

ORIGINAL

Composición corporal en escolares: comparación entre métodos antropométricos simples e impedancia bioeléctrica



María I. Tovar-Galvez^a, Emilio González-Jiménez^{b,*}, Celia Martí-García^c
y Jacqueline Schmidt-RioValle^b

^a Departamento de Enfermería, Facultad de Ciencias de la Salud de Ceuta, Universidad de Granada, España

^b Departamento de Enfermería, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Granada, España

^c Departamento de Enfermería y Podología, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Málaga, España

Recibido el 16 de enero de 2017; aceptado el 30 de mayo de 2017

Disponible en Internet el 3 de agosto de 2017

PALABRAS CLAVE

Antropometría;
Impedanciometría
bioeléctrica;
Composición
corporal;
Escolares

Resumen

Objetivos: Describir características antropométricas, composición corporal y verificar posibles diferencias entre sexos en escolares de Granada y la Ciudad Autónoma de Ceuta. Estimar el porcentaje de grasa corporal mediante ecuaciones de regresión e impedanciometría bioeléctrica, verificar posibles diferencias entre sexos. Comparar valores de porcentaje de grasa corporal estimados por ambos métodos para verificar su similitud.

Métodos: Estudio transversal sobre 1.518 escolares (9-16 años), pertenecientes a doce centros educativos de Ceuta y Granada. Se realizó una valoración del estado nutricional mediante antropometría e impedanciometría bioeléctrica, se procedió al cálculo del porcentaje de grasa corporal.

Resultados: Se observa un marcado dimorfismo sexual, con mayor prevalencia de sobrepeso entre chicos y de obesidad en chicas. Las chicas presentan valores medios de grasa corporal superiores, con independencia del método de estimación utilizado ($p < 0,001$). La correlación entre impedanciometría bioeléctrica y las ecuaciones de regresión fue elevada ($r = 0,830$), al igual que el coeficiente de correlación interna ($CCI > 0,75$). La prueba de Bland-Altman muestra una elevada concordancia entre impedanciometría bioeléctrica y las ecuaciones de Behnke y Lohman.

Conclusiones: Resulta conveniente utilizar ecuaciones específicas para el cálculo de la densidad corporal que contemplen el sexo y la edad de los sujetos. Independientemente del método utilizado para calcular el porcentaje de grasa corporal, las chicas poseen valores de grasa corporal más elevados. Sugerimos utilizar las ecuaciones de Behnke y Lohman junto a la BIA como métodos preferentes en las poblaciones estudiadas.

© 2017 SEEN y SED. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: emigoji@ugr.es (E. González-Jiménez).

KEYWORDS

Anthropometric measurements;
Bioelectrical impedance;
Body composition;
Schoolchildren

Body composition in a population of school adolescents: a comparison of simple anthropometric methods and bioelectrical impedance**Abstract**

Objectives: To report the anthropometric characteristics and body composition and to analyze the potential sex-based differences in Spanish schoolchildren and adolescents living in Granada and Ceuta. To estimate body fat percentage using regression equations and bioelectrical impedance to check for sex differences. An additional objective was to see whether the body fat percentages obtained by these two methods were similar.

Methods: A cross-sectional study including 1,518 children and adolescents (aged 9-16) from 12 primary and secondary schools in Ceuta and Granada. The nutritional status of the subjects was assessed and their body fat percentage was calculated.

Results: There was a strong sexual dimorphism, with higher prevalence rates of overweight in boys and obesity in girls. Girls had higher mean body fat levels regardless of the measuring method used ($p < .001$). Correlation between bioelectrical impedance analysis and regression equations was high ($r = 0.830$), as was the internal correlation coefficient ($ICC > 0.75$). A Bland-Altman comparison showed a high agreement between bioelectrical impedance and Behnke and Lohman equations.

Conclusions: Specific equations considering subject sex and age should be used to estimate body density. Regardless of the method used, girls had higher body fat percentages. The Behnke and Lohman equations, combined with BIA, were found to be the most accurate methods for measuring body density in the study population.

© 2017 SEEN y SED. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

El análisis de la composición corporal constituye una parte fundamental en la valoración del estado nutricional¹. Sin embargo, obtener resultados precisos en población no adulta resulta complejo, dada la imposibilidad de asumir una composición corporal constante². Entre los métodos más seguros y confiables para analizar la composición corporal destacan el análisis de activación neutrónica, la resonancia magnética (RM), pesaje hidrostático, la plestimografía, la absorción dual de rayos X (DEXA), la antropometría y el análisis por impedanciometría bioeléctrica (BIA)^{3,4}. De entre todos ellos, la antropometría y el análisis por BIA son los dos métodos con menor complejidad para su utilización en población infantil y juvenil⁵. A este respecto, la Organización Mundial de la Salud⁶ considera la antropometría como una herramienta útil para examinar los cambios en la composición corporal, siendo esta aplicable a grandes poblacionales por su naturaleza no invasiva y bajo coste. En este sentido, se han desarrollado ecuaciones de regresión en las que combinando diferentes variables y parámetros antropométricos es posible estimar el porcentaje de grasa corporal total (% GCT)⁷. Ahora bien, el uso de estas ecuaciones está limitado dado que resulta necesario emplear fórmulas de conversión de la densidad corporal, específicas para grupos de edad⁸.

