

Concordancia entre técnicas de composición corporal en niños y adolescentes: revisión narrativa de la literatura

Agreement between body composition techniques in children and adolescents: narrative review of the literature

Andrés Hernández-Ortega¹ e Iván Armando Osuna-Padilla^{2*}

Resumen

El monitoreo de la composición corporal (CC) permite comprender los efectos de la dieta, el ejercicio físico, la presencia de procesos patológicos y el crecimiento en las reservas corporales; de ahí la importancia de su determinación con técnicas exactas y reproducibles. El objetivo de la presente revisión es analizar la concordancia entre las distintas técnicas para evaluar la CC en población infantil y adolescente. Se realizó una búsqueda no sistemática de la literatura en las bases de datos PubMed, Scielo y Google Scholar para identificar estudios cuyo objetivo primario fuera la evaluación de la concordancia entre dos o más métodos de determinación de la CC. Se incluyeron 30 estudios para la revisión. Los métodos identificados para la medición de la CC fueron la absorciometría dual de rayos X, la pletismografía de gases (BOD-POD), la hidrodensitometría, la dilución de deuterio (D₂O) y el modelo de cuatro compartimentos, utilizando bioimpedancia eléctrica y antropometría para la estimación. La concordancia y la correlación entre métodos varía según los diferentes grupos poblacionales y la técnica utilizada como método de referencia. Se concluye que existe una baja concordancia entre los distintos métodos para evaluar la composición corporal. La interpretación de la correlación y la concordancia de los diferentes métodos resulta esencial para evaluar la CC en niños y adolescentes. Se sugiere utilizar ecuaciones desarrolladas o validadas para el grupo en estudio.

Palabras clave: Composición Corporal; Evaluación Nutricional; Adolescente; Niño

Abstract

Body composition monitoring is important to understand the effect of diet, physical activity, illness and growth on body stores. Body composition determination by accuracy and reproducibility techniques is essential. The objective of this study was to analyze the agreement between body composition techniques in children and adolescents. Literature search was performed using the PubMed, Scielo and Google Scholar databases. Only observational studies realized in children and adolescents that analyze agreement between two or more body composition techniques were included. Thirty studies were included. Dual-energy X-ray absorptiometry, air displacement plethysmography, hydrodensitometry, deuterium dilution and four compartment model were the techniques for body composition measurement and bioelectrical impedance and anthropometry were used to estimate body composition. Agreement and correlation between methods was influenced by study populations and by technique considered as gold standard for comparisons. In conclusion, there is a low agreement between the different methods to assess body composition. Correlation and agreement interpretation are essential for body composition assessment in children and adolescents. It is recommended the use of equations developed and validated in this populations.

Keywords: Body Composition; Nutrition Assessment; Adolescent; Child

¹Servicios de Salud del Estado de Morelos, Infantil, Unidad de Evaluación y Diagnóstico de Obesidad, Cuernavaca, Morelos; ²Secretaría de Salud, Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias "Ismael Cosío Villegas", Centro de Investigación en Enfermedades Infecciosas, Ciudad de México. México

Correspondencia:

*Iván A. Osuna-Padilla

E-mail: ivan.osuna@cieni.org.mx

2448-5667 / © 2020 Instituto Mexicano del Seguro Social. Publicado por Permayer. Éste es un artículo *open access* bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Fecha de recepción: 09/08/2019

Fecha de aceptación: 11/02/2020 Rev Med Inst Mex Seguro Soc. 2020;58(2):181-196

DOI: 10.24875/RMIMSS.M20000016

<http://revistamedica.imss.gob.mx/>

Introducción

El crecimiento y el desarrollo del niño y del adolescente se caracterizan por una serie de cambios en la composición corporal (CC), entre los que destacan el almacenamiento y la distribución del tejido muscular, óseo y graso. El monitoreo de la CC resulta esencial para evaluar dichos cambios.¹

La pubertad está determinada por un conjunto de cambios morfológicos y fisiológicos que inician con la aparición de los caracteres sexuales secundarios. La cantidad de masa grasa (MG) ha mostrado ser un determinante de la pubertad y de la aparición de los caracteres sexuales secundarios.^{2,3} El monitoreo de las reservas corporales de grasa y músculo permite comprender la interacción de los factores dietéticos y de estilo de vida en el crecimiento y el desarrollo del infante. Dichas reservas van presentando modificaciones a lo largo del ciclo de la vida, incrementándose el porcentaje de MG (%MG) en los hombres del 13.7% al 25.4% a los 6 meses de edad y disminuyendo al 13.7% a los 10 años, mientras que en las mujeres recién nacidas el %MG se incrementa del 14.9% al 26.4% a los 6 meses y disminuye al 19.4% a los 10 años.⁴

La masa libre de grasa (MLG) está compuesta por minerales, proteínas, glucógeno y agua. Este tejido tiene variaciones durante el crecimiento, en gran parte por el proceso de osificación y por el contenido de agua corporal total, el cual aumenta con la edad y es determinado por el sexo, presentándose una mayor ganancia de MG que de MLG en las mujeres, debido al crecimiento del tejido mamario y a la deposición de MG en las caderas y los muslos, y presentándose en los hombres un aumento de la MLG y una disminución de la MG en las extremidades.^{5,6} La ganancia excesiva de MG durante la infancia determina una serie de trastornos, entre los que destacan el mantenimiento de la obesidad en la edad adulta, el crecimiento y la maduración ósea acelerados, así como una tendencia a presentar pubertad temprana, mientras que la acumulación de grasa corporal en las vísceras es un factor de riesgo para presentar resistencia a la insulina, diabetes tipo 2 y enfermedades cardiovasculares.^{4,7}

El monitoreo de la CC permite comprender los efectos de la dieta, el ejercicio físico, la presencia de procesos patológicos y el crecimiento en las reservas corporales;² de ahí la importancia de determinar la CC con métodos exactos. A lo largo del tiempo han surgido distintas técnicas cuyo objetivo es la obtención de la CC del individuo, las cuales se mencionan en el [cuadro I](#).^{8,9,10,11,12,13,14,15,16,17} Los estudios pioneros cuantificaban la CC al diseccionar

cadáveres, única técnica considerada como método directo. Posteriormente surgieron métodos que cuantificaban la CC de manera indirecta, como el pesaje bajo el agua, la tomografía computarizada, la absorciometría dual de rayos X (DEXA), la dilución isotópica con óxido de deuterio (D₂O), la resonancia magnética, la pletismografía de desplazamiento de aire (BOD-POD), y métodos doblemente indirectos, como la bioimpedancia eléctrica (BIA) y la antropometría. Los métodos indirectos y las combinaciones de estos, como el método de cuatro compartimentos (4C), que requiere la medición de la CC con BOD-POD, D₂O y DEXA, suelen utilizarse como método de referencia.^{18,19}

