	24,82
9	22	14,09	6,11	7,555	7,599	8,139	9,883	12,02	20,44	25,88	27,15	27,27
10	18	14,61	5,76	8,591	8,593	8,728	10,37	14,13	20,26	27,06	28,79	28,82
11	17	12,06	6,16	5,720	5,767	6,858	8,545	10,76	22,15	39,41	40,62	40,64
12	16	21,28	10,76	6,368	6,367	11,40	14,48	18,19	22,55	42,95	44,64	45,32
13	4	36,15	5,58	11,74	11,74	11,74	13,18	17,34	30,20	34,76	36,28	36,89
14	16	16,97	4,32	11,69	11,69	11,88	12,99	16,08	20,50	24,27	25,05	25,36
Niñas												
6	27	8,59	2,70	3,626	4,096	5,651	6,544	8,205	10,84	13,06	13,71	13,73
7	31	9,92	3,34	5,719	5,765	6,141	7,279	9,432	11,90	14,90	16,47	17,37
8	24	11,85	5,87	4,962	5,011	5,563	8,757	10,27	14,40	26,18	29,90	30,18
9	26	15,96	7,28	7,212	7,301	8,023	10,90	14,45	18,89	29,34	34,30	35,43
10	20	15,22	7,27	8,459	8,458	8,517	9,648	12,58	18,08	23,65	37,72	38,01
11	20	13,99	5,29	0,605	0,902	8,054	11,64	14,26	17,01	25,86	31,17	31,33
12	7	16,85	9,45	18,24	18,24	18,24	19,00	22,13	39,75	40,20	40,35	40,41
13	10	25,68	7,30	17,65	17,65	17,75	19,88	22,94	33,65	37,70	37,88	37,96
14	6	19,45	2,22	16,95	16,95	16,95	17,03	19,59	21,51	21,96	22,11	22,17

BIA: análisis de la impedancia bioeléctrica; DE: desviación estándar.

tante durante la infancia, ya que sufre cambios durante el desarrollo y existe una amplia variabilidad interindividual entre niños de edad similar³⁹⁻⁴¹.

Para este estudio se ha utilizado la ecuación diseñada por Deurenberg²⁰ validada para niños de entre 7 y 15 años, basada en la relación del BIA con el agua corporal total, desde la cual se estima la masa magra.

El aparato empleado, el RJL BIA-101 es el más ampliamente utilizado en escolares^{34-36,42} lo cual es muy importante para comparar los resultados, ya que se han detectado posibles diferencias en las mediciones entre distintos aparatos, que llevarían a un error en la estimación de la masa magra⁴³⁻⁴⁵.

En el análisis estadístico, la determinación de los valores extremos, también denominados *outliers* estrictos, confiere una mayor fiabilidad a los resultados. Cuando se comparan los resultados obtenidos en los parámetros antropométricos con los de otros estudios⁴⁶, el peso, talla, IMC y pliegues cutáneos son mayores que en éstos en todas las edades y en ambos sexos, diferencias que se incrementan cuanto más tiempo ha transcurrido desde su realización.

En la estimación de la masa magra en los varones por BIA, hemos hallado un incremento gradual desde los 6 hasta los 14 años. En la masa grasa se mantienen valores estables entre los 6 y 7 años, aumenta entre los 8 y 9, se mantienen a los 10, descienden a los 11 y vuelven a ascender a los 12, para descender en meseta entre los 13 y 14 años. Otros autores⁴⁶ encuentran el valor máximo a los 11 años y a partir de aquí se inicia el descenso.

TABLA 8. Correlaciones entre parámetros antropométricos y masa grasa estimada por BIA

Parámetros antropométricos	Masa grasa	
	Niños	Niñas
Perímetro braquial	0,879	0,916
Pliegue bíceps	0,723	0,727
Pliegue tríceps	0,638	0,734
Pliegue subescapular	0,771	0,771
Pliegue supraíliaco	0,712	0,782
Índice de masa muscular	0,916	0,971
Suma de los cuatro pliegues	0,753	0,812
Área grasa del brazo	0,743	0,859

BIA: análisis de la impedancia bioeléctrica; p < 0,05.