Por otro lado, el análisis mediante BIA, mide la impedancia u oposición al flujo de una corriente eléctrica a través de los líquidos corporales contenidos fundamentalmente en los tejidos magro y graso. La impedancia es baja en el tejido magro, donde se encuentran principalmente los líquidos intracelulares y electrolitos, y alta en el tejido graso, siendo proporcional al agua corporal total⁹. La BIA

es, al igual que la antropometría, un procedimiento rápido, portátil, no invasivo, de escasa dificultad técnica y bajo coste. Además es seguro, pues utiliza una corriente alterna constante de 800 A y frecuencia de 50 kHz, sin capacidad para estimular a los tejidos eléctricamente excitables¹⁰. Diferentes autores recomiendan el uso BIA en estudios epidemiológicos para estimar el % GCT^{11,12}.

Dado que las ecuaciones de regresión predictivas y la BIA son dos métodos analíticos que parten de fundamentos técnicos muy diferentes, algunos investigadores plantean la conveniencia de tener cautela en la interpretación y comparación de los resultados¹³⁻¹⁵. Por otro lado, considerando que las ecuaciones de regresión han sido desarrolladas a partir de poblaciones diferentes, la interpretación de los resultados resulta compleja. Asumiendo este planteamiento, los objetivos de este trabajo han sido, en primer lugar, describir las características antropométricas, de composición corporal y verificar posibles diferencias entre ambos sexos en una población de escolares de Granada y la Ciudad Autónoma de Ceuta. En segundo lugar, estimar el % GCT mediante el uso de ecuaciones de regresión y BIA, verificar posibles diferencias entre sexos. Por último, comparar los valores de % GCT mediante BIA con los de cada ecuación de regresión a fin de verificar su similitud.

Muestra y metodología**Diseño y población de estudio**

Estudio observacional, descriptivo y de corte transversal, realizado durante los cursos académicos 2014-2015 y 2015-2016, sobre una población de 1.518 escolares, con edades comprendidas entre 9 y 16 años ($11,9 \pm 1,98$),

pertencientes a doce centros educativos de las ciudades de Ceuta y Granada. En la Ciudad Autónoma de Ceuta, participó un centro concertado con educación Primaria y Secundaria. En Granada, participaron seis Centros de Educación Infantil y Primaria y cinco Institutos de Enseñanza Secundaria, todos ellos públicos.

Todos los alumnos eran de origen caucásico y pertenecían a familias de clase media urbana. Los criterios de inclusión considerados fueron: chicos y chicas españoles, carentes de patología endocrino-metabólica diagnosticada, con actitud colaboradora y con autorización y firma del consentimiento informado por los padres y/o tutores legales. El no cumplimiento de dichos criterios, imposibilitaba participar en el estudio.

Medidas antropométricas y de composición corporal

Para la valoración del estado nutricional mediante antropometría se siguieron las directrices de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría¹⁶. Todas las variables fueron determinadas por un único evaluador, con amplia experiencia y con certificación, nivel II, de la International Society for the Advancement of Kinanthropometry. Cada centro educativo proporcionaba al equipo investigador un aula donde poder realizar todas las determinaciones en condiciones de intimidad para los alumnos participantes. Todas las mediciones se realizaron a primera hora de la mañana y en situación de ayuno (8:30 a.m). Los parámetros antropométricos valorados fueron el peso, la talla y a partir de ambos el IMC. Además fueron evaluados los pliegues cutáneos tricipital, bicipital, subescapular, supra-ilíaco, muslo y pantorrilla y los perímetros de la cintura y de la cadera. Para la determinación de la talla (cm) se utilizó un tallímetro de la marca Seca[®], modelo 214, con una precisión de 1 mm. Para proceder a su medición, el alumno debía permanecer con el dorso del tronco y la pelvis en contacto con la rama vertical de dicho instrumento y la cabeza orientada según el plano de Frankfort. Tras establecer la correcta posición, se aplicaba la rama móvil horizontal del tallímetro sobre el vertex¹⁷. El peso corporal (kg), se midió en dos ocasiones con el sujeto sin zapatos, con ropa ligera y sin objetos metálicos, utilizando un analizador de composición corporal (TANITA BC-418MA[®]). A partir de las variables, peso y talla se calculó el IMC. Para la categorización de los sujetos en bajo peso, normopeso, sobrepeso y obesidad, se utilizaron como puntos de corte los percentiles de IMC establecidos por Cole et al.¹⁸. Los pliegues cutáneos (mm), fueron medidos utilizando un plicómetro de la marca Holtain[®] con una precisión de entre 0,1-0,2 mm, que ejerce una presión constante de (10 g/mm²). Los perímetros de la cintura y de la cadera fueron determinados utilizando una cinta métrica (Seca[®]) flexible e inextensible, cuya precisión era de 1 mm.