En los países en vías de desarrollo, la disponibilidad de las técnicas consideradas como métodos de referencia es limitada, y se utilizan métodos doblemente indirectos para la estimación, cuya selección debe basarse en la concordancia con un método de referencia. La concordancia se define como el grado en que dos o más métodos o técnicas están de acuerdo sobre el mismo fenómeno estudiado, en este caso la composición corporal.²⁰ Es importante mencionar que muchos estudios analizan la correlación entre resultados, la cual no es sinónimo de concordancia, al medir solo la intensidad de la asociación lineal entre dos técnicas, sin evaluar la presencia de diferencias sistemáticas entre ellas.⁸

El objetivo de la presente revisión es analizar la concordancia entre distintas técnicas para evaluar la composición corporal en población infantil y adolescente.

Método

Se realizó una búsqueda no sistemática de la literatura en las bases de datos PubMed, Scielo y Google Scholar para identificar estudios cuyo objetivo primario fuera la evaluación de la concordancia entre dos o más métodos de determinación de la CC. Se utilizaron las siguientes palabras clave: “*body composition AND assessment OR technique OR measurement OR methods*” AND “*adolescents OR teenage OR children*” AND “*agreement OR correlation*”. Se incluyeron los estudios realizados en niños o adolescentes que informaron sobre los resultados de concordancia entre los métodos de CC comparados con un método de referencia, expresados como coeficiente de correlación intraclase, coeficiente de Lin o diferencia de medias con límites de concordancia, o bien los resultados de correlación expresados como correlación de Pearson (*r*) o coeficiente de determinación (*R*²).

Para la interpretación de los resultados de correlación se consideró muy alta aquella con valores de 0.90 a 1.0, alta de 0.70 a 0.90, moderada de 0.5 a 0.70, baja

Cuadro I. Ventajas y desventajas de las distintas técnicas de composición corporal

Técnica	Definición	Ventaja	Desventaja
Métodos indirectos			
DEXA ^{8,9}	Se basa en la absorción variable de los rayos X por los diferentes componentes del organismo empleando fotones de rayos X de alta y baja energía, midiendo tres compartimentos: MG, MLG y contenido mineral óseo	Método seguro y no invasivo. Única técnica disponible para realizar la medición de contenido y densidad mineral ósea	Técnica de alto costo. Medición afectada por la hidratación y por movimientos durante el estudio. Baja disponibilidad. Requiere un operador capacitado para su utilización y la adquisición de un <i>software</i> específico para el análisis de CC
BOD-POD ^{10,11}	Mide el volumen corporal usando la ley de Boyle, permitiendo la medición de la cantidad de MG según los cambios de presión de aire en la cámara cerrada	Método seguro y no invasivo. Determina la densidad corporal, la cual es incorporada a una ecuación para estimar la MG, lo que la hace una técnica útil para la medición de cambios de masa grasa durante la infancia	Técnica de alto costo. Asume la hidratación como una constante para la determinación de la MLG
Peso bajo el agua ^{4,12}	Consiste en la determinación del volumen corporal bajo la premisa de que el volumen de un objeto sumergido en agua es igual al volumen de agua desplazado por él	Determina el volumen y la densidad corporal con rapidez y reproducibilidad	Técnica de costo elevado. Técnica invasiva, requiere la cooperación del paciente durante la medición para la inmersión del cuerpo en agua
D ₂ O ¹³	Mide el agua corporal total. Se emplean isótopos estables no radiactivos, como el ² H ₂ O. Requiere la recolección de fluido biológico, como sangre, orina o saliva	Método seguro y no invasivo. Permite la medición de la MLG. Técnica factible desde la edad temprana al requerir poca colaboración. Es fácil su traslado y es posible obtener resultados inmediatos	Técnica de alto costo. Los resultados se ven alterados por deshidratación o sobrehidratación
Modelo de 4C ⁵	Implica una evaluación independiente de la densidad corporal (BOD-POD), el agua corporal (D ₂ O) y los huesos (DEXA)	Permite atenuar las variaciones biológicas causadas por la MLG (principalmente masa ósea e hidratación)	Técnica de alto costo. Su uso suele reservarse para la validación de nuevos métodos de estimación de la CC
Métodos doblemente indirectos			
BIA ¹⁴	Mide la resistencia y la reactancia. La estatura, el peso corporal, la edad y el sexo suelen incluirse en los modelos matemáticos para la estimación de la CC	Método seguro y no invasivo. Técnica rápida y de bajo costo, fácilmente aplicable en diferentes entornos, que permite determinar el agua corporal y la MLG	Las variaciones en la longitud de las extremidades y del tronco pueden influir en la relación entre el agua corporal total o la MLG, por lo que se sugiere la validación del modelo matemático de estimación contra un método de referencia, además de realizar el ajuste por edad y sexo
Antropometría ^{15,16}	Se ocupa de la medición de las dimensiones físicas	Método seguro, no invasivo y de bajo costo. La medición de pliegues cutáneos permite estimar la densidad corporal y posteriormente la MG	Requiere un examinador capacitado para minimizar los errores de la técnica de evaluación. Debe utilizarse con precaución en personas con obesidad

BIA: Bioimpedancia eléctrica; BOD-POD: Pletismografía por desplazamiento de gases; 4C: Modelo de cuatro compartimentos; CC: Composición corporal; D₂O: Dilución isotópica con óxido de deuterio; DEXA: Absorciometría dual de rayos X; MG: Masa grasa; MLG: Masa libre de grasa.

de 0.30 a 0.50, y nula de 0.00 a 0.30, según lo sugerido por Mukaka.²¹ Para la interpretación de los resultados de concordancia, en ausencia de criterios para interpretar las diferencias de medias, se consideró una concordancia aceptable una diferencia de medias de ± 1 kg para MLG y MG o de $\pm 2.5\%$ para %MG, y concordancia baja cualquier diferencia de medias fuera de los límites aceptables, considerando la metodología utilizada por Snik y De Roos,²² o bien un resultado ≥ 0.90 en el coeficiente de Lin.²³

Resultados

Posterior a la revisión de títulos y resúmenes, se incluyeron 30 estudios que fueron organizados de acuerdo con los métodos comparados.