En las mujeres, las estimaciones de la masa magra mantienen una línea ascendente con valores máximos a los 13 y 14 años. La masa grasa aumenta hasta los 10 años, disminuye a los 11 para ascender posteriormente, lo cual coincide con lo descrito en otros estudios⁴⁶. Estos resultados varían mucho en función de la ecuación elegida y de la talla; con algunos se pueden realizar comparaciones por rangos de edad pero, cuando el número de casos es pequeño, suelen aportar los resultados globales.

El hallazgo de una correlación positiva significativa entre la masa grasa estimada por BIA con todos los índices antropométricos parece lógico, pues el peso y la talla intervienen directamente en las fórmulas aplicadas, aunque también existe con los parámetros antropométricos

indicadores de adiposidad como los pliegues cutáneos y el área grasa del brazo.

La validación del BIA se ha realizado con el coeficiente de correlación intraclase^{47,48} utilizado para estimar la concordancia entre distintas valoraciones de diferentes métodos. En este análisis de fiabilidad se ha comparado la estimación de masa grasa por BIA y otra clásicamente utilizada que es la propuesta por Siri con parámetros antropométricos. Los coeficientes de correlación hallados muestran valores absolutos por encima de 0,9 y límites inferiores del intervalo de confianza del 95% superiores a 0,75, ambos excelentes según la bibliografía consultada^{49,50}.

El cálculo del error técnico del BIA con respecto al método antropométrico de Siri también se puede calificar como excelente. Es ligeramente superior en las mujeres, contrariamente a otros estudios similares en adultos⁵¹, probablemente porque en los niños las diferencias son más manifiestas que cuando se establece la madurez de los compartimentos corporales.