La determinación del % GCT se realizó por dos métodos. En primer lugar, mediante BIA, utilizando el analizador de composición corporal TANITA BC-418MA[®]. En segundo lugar, se procedió a la determinación de la densidad corporal mediante las ecuaciones de regresión de Brook¹⁹ y Durnin y Rahaman²⁰, descritas a continuación:

Ecuación Brook
1-11 años.

Niños: $D = 1,690 - 0,0788 \log (\sum \text{pliegues tricipital, bicipital, subescapular, supra-ilíaco})$.

Niñas: $D = 1,2063 - 0,0999 \log (\sum \text{pliegues tricipital, bicipital, subescapular, supra-ilíaco})$.

Ecuación Durnin & Rahaman
12-16 años.

Niños: $D = 1,1533 - 0,0643 \log (\sum \text{pliegues tricipital, bicipital, subescapular, supra-ilíaco})$.

Niñas: $D = 1,1369 - 0,0598 \log (\sum \text{pliegues tricipital, bicipital, subescapular, supra-ilíaco})$.

Una vez calculada la densidad corporal, se estimó el porcentaje de grasa corporal utilizando las ecuaciones de regresión de Siri²¹, Brozek et al.²², Behnke et al.²³ y Lohman et al.²⁴.

Siri % grasa = $[(4,95/D) - 4,50] \times 100$.

Brozek et al. % grasa = $[(4,57/D) - 4,142] \times 100$.

Behnke et al. % grasa = $[(5,053/D) - 4,614] \times 100$.

Lohman et al. % grasa = $[(5,30/D) - 4,89] \times 100$.

Confiabilidad de las medidas

Para determinar la calidad de las medidas antropométricas se utilizó una doble medición a cada 12 sujetos en todas las variables: peso, estatura, circunferencia del brazo relajado, abdomen y pantorrilla media. Los valores del error técnico de la medida oscilaron entre 1-3%, y el coeficiente de reproducibilidad interclase ($r = 0,94 - 0,97$).

Consideraciones éticas

Este estudio se llevó a cabo de acuerdo con los principios de la Declaración de Helsinki sobre investigación con seres humanos. Todos los alumnos incluidos, previo conocimiento de los objetivos del estudio por sus padres o tutores, presentaron por escrito el consentimiento informado debidamente firmado. Asimismo, se obtuvo el informe favorable por parte de la Comisión de Ética en Investigación de la Universidad de Granada para llevar a cabo la investigación (Código 841). El equipo de investigación procesó los datos garantizando el anonimato y asegurando la confidencialidad de los mismos.

Análisis estadístico

Efectuada la estadística descriptiva para las medidas directas y derivadas, se valoró la normalidad mediante el test de Kolmogorov-Smirnov. En relación a la estadística inferencial, se utilizó el test de comparación de medias (t de Student) para la comparación de las variables continuas con un factor (sexo) y el test de la Chi-cuadrado para la comparación de variables categóricas entre sí. Para determinar la concordancia existente entre los resultados obtenidos mediante BIA y las ecuaciones de regresión, se llevó a cabo un análisis de correlación de Pearson, y se calculó en coeficiente de correlación intraclase (CCI). Asimismo, se aplicó el modelo gráfico de Bland-Altman. Los resultados fueron analizados utilizando el programa SPSS versión 22.0 (SPSS Inc. Chicago, IL, EE. UU.). El grado de significación estadística de los test se situó en $p \leq 0,05$.

Tabla 1 Características antropométricas y composición corporal en función del sexo

	Chicos n = 742	Chicas n = 776	Total n = 1518
Peso (kg)	49,3 ± 16,24	48,5 ± 13,97	48,9 ± 15,13 ^a
Talla (cm)	153,2 ± 13,86	152,2 ± 12,13	152,7 ± 13,01 ^a
IMC (kg/m ²)	20,6 ± 4,33	20,5 ± 4,19	20,6 ± 4,26 ^a
Perímetro cintura (cm)	71,6 ± 11,30	68,3 ± 9,33	69,9 ± 10,47 ^b
Perímetro cadera (cm)	84,5 ± 11,68	86,6 ± 12,04	85,6 ± 11,91 ^b
Pliegue tricípital (mm)	11,0 ± 4,49	12,5 ± 4,46	11,8 ± 4,54 ^b
Pliegue bicipital (mm)	7,9 ± 4,44	8,9 ± 4,44	8,4 ± 4,47 ^b
Pliegue subescapular (mm)	9,8 ± 5,47	11,0 ± 5,36	10,4 ± 5,44 ^b
Pliegue supraíliaco (mm)	10,8 ± 6,80	12,0 ± 5,76	11,4 ± 6,32 ^b
Pliegue muslo (mm)	11,7 ± 5,66	17,3 ± 5,76	16,1 ± 5,86 ^b
Pliegue pantorrilla (mm)	13,4 ± 5,89	15,2 ± 5,92	14,3 ± 6,0 ^b
Masa grasa (kg)	9,7 ± 6,74	12,8 ± 7,44	11,3 ± 7,27 ^b
Masa magra (kg)	39,7 ± 11,83	35,6 ± 7,76	37,6 ± 10,17 ^b
Masa muscular (kg)	37,6 ± 11,29	33,9 ± 7,25	35,7 ± 9,62 ^b
Agua total (kg)	29,1 ± 8,66	26,6 ± 10,13	27,8 ± 9,52 ^b
Bajo peso	104 (14,0)	98 (12,6)	202 (13,3) ^c
Normopeso	382 (51,5)	440 (56,7)	822 (54,2) ^c
Sobrepeso	176 (23,7)	148 (19,1)	324 (21,3) ^c
Obesidad	80 (10,8)	90 (11,6)	170 (11,2) ^c