Comparaciones entre métodos indirectos

Se identificaron 10 estudios comparativos de diferentes técnicas consideradas métodos de referencia, los cuales se muestran en el [cuadro II](#). Aunque DEXA y BOD-POD son considerados métodos de referencia, diversos autores reportan diferencias significativas (análisis de diferencia de medias) al compararlos con el modelo 4C.

Vásquez, et al.²⁴ compararon BOD-POD, DEXA y D₂O frente al modelo 4C y encontraron que tanto DEXA como BOD-POD sobreestiman la grasa corporal (0.81 kg y 1.89 kg, respectivamente), mientras que la técnica D₂O tenía mejor correlación con los resultados obtenidos por 4C ($r = 0.98$). Resultados similares obtuvieron Fields, et al.,¹⁵ quienes compararon dichos métodos en 25 niños norteamericanos. En otro estudio, realizado por Ramírez, et al.²⁵ en escolares mexicanos de 9 a 14 años, se observó una baja concordancia en la medición de la MLG (-1.27 kg; intervalo de confianza del 95% [IC 95%]: -1.5 a -0.9 kg) y el %MG (3.1%; IC 95%: 2.5 a 3.8%) al comparar el método de D₂O frente al 4C.

Radley, et al.²⁶ observaron una buena correlación ($r = 0.93$; $p < 0.001$) y una concordancia aceptable entre los resultados de %MG obtenido por BOD-POD (ecuación de Siri) y DEXA en una muestra de 69 niños con obesidad. Gately, et al.²⁷ evaluaron la CC por DEXA y BOD-POD frente al modelo de 4C en niños con sobrepeso y obesidad, y observaron una concordancia aceptable entre ambos métodos.

Otros autores han reportado una baja concordancia entre las mediciones de BOD-POD y DEXA.²⁸ De manera similar, Radley, et al.²⁹ reportaron buena correlación ($r = 0.84$, $p < 0.001$), pero baja concordancia, entre

ambos métodos. Al comparar BOD-POD frente a D₂O en adolescentes sanos, Plasqui, et al.³⁰ encontraron buenas correlaciones entre ambos métodos, pero una concordancia aceptable solo con los resultados de D₂O.

En una población estadounidense de 411 niños y adolescentes, Sopher, et al.³¹ observaron una correlación y una concordancia aceptables entre DEXA y el método 4C. Ramírez, et al.³² reportaron una baja concordancia en los resultados de MG obtenidos con DEXA (-3.5% ; IC 95%: -5.1 a 1.9%) en comparación con el método 4C. En un estudio realizado en 30 niños y adolescentes sanos, Wells, et al.³³ reportaron una buena concordancia entre DEXA y D₂O, utilizando como estándar el método 4C.

Comparaciones de la bioimpedancia con métodos de referencia

Se incluyeron 10 estudios que comparaban la BIA con métodos de referencia, los cuales se presentan en el [cuadro III](#).

Es importante conocer las ecuaciones utilizadas en los equipos comerciales de BIA, ya que la concordancia de los resultados obtenidos con los distintos dispositivos varían, según lo reportado por Wang, et al.,³⁴ quienes evaluaron la correlación y la concordancia de cuatro equipos comerciales de BIA y encontraron diferencias entre ellos. Lazzer, et al.³⁵ realizaron una comparación de BIA y BOD-POD frente a DEXA en adolescentes con obesidad, y observaron una baja concordancia en el resultado de %MG entre ambos métodos.

En una población de 134 niños y adolescentes sanos, Ben Jemaa, et al.³⁶ evaluaron la CC utilizando cuatro ecuaciones de BIA (Wells, Lemman, Liu y Rush) y una desarrollada por los autores, en comparación con D₂O, y reportaron correlaciones altas, pero baja concordancia en todas las ecuaciones respecto al método de referencia. Resende, et al.³⁷ evaluaron la correlación entre BIA y D₂O en 40 adolescentes brasileños con obesidad y encontraron una correlación muy alta para MG ($r = 0.93$) y alta para MLG ($r = 0.89$); sin embargo, la concordancia fue baja.

En mujeres de 10 a 15 años, Loftin, et al.³⁸ compararon diversas ecuaciones de BIA frente a DEXA, observando correlaciones altas a muy altas en los resultados de MG y MLG, pero la concordancia con el método de referencia fue baja. Okasora, et al.³⁹ evaluaron la correlación entre BIA y DEXA en niños y adolescentes con bajo peso, peso normal, sobrepeso y obesidad, y obtuvieron una buena correlación en el resultado de MG ($r = 0.95$) y MLG ($r = 0.95$), sin reportar resultados de

Cuadro II. Validación de métodos indirectos para medir la composición corporal

Autor, país, año	Metodología	Características de la población	Resultados	Interpretación
Vásquez, et al. ²⁴ , Chile, 2012	Métodos: D ₂ O, pletismografía (BOD-POD) y DEXA (Lunar GE) Método de referencia: 4C	61 niños con obesidad de 8 y 13 años	Correlaciones de métodos con 4C para MG (D ₂ O: r = 0.98; DEXA: r = 0.97; BOD-POD: r = 0.97) Concordancia en niños: sobreestimación de MG con DEXA y BOD-POD (0.81 kg y 1.89 kg, respectivamente), subestimación con D ₂ O (-0.40 kg) Concordancia en niñas: sobreestimación de MG con DEXA y BOD-POD (0.52 kg y 1.31 kg, respectivamente), subestimación con D ₂ O (-0.46 kg)	Correlación: muy alta para los tres métodos Concordancia DXA: aceptable Concordancia D ₂ O: aceptable Concordancia BOD-POD: baja
Ramírez, et al. ²⁵ México, 2009	Método: D ₂ O (Fomon y Lohman) Método de referencia: 4C	60 niños sanos de 6 a 14 años de edad	Concordancia entre métodos: diferencia de medias de MLG -1.27 kg; IC 95%: -1.5 a -0.9 kg; y %MG 3.1%; IC 95%: 2.5 a 3.8%	Concordancia: baja
Gately, et al. ²⁷ Reino Unido, 2003	Métodos: DEXA (Lunar GE) y BOD-POD (Siri y Lohman) Método de referencia: 4C	30 niños con sobrepeso y obesidad de 11 a 17 años	Correlación entre métodos: %MG DXA R ² : 0.94, BOD-POD Siri R ² : 0.96, BOD-POD Lohman R ² : 0.95 Concordancia entre métodos: sobreestimación de %MG con DEXA (1.9 ± 3.4) y BOD-POD Siri (1.8 ± 3.5); mejor concordancia con BOD-POD Lohman (-0.04 ± 3.6)	Correlación: muy alta para los dos métodos Concordancia DXA: aceptable Concordancia BOD-POD: aceptable
Ramírez, et al. ³² , México, 2010	Método: DEXA (Lunar GE) Método de referencia: 4C	32 púberes de 9 a 14 años	Concordancia de métodos: subestimación de %MG (-3.5; IC 95%: -1.9 a -5.1) y MG en kg (-1.7, IC 95%: -1.0 a -2.5) con DEXA	Concordancia DXA: baja
Wells, et al. ³³ Reino Unido, 1999	Métodos: hidrodensitometría (Lohman, Westrate y Deurenberg), D ₂ O, DEXA (Hologic Inc) Método de referencia: 4C	30 niños y adolescentes sanos de 8 a 12 años	Concordancia entre métodos: hidrodensitometría sobreestimó MLG (2.5% ± 6.8 Westrate y Deurenberg; 1.46% ± 6.3 Lohman) y subestimó MG (-2.0% ± 5.6 Westrate y Deurenberg; -1.15% ± 5.2 Lohman); DEXA (-0.7 ± 8.2% MLG, 0.2 ± 6.5 % MG); D ₂ O (-0.9 ± 6.1% MLG, 0.6 ± 4.9 %MG) no mostraron diferencias significativas	Concordancia hidrodensitometría: aceptable para %MG Concordancia DXA: aceptable Concordancia D ₂ O: aceptable
Sopher, et al. ³¹ EUA, 2004	Método: DEXA (Lunar GE) Método de referencia: 4C	411 niños y adolescentes sanos de 6 a 18 años	Correlación entre métodos: R ² 0.85 Concordancia de métodos: diferencia en media de MG% entre ambos métodos (DEXA 22.73 ± 11.23 vs. 4C 21.72 ± 9.42; p < 0.0001)	Correlación: alta Concordancia: aceptable