BIBLIOGRAFÍA

- Wang ZM, Pierson RN, Heymsfield SB. The five models: A new approach to organizing body-composition research. *Am J Clin Nutr* 1992;56:19-28.
- Wang ZM, Heshka S, Pierson RN, Heymsfield SB. Systematic organization of body composition methodology: Overview with emphasis on component-based methods. *Am J Clin Nutr* 1995; 61:457-65.
- Rodríguez Martínez G, Sarría Chueca A, Fleta Zaragoza J, Moreno Aznar LA, Bueno Sánchez M. Exploración del estado nutricional y composición corporal. *An Esp Pediatr* 1998;48: 111-5.
- Sarría A, Bueno M, Rodríguez G. Exploración del estado nutricional. En: Bueno M, Sarría A, Pérez González J, editores. *Nutrición en Pediatría*. Madrid: Ergón, 1999; p. 13-26.
- Bueno M, Sarría A. Exploración general de la nutrición. En: Galdó Villegas A, Cruz Hernández M, editores. *Tratado de Exploración clínica en Pediatría*. Barcelona: Masson, 1995; p. 587-613.
- Ballabriga A. Valoración del estado nutricional. En: Ballabriga A, Carrascosa A, editores. *Nutrición en la infancia y en la adolescencia*. Madrid: Ergón, 1998; p. 143-7.
- Kushner RF. Bioelectrical impedance analysis: A review of principles and applications. *J Am Coll Nutr* 1992;11:199-209.
- Hoffer EC, Meador CK, Simpson DC. A relationship between whole body impedance and total body water volume. *Ann NY Acad Sci* 1970;110:452-61.
- Nyboer J. *Electrical impedance plethysmography*. Springfield: Charles C Thomas, 1959.
- Chumlea WC, Baumgartner RN, Roche AF. Specific resistivity used to estimate fat-free mass from segmental body measures of bioelectric impedance. *Am J Clin Nutr* 1988;48:7-15.
- Valtueña S, Arija V, Salas Salvadó J. Estado actual de los métodos de evaluación de la composición corporal: descripción, reproducibilidad, precisión, ámbitos de aplicación, seguridad, coste y perspectivas de futuro. *Med Clin (Barc)* 1996;106:624-35.
- Bretón Lesmes I, Cuerda Compés MC, Cambor Álvarez M, García Peris P. Técnicas de composición corporal en el estudio de la obesidad. En: Moreno Esteban B, Moneres Megias S, Álvarez Hernández J, editores. *Obesidad. La epidemia del siglo XXI*. Madrid: Díaz de Santos, 2000; p. 169-90.
- Kotler DP, Burastero S, Wang J, Pierson RN. Prediction of body cell mass and total body water with bioelectrical impedance analysis: Effects of race, sex and disease. *Am J Clin Nutr* 1996; 64:489-97.
- Chumlea WC, Guo SS. Bioelectrical impedance and body composition: Present status and future directions. *Nutr Rev* 1994;52: 123-31.
- Tanner J. Human Growth standard: construction and use. En: Gedda L, Parisi P, editors. *Auxology. Human Growth in health and disorder*. London: Academic Press, 1978.
- Lohman TG, Roche AF, Martorell R. *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign: Human Kinetics Books, 1991.
- Cameron N. The methods of auxological anthropometry. En: Falkner F, Tanner JM, editors. *Human Growth. 2. Postnatal growth*. New York: Plenum Press, 1978; p. 35-90.
- Siri WB. The gross composition of the body. En: Tobias CA, Lawrence JH, editors. *Advances in biological and medical physics*. New York: Academic Press, 1956; p. 239-80.
- Brook CGD. Determination of body composition of children from skinfolds measurements. *Arch Dis Child* 1972;46:182.
- Deurenberg P, Van der Kooy K, Leenen R, Weststrate JA, Seidel JC. Sex and age specific prediction formulas for estimating body composition from bioelectrical impedance: A cross-validation study. *Int J Obes* 1991;15:17-25.
- Martínez Costa C, Brines Solanes J, Abella A, García Vila A. Valoración antropométrica del estado nutricional. *Act Nutr* 1995;20:47-58.
- Fleta Zaragoza J, Mur de Frenne L, Moreno Aznar L, Bueno Sánchez M. Criterios antropométricos utilizados para la valoración de la obesidad en la infancia. *Rev Esp Pediatr* 1998;54: 407-13.
- García Lorda P, Salas Salvadó J. Evaluación de la composición corporal en el paciente obeso. *Med Integral* 1999;33:262-71.
- Frerichs RR, Horsha DW, Berenson GS. Equations for estimating percentage body fat in children 10-14 years old. *Pediatr Res* 1979;13:170-4.
- Davies PSV, Lucas A. The prediction of body fatness in early infancy. *Early Hum Dev* 1989;21:193-8.
- Moreno Villares JM. Técnicas de valoración de la composición corporal. *An Esp Pediatr* 2000;52(Supl 5):199-203.
- Guo F, Roche AF, Chumlea WMC, Miles DS, Pohlman RL. Body composition predictions from bioelectric impedance. *Hum Biol* 1987;59:221-33.
- Lukaski HC, Johnson PE, Bolonchuk WW, Lykken GI. Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *Am J Clin Nutr* 1985;41:810-7.
- Kushner RF, Schoeller DA. Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr* 1986;44:417-24.
- Deurenberg P, Weststrate JA, Paymans I, Van der Kooy K. Factors affecting bioelectrical impedance measurements in humans. *Eur J Clin Nutr* 1988;42:1017-22.
- Fuller NJ, Jebb SA, Goldberg GR, Pullicino E, Adams C, Cole TJ, et al. Inter-observer variability in the measurement of body composition. *Eur J Clin Nutr* 1991;45:43-9.
- Kuczmarski RJ. Bioelectrical impedance analysis measurements as part of a national nutrition survey. *Am J Clin Nutr* 1996;64 (Suppl 3):453-8.
- Visser M, Langlois J, Guralnik JM, Cauley JA, Kronmal RA, Robbins J, et al. High body fatness, but not low fat free-mass, pre-