Los datos son presentados como media ± desviación típica y frecuencia absoluta (relativa).

^a t-Student ($p > 0,05$).

^b t-Student ($p < 0,001$).

^c χ^2 Pearson ($p > 0,05$).

Resultados

En relación a las características antropométricas y de composición corporal (tabla 1), existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$) entre ambos sexos en los perímetros corporales, siendo los chicos quienes presentan valores medios superiores en el perímetro de la cintura frente a las chicas, quienes poseen valores medios superiores en el perímetro de la cadera. Por su parte, el estudio de los pliegues cutáneos refleja diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$) entre sexos, siendo las chicas quienes poseen valores medios más elevados en todos los pliegues cutáneos determinados. Por su parte, los chicos presentan valores más elevados de masa magra, muscular y agua total. Relativo al estado nutricional mediante IMC, no existen diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$), existiendo una mayor prevalencia de sobrepeso entre los chicos

(23,7%), y una tasa de obesidad superior entre las chicas (11,6%).

A partir de los valores de densidad corporal, en la tabla 2 se muestra el % GCT obtenido mediante BIA, junto a los valores de % GCT obtenidos a través de las ecuaciones de regresión en función del sexo. Tal y como se aprecia, existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$) entre ambos sexos independientemente del método utilizado, observándose como cabría esperar un mayor % GCT entre las chicas.

El coeficiente de correlación de Pearson entre el método BIA y cada una de las ecuaciones de regresión es positivo ($r = 0,830$) y altamente significativo ($p < 0,001$). En cuanto al CCI (tabla 3), todos se sitúan en un rango superior a 0,75, lo que indica una gran concordancia entre los dos métodos comparados.

Debido a las limitaciones del coeficiente de correlación de Pearson y del CCI, se utilizó la prueba de Bland-Altman

Tabla 2 Porcentaje de grasa corporal mediante BIA y las ecuaciones de Siri, Brozeck, Behnke y Lohman en función del sexo

Masa grasa total (%)	Chicos n = 742	Chicas n = 776	Total n = 1518
BIA	18,6 ± 8,91	24,7 ± 8,03	21,7 ± 8,99 ^b
Siri (1961)	21,4 ± 6,48	24,8 ± 6,43	23,1 ± 6,67 ^b
Brozeck et al. (1963)	21,0 ± 5,98	24,1 ± 5,94	22,6 ± 6,16 ^b
Behnke et al. (1974)	19,8 ± 6,62	23,3 ± 6,56	21,6 ± 6,81 ^b
Lohman et al. (1986)	19,8 ± 6,94	23,4 ± 6,88	21,6 ± 7,14 ^b

Los datos son presentados como media ± desviación típica.

^b t-Student ($p < 0,001$).

Tabla 3 Coeficiente de correlación intraclase para cada pareja de métodos

Métodos pareados	Media	Límite inferior	Límite superior
BIA y Siri	0,877	0,848	0,899
BIA y Brozeck	0,869	0,852	0,884
BIA y Behnke	0,888	0,876	0,899
BIA y Lohman	0,894	0,883	0,904

para establecer la concordancia entre los valores de porcentaje de grasa corporal total por BIA y las ecuaciones de regresión cuando $p > 0,05$. Al comparar el % GCT obtenido mediante BIA con los valores obtenidos a través de las ecuaciones de regresión (tabla 4), no se observaron diferencias estadísticas significativas para las ecuaciones de Behnke ($p = 0,348$) y Lohman ($p = 0,383$), siendo esta última específica para niños y adolescentes. Por ello el test de

Bland-Altman únicamente se realiza con estas dos ecuaciones. Las figuras 1 y 2, muestran el elevado grado de concordancia entre el método BIA y las ecuaciones de regresión de Behnke y Lohman, esta última específica para niños y adolescentes.