(Continúa)

Cuadro II. Validación de métodos indirectos para medir la composición corporal (*Continuación*)

Autor, país, año	Metodología	Características de la población	Resultados	Interpretación
Plasqui, <i>et al.</i> ³⁰ , 2009	Método: BOD-POD (Siri) y D ₂ O Método de referencia: 3C (BOD-POD + D ₂ O)	37 adolescentes sanos de 10 a 13 años	Correlación entre métodos: %MG entre D ₂ O y BOD-POD $r = 0.91$, $p < 0.001$ Concordancia entre métodos: subestimación de MG% $3.2 \pm 2.0\%$ por BOD-POD; sobreestimación por D ₂ O $1.8 \pm 1.4\%$	Correlación: alta Concordancia BOD-POD: baja Concordancia D ₂ O: aceptable
Radley, <i>et al.</i> ²⁶ Reino Unido, 2005	Método: BOD-POD (Siri y Lohman) Método de referencia: DEXA (Lunar GE)	69 niños con obesidad de 14.02 ± 1.65 años	Correlaciones entre métodos: %MG $r = 0.93$ ecuación SIRI, $r = 0.92$ ecuación Lohman Concordancia de métodos: diferencia en medias %MG obtenidas por BOD-POD (Siri $39.62 \pm 9.95\%$ y Lohman $37.71 \pm 10.08\%$) vs. DEXA (42.5 ± 8.41 , $p < 0.001$)	Correlación: muy alta Concordancia: baja para ambas ecuaciones
Radley, <i>et al.</i> ²⁹ Reino Unido, 2003	Método: BOD-POD (Siri y Lohman) Método de referencia: DEXA (Lunar GE)	28 adolescentes sanos de 14.94 ± 0.54 años	Correlaciones entre métodos: %MG $r = 0.84$ Concordancia de métodos: diferencia en medias %MG Lohman -2.26 ± 7.54 y SIRI -0.43 ± 7.12 vs. DEXA	Correlación: alta Concordancia: aceptable para ambas ecuaciones
Lockner, <i>et al.</i> ²⁸ , EUA, 2000	Métodos: BOD-POD (Siri) y DEXA (Lunar GE) Método de referencia: hidrodensitometría	54 adolescentes de 10 a 18 años sanos	Correlaciones entre métodos: %MG de DEXA con hidrodensitometría $r = 0.89$ Concordancia de métodos: diferencia en media de densidad corporal entre hidrodensitometría y BOD-POD ($p < 0.0005$). Diferencia de medias de %MG de BOD-POD 23.12 ± 8.39 , pero no de DEXA 25.23 ± 9.73 , respecto a la hidrodensitometría (25.96 ± 8.65)	Correlación: alta Concordancia BOD-POD: baja Concordancia DEXA: aceptable

BOD-POD: Pletismografía por desplazamiento de gases; 4C: Modelo de cuatro compartimentos; D₂O: Dilución isotópica con óxido de deuterio; DEXA: Absorciometría dual de rayos X; IC 95%: Intervalo de confianza del 95%; MG: Masa grasa; MLG: Masa libre de grasa; r: Coeficiente de correlación; R²: Coeficiente de determinación.

concordancia. En estudios con metodologías similares, otros autores han hallado correlaciones aceptables entre BIA y DEXA; así lo evidencian los estudios de Tyrrell, *et al.*⁴⁰ en niños sanos de 5 a 10 años (MG: $r = 0.98$; MLG: $r = 0.98$) y de Lim, *et al.*⁴¹ en una muestra de 166 niños y adolescentes sanos, utilizando un equipo de BIA multifrecuencia (MG: $r = 0.98$; MLG: $r = 0.99$); la concordancia en ambos estudios es aceptable.

Al comparar BIA tetrapolar y octapolar frente a DEXA en 333 niños y adolescentes sanos, Kriemler, *et al.*⁴² reportaron una baja concordancia entre ambos modelos.

Lazzer, *et al.*⁴³ compararon dos equipos de BIA frente a DEXA en 53 adolescentes con sobrepeso y obesidad, y reportaron buena concordancia solo en los resultados de uno de los modelos estudiados.

Comparaciones de la antropometría con métodos de referencia

Se incluyeron 10 estudios comparativos de antropometría contra técnicas de referencia, los cuales se muestran en el **cuadro IV**.