- dicts disability in older men and women: The Cardiovascular Health Study. *Am J Clin Nutr* 1998;68:584-90.
34. Deurenberg P, Smit HE, Kusters CLS. Is the bioelectrical impedance (ht^2/R) significant in predicting total body water? *Am J Clin Nutr* 1992;56:835-9.
 35. Goran MI, Kaskoun MC, Carpenter WH, Poehlman YET, Ravussin E, Fontvieille AM. Estimation body composition of young children by using bioelectrical resistance. *J Appl Physiol* 1993;75:1776-80.
 36. Hammond J, Rona R J, Chinn S. Estimation in community surveys of total body fat of children using bioelectrical impedance or skinfolds thickness measurements. *Eur J Clin Nutr* 1994;48:164-71.
 37. Chinn S, Rona RJ, Gulliford MC, Hammond J. Weight-for-height in children aged 4-12 years. A new index compared to the normalised body mass index. *Eur J Clin Nutr* 1992;46:489-500.
 38. Lukaski HC, Bolonchuck WW, Hall CB, Siders WA. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J Appl Physiol* 1986;60:1327-32.
 39. Fomon SJ, Haschke F, Ziegler EE, Nelson SE. Body composition of reference children from birth to age 10 years. *Am J Clin Nutr* 1982;35:1169-75.
 40. Reilly JJ, Wilson J, McColl JH, Carmichael M, Durning JVG. Ability of bioelectric impedance to predict fat-free mass in pre-pubertal children. *Pediatr Res* 1996;39:176-9.
 41. Hewitt MJ, Going SB, Williams DP, Lohman TG. Hydration of fat-free body in children and adults: implications for body composition assessment. *Am J Physiol* 1993;265:88-95.
 42. Jebb SA, Elia M. Techniques for the measurement of body composition: A practical guide. *Int J Obes* 1993;17:611-21.
 43. Segal KR, Gutin B, Presta E, Wang J, Van Itallie TB. Estimation of human body composition by electrical impedance methods: A comparative study. *J Appl Physiol* 1985;58:1565-71.
 44. Graves JE, Pollock ML, Colvin AB, Van Loan M, Lohman TG. Comparison of different bioelectrical impedance analyzers in the prediction of body composition. *Am J Hum Biol* 1989;1:603-11.
 45. Deurenberg P, Van der Kooy K, Leenen R. Differences in body impedance when measured with different instruments [letter]. *Eur J Clin Nutr* 1989;43:885-6.
 46. Tojo Sierra R, Leis Trabazo R. Valores estándares de Galicia. El estudio Galinut. Santiago de Compostela: Servicio de publicaciones de la Universidad de Santiago de Compostela, 1999.
 47. Prieto L, Lamarca R, Casado A. La evaluación de la fiabilidad en las observaciones clínicas: el coeficiente de correlación intraclass. *Med Clin (Barc)* 1998;110:142-5.
 48. Candela Toha AM, Validación de aparatos y métodos de medida: concordancia sí, concordancia no. *Med Clin (Barc)* 1992;99:314.
 49. Martín Moreno V, Gómez Gandoy B, Antoraz González M, Fernández Herraz S, Gómez de la Cámara A, De Oya Otero M. Validación del monitor de medición de masa corporal por impedancia bioeléctrica OMRON BF 300. *Aten Primaria* 2001;28: 174-81.
 50. Feiss JL. The design and analysis of clinical experiments. New York: John Willey & Sons Inc, 1986.
 51. Segal KR, Van Loan M, Fitzgerald PI, Hodgdon JA, Van Itallie TB. Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: Four-site cross-validation study. *Am J Clin Nutr* 1988; 47:7-14.