Discusión

Los resultados obtenidos muestran diferencias significativas entre ambos sexos en las características antropométricas y de composición corporal, concretamente en perímetros corporales, pliegues cutáneos y en todos los parámetros de composición corporal estudiados. Relativo a la determinación de los perímetros de la cintura y de la cadera, cabe destacar su importancia como indicadores del patrón de distribución graso entre la población de escolares estudiada. Los chicos presentan valores medios superiores en el perímetro de la cintura frente a las chicas, quienes poseen valores más elevados en el perímetro de la cadera. Esto pone de

Tabla 4 Contraste entre BIA y las ecuaciones de Siri, Brozeck, Behnke y Lohman

Variables	Diferencias relacionadas					Significación bilateral
	Intervalo de confianza (95%)					
	Media	Desviación típica	Error típico	Inferior	Superior	
BIA y Siri	-1,43	5,079	0,130	-1,69	-1,18	0,000
BIA y Brozeck	-0,91	5,184	0,133	-1,17	-0,65	0,000
BIA y Behnke	0,12	5,059	0,130	-0,13	0,38	0,348
BIA y Lohman	0,11	5,027	0,129	-0,14	0,37	0,383

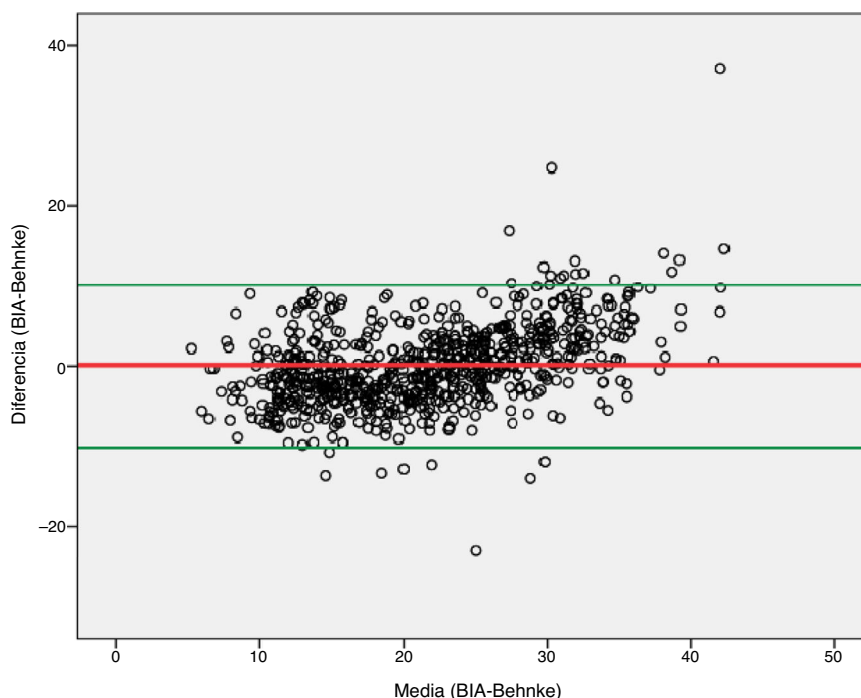


Figura 1 Concordancia entre BIA y la ecuación de Behnke.

La línea central representa la media de las diferencias, mientras que las líneas superior e inferior representan el intervalo de confianza (± 2 DE).

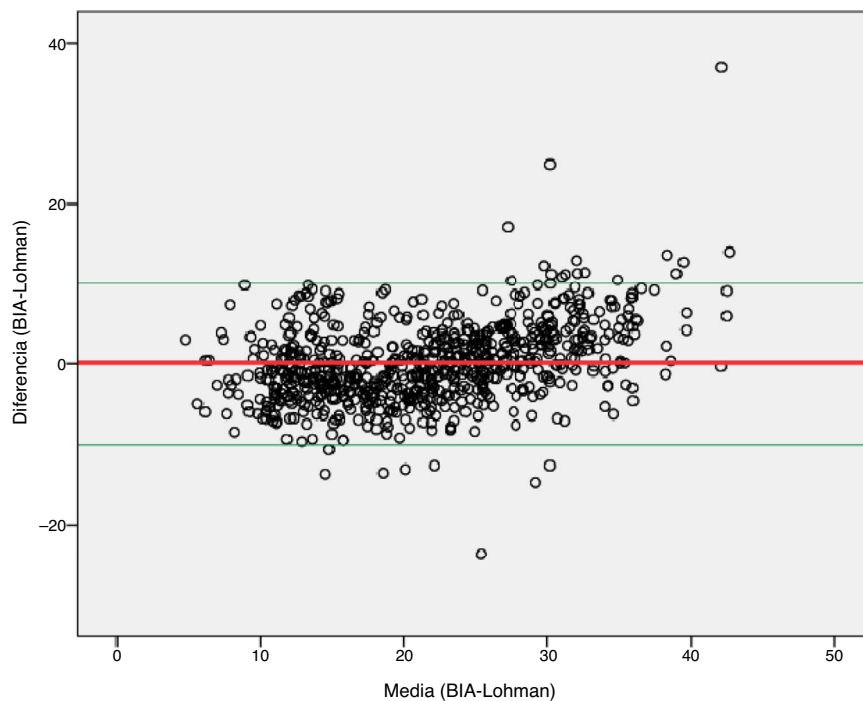


Figura 2 Concordancia entre BIA y la ecuación de Lohman.