Cuadro III. Validación de la bioimpedancia eléctrica con métodos de referencia

Autor, país, año	Metodología	Características de la población	Resultados	Interpretación
Wang, et al. ³⁴ China, 2015	Equipo y ecuación: cuatro modelos de BIA: Modelo 1 (Byodimamic-310, Biodynamics Corp, USA) Modelo 2 (Tanita TBF-543, Tanita Corp, Tokio, Japón) Modelo 3 (Tanita BC-545, Tanita Corp, Tokio, Japón) Modelo 4 (InBody 520, Biospace, Korea) Ecuaciones de cada fabricante Método de referencia: DEXA (Lunar GE)	255 niños y adolescentes sanos de 9 a 19 años	Concordancia entre métodos: %MG en hombres y mujeres, coeficiente de Lin modelo 1 (0.766 y 0.747), modelo 2 (0.750 y 0.863), modelo 3 (0.855 y 0.881) y modelo 4 (0.926 y 0.912) MLG modelo 1 (0.953 y 0.909), modelo 2 (0.953 y 0.897), modelo 3 (0.951 y 0.910) y modelo 4 (0.979 y 0.957) Concordancia entre métodos: %MG en hombres modelo 1, 0.58, IC 95%: -0.96 a 12.12%; modelo 2, 1.15, IC 95%: -10.51 a 12.81%; modelo 3, -1.67, IC 95%: 11.08 a 7.74%; y modelo 4, -0.37, IC 95%: -7.25 a 6.51%. En mujeres: modelo 1, -0.48%, IC 95%: -10.04 a 9.08; modelo 2, -2.63%, IC 95%: -8.96 a 3.70; modelo 3, -2.05%, IC 95%: -8.34 a 4.24%; y modelo 4, -1.47%, IC 95%: -7.33 a 4.39	Concordancia coeficiente de Lin: %MG aceptable solo modelo 4 MLG aceptable todos los modelos Concordancia diferencia de medias: %MG Modelo 1: aceptable Modelo 2: aceptable solo en hombres Modelo 3: aceptable Modelo 4: aceptable
Lazzer, et al. ³⁵ Italia, 2008	Equipo y ecuación: BIA multifrecuencia (Human IMPlus II; DS Medica, Milan, Italy). Ecuación de fabricante desconocida Método de referencia: DEXA (Lunar GE)	58 adolescentes de 10 a 17 años con obesidad	Concordancia entre métodos: diferencia de medias entre ambos métodos, BIA 42.37 ± 5.93 vs. 48.21 ± 6.32; p = 0.001	Concordancia: baja
Lofthin, et al. ³⁸ EUA, 2007	Equipo y ecuación: BIA monofrecuencia (R-JL systems, Quantum II). Ecuaciones de Bray, Durenberg, Goran y Schaefer Método de referencia: DEXA (Lunar GE)	166 adolescentes sanos de 10 a 15 años	Correlación entre métodos: %MG Bray R ² = 0.84, Deurenberg R ² = 0.84, Goran R ² = 0.80 y Schaefer R ² = 0.86 MLG Bray R ² = 0.90, Deurenberg R ² = 0.92, Goran R ² = 0.90 y Schaefer R ² = 0.88 Concordancia entre métodos: diferencia en %MG Bray 3.9%, IC 95%: -5.0 a 12.8; Deurenberg 6.2%, IC 95%: -3.8 a 16.2; Goran 2.8%, IC 95%: -6.5 a 12.1; Schaefer 5.9%, IC 95%: -2.2 a 14	Correlación de ecuaciones: alta a muy alta Concordancia: baja para todas las ecuaciones

(Continúa)

Cuadro III. Validación de la bioimpedancia eléctrica con métodos de referencia (Continuación)

Autor, país, año	Metodología	Características de la población	Resultados	Interpretación
Okasora, et al. ³⁹ , Japón, 1999	Equipo y ecuación: BIA monofrecuencia (SekisuiCo. Ltd, Minato-ku, Tokyo, Japan). Ecuación de densidad corporal de Nakadomo, grasa corporal con Brozek Método de referencia: DEXA (Lunar GE)	104 niños y adolescentes con bajo peso, peso normal, sobrepeso y obesidad, de 6 a 19 años	Correlación entre métodos: MG en kg $R^2 = 0.95$, MLG $R^2 = 0.95$ y %MG $R^2 = 0.90$	Correlación: muy alta Concordancia: no evaluada
Tyrrell, et al. ⁴⁰ Nueva Zelanda, 2001	Equipo y ecuación: BIA TANITA modelo sin especificar. Ecuación derivada por autores Método de referencia: DEXA (Lunar GE)	82 niños sanos de 5 a 10 años	Correlación entre métodos: MG en kg $r = 0.98$; MLG $r = 0.98$ y %MG $r = 0.94$ Concordancia entre métodos: diferencia de medias MLG -0.75 kg, IC 95%: -2.89 a 1.38 kg; MG 1.02 kg, IC 95%: -1.66 a 3.71 kg; %MG 2.53% , IC 95%: -4.29 a 9.36%	Correlación: muy alta Concordancia: aceptable solo para MLG
Lim, et al. Corea, 2009	Equipo y ecuación: BIA multifrecuencia (InBody 720, Biospace) Ecuación diseñada en pacientes asiáticos Método de referencia: DEXA (Lunar GE)	166 niños y adolescentes sanos de 6 a 18 años	Correlación entre métodos: MG en kg $r = 0.981$; MLG $r = 0.995$; %MG $r = 0.926$ Concordancia entre métodos: MLG -0.69 ± 2.27 kg; MG 0.85 ± 2.82 kg; %MG $2.25 \pm 6.06\%$	Correlación: muy alta Concordancia: aceptable
Kriemler, et al. ⁴² , Suiza, 2009	Equipo y ecuación: BIA tetrapolar (RJL Systems 101A, USA) y octapolar (InBody 3.0, BioSpace, Korea) Ecuaciones de fabricantes Método de referencia: DEXA (Hologic QDR-4500)	333 niños y adolescentes sanos de 6 a 13 años	Concordancia entre métodos: límites de concordancia de MLG octapolar -1.8 a 1.8 y tetrapolar -2.24 a 2.24	Concordancia: baja para ambos modelos
Lazzer, et al. ⁴³ , Francia, 2003	Equipo y ecuación: BIA tres modelos. Modelo 1 (Tanita BF625, Tanita Corp, USA). Modelo 2 (Téfal, Téfal Bodymaster Vision, Francia). Modelo 3 (RJL 101, RJL System, Detroit, USA). Ecuaciones desarrolladas por fabricantes Método de referencia: DEXA (Hologic QDR-4500)	53 adolescentes con sobrepeso y obesidad de 13 a 16 años	Concordancia entre métodos: Modelo 1: MG -1.7 kg, IC 95%: -7.7 a 4.3 ; %MG -2.5 , IC 95%: -10.6 a 5.7 Modelo 2: MG -0.7 kg, IC 95%: -11.9 a 10.6 ; %MG -1.8 , IC 95%: -16.7 a 13.1 Modelo 3: MG -2.3 kg, IC 95%: -6.7 a 2.1 ; %MG -2.9 , IC 95%: -8.4 a 2.5	Concordancia: baja para modelos 1 y 3, aceptable para modelo 2