La línea central representa la media de las diferencias, mientras que las líneas superior e inferior representan el intervalo de confianza (± 2 DE).

relieve una vez más las diferencias propias de la especie humana¹⁷.

Los resultados alcanzados en torno a la determinación de los pliegues cutáneos de extremidad, permiten concretar un marcado dimorfismo sexual. Dicho dimorfismo se hace visible por valores de grasa subcutánea superiores en niñas frente a los niños. En el caso concreto del pliegue tricipital, dada su importancia como parámetro de estimación de los componentes graso y proteico²⁵, se observan diferencias en sus valores entre ambos sexos, destacando valores superiores entre las chicas. Estos resultados son coincidentes con los obtenidos en otros estudios con población escolar española²⁶. Respecto a la valoración de los pliegues del tronco, el patrón de acumulación de grasa es igualmente superior entre las chicas frente a los chicos. Estos hallazgos coinciden con lo descrito en otros estudios por autores como Sánchez-Andrés²⁷ y Martínez et al.²⁸.

Respecto de la variable índice de masa corporal, y de acuerdo a los percentiles de IMC para definir sobrepeso y obesidad, establecidos por Cole et al.¹⁸, encontramos una mayor prevalencia de sobrepeso entre los chicos (23,7%) y una tasa de obesidad superior entre las chicas (11,6%). Estos resultados se asemejan a los observados por González García et al.²⁹, entre escolares de españoles de Cuenca y Ciudad Real, donde la obesidad era también superior entre las chicas. Por su parte, difieren de lo hallado por González et al.²⁶, quienes en su estudio con escolares de la provincia de Granada, observan una mayor prevalencia de sobrepeso y obesidad entre las chicas. En cualquier caso, estos resultados justifican la necesidad de profundizar en el estudio de los hábitos y estilos de vida de nuestros escolares, caracterizados probablemente por desajustes en el balance energético,

bien por comportamientos dietéticos poco saludables o por un excesivo sedentarismo^{30,31}.

Ahora bien, la determinación de las variables antropométricas estudiadas muestran bajos valores de error técnico de medida intraevaluador, oscilando entre 1-3% y una alta capacidad de reproductibilidad (0,94-0,97) similar a lo obtenido en otros estudios^{32,33}. De acuerdo con Goto et al.³⁴, el control de la calidad de las medidas antropométricas se justifica como un prerrequisito, el cual posibilitará realizar una mejor interpretación de los resultados y en consecuencia alcanzar una mayor precisión y reproducción de los mismos, especialmente cuando se pretende usar variables antropométricas para predecir el % GCT en poblaciones escolares.

En relación a los dos procedimientos indirectos utilizados para el cálculo del % GCT, esto es, mediante BIA y mediante ecuaciones de regresión antropométricas en función del sexo, los resultados obtenidos muestran diferencias significativas en sus valores entre ambos sexos, siendo mayor entre las chicas, con independencia del método utilizado. Este hallazgo contrasta con lo observado en otros estudios³⁵, en los que utilizando BIA y ecuaciones de regresión no se aprecia el dimorfismo sexual en la masa grasa total corporal entre ambos sexos. Asimismo, estos resultados difieren de los hallazgos descritos por estudios previos, en los que comparando BIA con la antropometría clásica de referencia, obtienen resultados contradictorios³⁶. En este sentido, algunos autores plantean que BIA tiende a sobreestimar el % GCT, mientras que otros sugieren que lo subestima³⁷. Las frecuentes diferencias encontradas entre estos dos métodos podrían explicarse, además, por la propia utilización de estos y los algoritmos de cálculo de la estimación de la composición corporal, unido a variaciones interindividuales inherentes al

sexo de los participantes³⁸. Esta circunstancia podría explicarse por diferencias metodológicas en la estimación de la densidad corporal³⁹. En el presente estudio se han utilizado diferentes ecuaciones^{19,20} considerando el sexo y el rango de edad, lo que ha permitido una estimación precisa de la densidad corporal. Por tanto, resulta conveniente utilizar ecuaciones específicas que contemplen el sexo y la edad de los sujetos en el caso de poblaciones infantiles y juveniles.

Relativo a los valores medios de % GCT obtenidos mediante BIA y en cada una de las ecuaciones de regresión utilizadas, el método BIA y las ecuaciones de Behnke et al.²³ y Lohman et al.²⁴ proporcionan valores medios similares para ambos sexos. Por su parte, en este estudio las ecuaciones de Siri²¹ y Brozek et al.²² parecen sobreestimar ligeramente el % GCT entre chicos y chicas. Estos resultados coinciden con otros estudios previos⁴⁰⁻⁴², en los que sus autores concluyen que las ecuaciones de regresión de Siri²¹ y Brozek et al.²², sobreestiman sistemáticamente el % GCT de niños y adolescentes entre un 3-5%. Una vez verificada la concordancia existente a partir de la ecuación de Pearson, el CCI y el método Bland-Altman, nuestros resultados sugieren la conveniencia de utilizar las ecuaciones de Behnke et al.²³ y Lohman et al.²⁴ en poblaciones infanto-juveniles similares a la estudiada.

Como limitaciones de este estudio, señalar la utilización de solo cuatro ecuaciones de regresión y un único modelo de bioimpedanciómetro. Por otro lado, en este estudio solo han participado sujetos de origen caucásico, circunstancia que implica interpretar los resultados con cierta cautela.

En conclusión, los resultados ponen de manifiesto un marcado dimorfismo sexual entre chicos y chicas, con una mayor prevalencia de sobrepeso entre chicos y de obesidad en chicas. Resulta conveniente utilizar ecuaciones específicas para el cálculo de la densidad corporal que contemplen el sexo y la edad de los sujetos. Independientemente del método utilizado para calcular el % GCT, las chicas poseen valores de grasa corporal más elevados. Finalmente, a la luz de los resultados, sugerimos utilizar las ecuaciones de Behnke y Lohman junto a la BIA como métodos preferentes en las poblaciones estudiadas en Granada y la Ciudad Autónoma de Ceuta.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Agradecimientos

Agradecemos a los centros educativos, a los padres y/o tutores, así como a los alumnos participantes su colaboración en el desarrollo de este estudio.

Referencias

- Wells JC, Williams JE, Chomtho S, Darch T, Grijalva-Eternod C, Kennedy K, et al. Pediatric reference data for lean tissue properties: density and hydration from age 5 to 20 y. *Am J Clin Nutr*. 2010;91:610-8.
- Kyle UG, Earthman CP, Pichard C, Coss-Bu JA. Body composition during growth in children: limitations and perspectives of bioelectrical impedance analysis. *Eur J Clin Nutr*. 2015;69(12):1298-305.
- Boneva-Asiova Z, Boyanov M. Age-related changes of body composition and abdominal adipose tissue assessed by bioelectrical impedance analysis and computed tomography. *Endocrinol Nutr*. 2011;58(9):472-7.
- Verney J, Schwartz C, Amiche S, Pereira B, Thivel D. Comparisons of a multi-frequency bioelectrical impedance analysis to the dual-energy X-ray absorptiometry scan in healthy young adults depending on their physical activity level. *J Hum Kinet*. 2015;47:73-80.
- Orta Duarte M, Flores Ruelas Y, López-Alcaraz F, del Toro-Equihua M, Sánchez-Ramírez CA. Correlation between percentage of body fat measured by the Slaughter equation and bioimpedance analysis technique in Mexican schoolchildren. *Nutr Hosp*. 2014;29(1):88-93.
- World Health Organization (WHO). Physical Status: The Use and Interpretation of Anthropometry. Report of a WHO Expert Committee. Geneva: WHO Report Series 854, 1995.
- Curilem-Gatica C, Rodríguez-Rodríguez F, Almagià-Flores A, Yuing-Farías T, Berral-de-la-Rosa FJ. Equations for the evaluation of body composition in children and adolescents. *Cad Saude Publica*. 2016;32(7.), <http://dx.doi.org/10.1590/0102-311X00195314>, pii: S0102-311X2016000706002.
- Barbosa L, Cardoso O, Ribeiro R. Anthropometric and body composition parameters to predict body fat percentage and lipid profile in schoolchildren. *Rev Paul Pediatr*. 2012;30:520-8.
- Neovius M, Hemmingsson E, Freyschuss B, Uddén J. Bioelectrical impedance underestimates total and truncal fatness in abdominally obese women. *Obesity (Silver Spring)*. 2006;14(10):1731-8.
- Casanova Román M, Rodríguez Ruiz I, Rico de Cos S, Casanova Bellido M. Body composition analysis using bioelectrical and anthropometric parameters. *An Pediatr (Barc)*. 2004;61(1):23-31.
- Böhm A, Heitmann BL. The use of bioelectrical impedance analysis for body composition in epidemiological studies. *Eur J Clin Nutr*. 2013;67:S79-85.
- Dehghan M, Merchant AT. Is bioelectrical impedance accurate for use in large epidemiological studies? *Nutr J*. 2008;7:26.
- Rieken R, Calis EA, Tibboel D, Evenhuis HM, Penning C. Validation of skinfold measurements and bioelectrical impedance analysis in children with severe cerebral palsy: a review. *Clin Nutr*. 2010;29:217-21.
- Oeffinger DJ, Gurka MJ, Kuperminc M, Hassani S, Buhr N, Tytkowski C. Accuracy of skinfold and bioelectrical impedance assessments of body fat percentage in ambulatory individuals with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2014;56(5):475-81.
- Golec J, Kmiotek EK, Czechowska D, Szczygiel E, Mastoń A, Tomaszewski KA, et al. Analysis of body composition among children and adolescents - a cross-sectional study of the Polish population and comparison of body fat measurement methods. *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2014;27(7-8):603-9.
- Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A. International standards for anthropometric assessment. Potchefstroom, South Africa: ISAK; 2006.
- González Jiménez E. Body composition: assessment and clinical value. *Endocrinol Nutr*. 2013;60:69-75.
- Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*. 2000;320:1-6.
- Brook CGD. Determination of body composition of children from skinfold measurements. *Arch Dis Child*. 1971;46:182-4.
- Durning JVGA, Rahaman MM. The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness. *Br J Nutr*. 1967;21:981-98.

21. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. En: Brozek J, Henschel A, editores. *Techniques for measuring body composition*. Washington: National Acad Sci National Res Council; 1961.
22. Brozek J, Grande F, Anderson JT, Keys A. Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Ann N Y Acad Sci*. 1963;110:113–40.
23. Behnke A, Wilmore J. *Evaluation and regulation of body build and composition*. NJ: Englewood Cliffs; 1974.
24. Lohman JG, Slaughter MH, Boileau RA, Bunt J, Lussier L. Aplicability of body composition techniques and constants for children and youths. *Exerc. Sports. Sci Rev*. 1986;14:325–57.
25. Jaworski M, Kutaga Z, Ptudowski P, Grajda A, Gurzkowska B, Napieralska E, et al. Population-based centile curves for triceps, subscapular, and abdominal skinfold thicknesses in Polish children and adolescents—the OLAF study. *Eur J Pediatr*. 2012;171(8):1215–21.
26. González Jiménez E, Aguilar Cordero MJ, García López PA, Schmidt Río-Valle J, García García CJ. Analysis of the nutritional state and body composition of school children in Granada (Spain). *Nutr Hosp*. 2012;27(5):1496–504.
27. Sánchez-Andrés A. Genetic and environmental influences on somatotype components: family study in a Spanish population. *Hum Biol*. 1995;67:727–38.
28. Martínez MJ, Redondo MP, Alonso M. Valoración del estado nutricional del obeso: estimación de la masa grasa. *Bol Pediatr*. 2006;46:275–91.
29. González García A, Álvarez Bueno C, Lucas de la Cruz L, Sánchez López M, Solera Martínez M, Díez Fernández A, et al. Prevalence of thinness, overweight and obesity among 4-to-6-year-old spanish schoolchildren in 2013; situation in the european context. *Nutr Hosp*. 2015;32(4):1476–82.
30. Moreno LA, Pigeot I, Ahrens W. *Epidemiology of obesity in children and adolescents. Prevalence and etiology*. New York: Springer; 2011.
31. Wijnhoven TM, van Raaij JM, Spinelli A, Rito AI, Hovengen R, Kunesova M, et al. WHO European Childhood Obesity Surveillance Initiative 2008: weight, height and body mass index in 6-9-year-old children. *Pediatr Obes*. 2013;8(2):79–97.
32. Cossio-Bolaños MA, Arruda M, Moyano A, Moreno GE, Pino LM, Lancho Alonso JL. Composición corporal de jóvenes universitarios en relación con la salud. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2011;31(3):15–21.
33. Lyra C, Cunha-Lima S, Costa-Lima K, Arrais R, Campos-Pedrosa L. Prediction equations for fat and fat-free body mass in adolescents, based on body circumferences. *Annals of Human Biology*. 2012;1–6.
34. Goto R, Mascie-Taylor NCG. Precision of measurement as a component of human variation. *J Physiol Anthropol*. 2007;26:253–6.
35. Rodríguez PN, Bermúdez EF, Rodríguez GS, Spina MA, Zeni SN, Friedman SM, et al. Body composition by simple anthropometry, bioimpedance and DXA in preschool children: interrelationships among methods. *Arch Argent Pediatr*. 2008;106(2):102–9.
36. Lukaski HC, Siders WA. Validity and accuracy of regional bioelectrical impedance devices to determine whole-body fatness. *Nutrition*. 2003;19(10):851–7.
37. Erselcan T, Candan F, Saruhan S, Ayca T. Comparison of body composition analysis methods in clinical routine. *Ann Nutr Metab*. 2000;44(5-6):243–8.
38. Sun G, French CR, Martin GR, Younghusband B, Green RC, Xie YG, et al. Comparison of multifrequency bioelectrical impedance analysis with dual-energy X-ray absorptiometry for assessment of percentage body fat in a large, healthy population. *Am J Clin Nutr*. 2005;81(1):74–8.
39. Alvero Cruz JR, Álvarez Carnero E, Fernández-García JC, Barrera-Expósito J, Ordóñez FJ, Rosety-Rodríguez M. Assessment of fat mass and skeletal muscle mass by means of conventional anthropometry and bioelectrical impedance analysis. *Salud(i)Ciencia*. 2013;20:235–40.
40. Siri WE. The gross composition of the body. En: Tobias CA, Lawrence JH, editores. *Advances in biological and medical physics*. New York: Academic Press; 1956.
41. Nielsen DH, Cassady SL, Janz KE, Cook JS, Hansen JR, Wu Y. Criterion methods of body composition analysis for children and adolescents. *Am J Hum Biol*. 1993;5:211–23.
42. López Calbet JA, Armengol O, Chavarren J, Dorado C. Una ecuación antropométrica para la determinación del porcentaje de grasa corporal en varones jóvenes de la población canaria. *Med. Clin*. 1997;108:207–13.