(Continúa)

Cuadro III. Validación de la bioimpedancia eléctrica con métodos de referencia (Continuación)

Autor, país, año	Metodología	Características de la población	Resultados	Interpretación
Ben Jemaa, et al. ³⁶ Túnez, 2019	Equipo y ecuación: BIA multifrecuencia (TANITA TBF-401 [®] , Tokio, Japón) Ecuaciones para MLG de Liu, Rush y propia del fabricante Método de referencia: D ₂ O	134 niños y adolescentes sanos de 8 a 11 años	Correlación entre métodos: MLG Liu hombres $r = 0.83$, mujeres $r = 0.86$. Rush hombres $r = 0.77$, mujeres $r = 0.98$ Concordancia entre métodos: MLG ecuaciones del fabricante -2.19 kg, IC 95%: -2.557 a -1.824 kg Ecuación de Liu hombres 3.64 kg, IC 95% -0.77 a 8.05 kg; mujeres 1.57 kg, IC 95%: -2.76 a 5.9 kg Ecuación de Rush hombres -5.54 kg, IC 95%: -13.58 a 2.5 kg; mujeres -5.58 kg, IC 95%: -14.7 a 3.59 kg	Correlación: alta para ecuaciones de Liu y Rush Concordancia: baja para todas las ecuaciones
Resende, et al. ³⁷ Brasil, 2011	Equipo y ecuación: BIA multifrecuencia (Bodystat 1500, Douglas, British Isles) Ecuación del fabricante Método de referencia: D ₂ O	40 adolescentes de 10 a 19 años con obesidad	Correlación entre métodos: MG $r = 0.93$ y MLG $r = 0.89$ Concordancia entre métodos: MLG 49.04 ± 9.64 con BIA vs. 41.37 ± 8.77 , $p < 0.001$; MG 28.06 ± 9.04 con BIA vs. 35.62 ± 11.15 , $p < 0.001$	Correlación: muy alta para MG y alta para MLG Concordancia: baja

BIA: Bioimpedancia eléctrica; BOD-POD: Pletismografía por desplazamiento de gases; 4C: Modelo de cuatro compartimentos; D₂O: Dilución isotópica con óxido de deuterio; DEXA: Absorciometría dual de rayos X; IC 95%: Intervalo de confianza del 95%; MG: Masa grasa; MLG: Masa libre de grasa; r: Coeficiente de correlación; R²: Coeficiente de determinación.

Cuadro IV. Validación de la antropometría con métodos de referencia

Autor, país, año	Metodología	Características de la población	Resultados	Interpretación
Wong, <i>et al.</i> ⁵² EUA, 2000	Equipo y ecuación: Caliper Lange Ecuaciones: Durnin y Wormersley, Brook, Durnin y Rahaman, Slaughter, Jackson, Sloan, Wilmore y Behnke, Katch y McArdle Método de referencia: 4C	112 niñas (72 caucásicas y 40 afroamericanas) sanas de 9 a 17 años	Concordancia entre métodos: %MG en caucásicas y afroamericanas Durnin y Wormersley: 2.8%, IC 95%: -5 a 10.7%; 3.8%, IC 95%: -4.3 a 11.8% Brook: 2.6%, IC 95%: -6.8 a 12.0%; 4.6%, IC 95%: -5.2 a 14.4% Durnin y Rahaman: 4.4%, IC 95%: -2.8 a 11.5%; 5.8%, IC 95%: -1.6 a 13.3% Slaughter: 0.1%, IC 95%: -10.1 a 10.3; 2.1%, IC 95%: -6.7 a 11% Jackson: -7.1%, IC 95%: -16 a 1.8%; -4.6%, IC 95%: -12.6 a 3.4% Sloan: -2.9%, IC 95%: -10.6 a 4.8%; -1.7, IC 95%: -9.1 a 5.7% Wilmore y Behnke: 0.5%, IC 95%: -5.9 a 6.9%; 1.6%, IC 95%: -4.6 a 7.8% Katch y McArdle: -9.7%, IC 95%: -18.7 a -0.7%; -7.8%, IC 95%: -17.6 a 1.9%	Concordancia: aceptable Slaughter y Wilmore y Behnke en ambos grupos étnicos Acceptable Sloan en afroamericanas
Urrejola, <i>et al.</i> ⁴⁴ , Chile 2011	Equipo y ecuación: Caliper Lange Ecuaciones de Slaughter, Westrate - Deurenberg Método de referencia: DEXA (Lunar GE)	128 niños sanos entre 2 y 18 años	Concordancia entre métodos: diferencia de medias de %MG Slaughter 4.47 ± 1.04% en hombres y 6.33 ± 1.23% en mujeres; Westrate-Deurenberg 2.86 ± 1.24% en hombres y 6.62 ± 1.38% en mujeres	Concordancia: baja para ambas ecuaciones
Noradiah, <i>et al.</i> ⁴⁵ Malasia, 2016	Equipo y ecuación: Caliper Harpenden Ecuaciones de Bray, Johnston/Lohman, Slaughter y Goran. Método de referencia: DEXA (Hologic QDR)	160 niños y adolescentes sanos de 7 a 11 años	Concordancia entre métodos: diferencia de medias %MG Bray -6.4%, IC 95%: -12.6 a -0.2; Johnston -14.6%, IC 95%: -20.0 a -9.1; Slaughter -9.5%, IC 95%: -15.7 a -3.2; Goran -9.5%, IC 95%: -16.9 a -2.0	Concordancia: baja para todas las ecuaciones
Wohlfahrt, <i>et al.</i> ⁴⁶ , Dinamarca, 2014	Equipo y ecuación: Caliper Harpenden Ecuación de Slaughter Método de referencia: DEXA (Lunar GE)	2647 niños y adolescentes daneses sanos de 0 a 15 años	Correlación entre métodos: %MG r = 0.86 Concordancia entre métodos: diferencia de medias %MG 2.8%, IC 95%: 1.0 a 4.6%	Correlación: alta Concordancia: baja

(Continúa)

Cuadro IV. Validación de la antropometría con métodos de referencia (Continuación)

Autor, país, año	Metodología	Características de la población	Resultados	Interpretación
Ortiz- Hernández, et al. ⁴⁸ Slaughter, México, 2017	Equipo y ecuación: Calliper Harpenden Ecuaciones de Slaughter y Deurenberg; Huang y Stevens; y tres fórmulas desarrolladas por los autores Método de referencia: DEXA (Hologic Discovery Wi)	398 niños y adolescentes sanos de 7-19 años	Correlación entre métodos hombres y mujeres: Ecuación 1 $R^2 = 0.91$, 0.79; ecuación 2 solo hombres $R^2 = 0.90$; ecuación 3 solo hombres $R^2 = 0.91$; Deurenberg $R^2 = 0.80$, 0.67; Stevens hombres $R^2 = 0.84$; Slaughter $R^2 = 0.78$, $R^2 = 0.63$; Dezenberg $R^2 = 0.68$, $R^2 = 0.63$; Huang $R^2 = 0.62$, $R^2 = 0.63$ Concordancia entre métodos: Error estándar en %MG en hombres ecuación 1 de 2.59%, ecuación 2 de 2.72%, ecuación 3 de 2.6%, Slaughter 4.17%, Deurenberg 4.05%, Dezenberg 4.77%, Huang 4.97% y Stevens de 3.63%. En mujeres, ecuación 1 de 3.52%, Slaughter 4.6%, Deurenberg 4.25%, Dezenberg 4.65% y Huang 4.96%	Correlación: muy alta solo ecuaciones propuestas por autores; alta para ecuaciones de Deurenberg y Stevens en hombres; moderadas para el resto de las ecuaciones Concordancia: en hombres aceptable solo ecuaciones generadas por los autores; baja concordancia de todas las ecuaciones en mujeres
Elberg, et al. ⁴⁹ EUA, 2004	Equipo y ecuación: Calliper Lange Ecuación de Dezenberg Método de referencia: DEXA (Hologic ODR/4500A)	86 afroamericanos con peso normal y sobrepeso de 11 ± 2.4 años	Correlación entre métodos: %MG $R^2 = 0.38$, $p < 0.001$ Concordancia entre métodos: diferencia de medias %MG $-2.84 \pm 13\%$	Correlación: baja Concordancia: baja
González- Ruíz, et al. ⁵⁰ Colombia, 2018	Equipo y ecuación: Calliper Holtain Ecuación de Slaughter Método de referencia: DEXA (Hologic Horizon)	127 niños y adolescentes con sobrepeso y obesidad de 11 a 17 años	Correlación entre métodos: %MG en hombres $r = 0.53$, mujeres $r = 0.71$ Concordancia entre métodos: diferencia de medias %MG niños 9%, IC 95%: 3.2 a 21.3%; niñas 11.1%, IC 95%: 3.9 a 18.3%	Correlación: baja en hombres, alta en mujeres Concordancia: baja
Eisenmann, et al. ⁵¹ EUA, 2004	Equipo y ecuación: Calliper Lange Ecuaciones: Slaughter 1 y 2, Deurenberg y Dezenberg Método de referencia: DEXA (Lunar DPX-L)	75 niños de 3 a 8 años de edad	Correlación entre métodos: %MG Slaughter ² $r = 0.82$; correlación alta para otras ecuaciones Concordancia entre métodos: diferencia de medias %MG Slaughter 1 = 1.4%, IC 95%: 0.4-2.5%; Slaughter 2 = 2.2%, IC 95%: 1.2-3.2%; Dezenberg = 1.6% IC95% 0.2-3.1% y Deurenberg = 0.9%, IC 95%: $-0.1-1.9\%$	Correlación: alta Concordancia: aceptable

(Continúa)

Cuadro IV. Validación de la antropometría con métodos de referencia (Continuación)

Autor, país, año	Metodología	Características de la población	Resultados	Interpretación
Rodríguez, <i>et al.</i> ⁵³ España, 2005	Equipo y ecuación: Caliper Holtain Ecuaciones: Durnin y Rahaman, Durnin y Wormersley, Brook, Johnston, Deurenberg, Sarría, Sloan, Wilmore, Behnke para obtener densidad corporal y posteriormente Siri, Lohman, Westrate Deurenberg para obtener %MG. Slaughter (triceps con pliegue subescapular y tríceps y pantorrilla), Lean y Bray. Método de referencia: DEXA (Lunar DPX-L)	238 adolescentes sanos de 13 a 17 años	Correlación entre métodos: en mujeres y hombres Durnin y Rahaman $r = 0.50$, $r = 0.53$; Durnin y Wormersley $r = 0.54$, $r = 0.59$; Brook $r = 0.13$, $r = 0.58$; Johnston $r = 0.63$, $r = 0.70$; Deurenberg $r = 0.44$, $r = 0.74$; Sarría hombres $r = 0.61$; Sloan mujeres $r = 0.56$; Wilmore y Behnke mujeres $r = 0.67$; Slaughter $r = 0.01$, $r = 0.02$; Lean $r = 0.40$, $r = 0.25$; Bray $r = 0.27$, $r = 0.65$ Concordancia entre métodos: diferencia medias %MG en mujeres y hombres Durnin y Rahaman 0%, -1.34%; Durnin y Wormersley 2.97%, 0.64%; Brook 5.43%, -4.05%; Johnston 7.81%, 4.79%; Deurenberg 9.07%, 6.5%; Sarría en hombres 5.5%; Sloan en mujeres 12.2%; Wilmore y Behnke en mujeres 6.58%; Slaughter 1.64%, -2.35%; Lean 4.14%, 4.7%; Bray 1.38%, 4.64%	Correlación: baja a moderada para todas las ecuaciones en mujeres, alta para Johnston y Deurenberg en hombres Concordancia: aceptable Durnin y Rahaman, Slaughter y Bray en mujeres; Durnin y Rahaman, Durnin y Wormersley y Slaughter en hombres
Ramírez, <i>et al.</i> ⁴⁷ México, 2012	Equipo y ecuación: Caliper Holtain Ecuación desarrollada por los autores Método de referencia: D ₂ O	336 niños (143 indígenas y 193 no indígenas) de 6 a 14 años	Correlación entre métodos: MG R ² = 0.91 Concordancia entre métodos: diferencia de medias MG 0.047 kg, IC 95%: -0.197 a 0.290	Correlación: muy alta Concordancia: aceptable

4C: Modelo de cuatro compartimentos; D₂O: Dilución isotópica con óxido de deuterio; DEXA: Absorciometría dual de rayos X; IC 95%: Intervalo de confianza del 95%; MG: Masa grasa; r: Coeficiente de correlación; R²: Coeficiente de determinación.

Urrejola, et al.⁴⁴ compararon dos ecuaciones que incluyen pliegues cutáneos (Slaughter, Westrate y Deurenberg) frente a DEXA en 128 niños y adolescentes sanos, y observaron que todas las ecuaciones tuvieron una baja concordancia con DEXA ($5.49 \pm 0.82\%$ Slaughter y $4.92 \pm 0.98\%$ para Westrate y Deurenberg). De manera similar, Noradilah, et al.⁴⁵ evaluaron cuatro ecuaciones de antropometría (Bray, Johnston/Lohman, Slaughter y Goran) frente a DEXA, y observaron una baja concordancia con todos los modelos matemáticos. Wohlfahrt-Veje, et al.⁴⁶ compararon la ecuación de Slaughter frente a DEXA en 2647 niños y adolescentes de 0 a 15 años, y hallaron que el %MG presentó una correlación alta con lo obtenido con DEXA ($r = 0.86$), pero la concordancia fue baja.

En una población de niños mexicanos, Ramírez, et al.⁴⁷ desarrollaron una ecuación para estimar la CC, considerando el pliegue cutáneo tricipital y el peso corporal, utilizando D₂O como método de referencia, y encontraron una buena concordancia en los resultados de MG (diferencia de medias de 0.047 kg; IC95%: -0.197 a 0.290 kg). En otro estudio realizado en niños y adolescentes mexicanos, Ortiz-Hernández, et al.⁴⁸ desarrollaron ecuaciones para la estimación de la composición corporal utilizando DEXA como método de referencia, y observaron una concordancia aceptable en todos los modelos generados en ambos sexos.

En una muestra de 86 niños afroamericanos con peso normal y con sobrepeso, Elberg, et al.⁴⁹ evaluaron la ecuación de Dezenberg frente a DEXA y reportaron una baja concordancia en el resultado de %MG ($-2.84 \pm 13.0\%$). En niños y adolescentes con sobrepeso y con obesidad, González-Ruiz, et al.⁵⁰ reportaron bajas correlación y concordancia al comparar la ecuación de Slaughter frente a DEXA. En población de 3 a 8 años, Eisenmann, et al.⁵¹ reportaron correlación alta a muy alta y concordancia aceptable al comparar varias ecuaciones antropométricas frente a DEXA.

Wong, et al.⁵² compararon ocho ecuaciones antropométricas frente a DEXA en una muestra de 112 niñas caucásicas y afroamericanas, y observaron una concordancia aceptable en el resultado de las ecuaciones de Slaughter y Wilmore y Behnke en ambos grupos étnicos, y una concordancia aceptable con la ecuación de Sloan en las niñas afroamericanas. Resultados similares obtuvieron Rodríguez, et al.,⁵³ quienes evaluaron una muestra de 238 adolescentes.

Discusión

Los hallazgos de la presente revisión muestran una correlación y una concordancia variables entre las distintas técnicas de determinación de la CC estudiadas, con contradicciones en los resultados de los estudios debido a que se utilizan distintas técnicas indirectas como método de referencia para evaluar la concordancia.

En la actualidad, la medición exacta de la CC ha tomado mayor interés clínico y epidemiológico. Algunos de los estudios incluidos en esta revisión reportan una correlación alta a muy alta. Si bien los coeficientes de correlación reportados para las distintas técnicas incluidas presentan correlaciones aceptables, la toma de decisión debe basarse en la concordancia y no en la correlación entre técnicas.^{54,55} Por tal motivo, la aplicación de métodos estadísticos adecuados resulta esencial en términos de selección de técnicas. La utilización de DEXA, BIA, antropometría y BOD-POD es frecuente en los estudios, mientras que el uso del modelo 4C, hidrodensitometría y D₂O suele ser limitado en las investigaciones clínicas y se utiliza para la validación de nuevos equipos y técnicas para determinar la CC.

En los estudios comparativos entre métodos indirectos se observa una buena concordancia entre el resultado de DEXA y D₂O utilizando el método de 3C y 4C como referencia. La concordancia de la técnica BOD-POD ha mostrado ser baja en la mayoría de los estudios, independientemente del método de referencia utilizado. Considerando los resultados de los estudios incluidos, el uso de DEXA ha mostrado una mejor concordancia. En caso de utilizarse, es importante hacerlo siempre con el mismo equipo, ya que cada fabricante utiliza sus propios algoritmos para la estimación de la CC, por lo que pueden existir diferencias entre las marcas comerciales.⁵⁶ En caso de utilizarse BOD-POD, se sugiere utilizar la ecuación de Siri para la estimación de la GC.

Una de las técnicas más utilizadas por los profesionales, por su bajo costo y fácil aplicación, es la BIA. En los estudios analizados en esta revisión, la BIA tiene una baja concordancia con los resultados obtenidos por DEXA y D₂O, con independencia del modelo comercial utilizado, al subestimar la MG en gran parte de las investigaciones. Una posible explicación de estos resultados son las variaciones de la MLG por el proceso de osificación y del contenido de agua corporal total que ocurren durante la infancia y la adolescencia. En caso de utilizarse, es importante asegurarse previamente de que la ecuación utilizada por el equipo

está validada en ese grupo de edad y étnico, o bien utilizar ecuaciones desarrolladas y validadas para el grupo en estudio.

La antropometría es otra de las técnicas más utilizadas en la clínica por su practicidad y costo. En los estudios que evalúan su concordancia con métodos de referencia, solo uno utiliza el método 4C y encuentra una buena concordancia con la ecuación de Slaughter.⁵² El resto de los estudios utilizan como método de referencia DEXA y observan una baja concordancia con la mayoría de las ecuaciones antropométricas; dos de ellos reportan una concordancia aceptable con las ecuaciones de Slaughter tanto en hombres como en mujeres.^{51,53} La baja concordancia puede explicarse por las diferencias antropométricas y demográficas entre las poblaciones clínicas y las poblaciones para las que fueron desarrollados los modelos matemáticos; debido a ello se sugiere desarrollar y validar modelos predictivos específicos para el grupo poblacional en cuestión, tal como señalan Ortiz Hernández, et al.⁴⁸ y Ramírez, et al.,⁴⁷ además de realizar las mediciones antropométricas siguiendo protocolos estandarizados para así asegurar su reproducibilidad,⁵ utilizando la ecuación de Slaughter considerando los resultados de los estudios revisados.

Una de las principales dificultades en la medición de la CC en niños y adolescentes es el crecimiento y la madurez sexual, por lo que la validez de los métodos no debería generalizarse para niños y adolescentes, ya que los cambios en los tejidos corporales pueden modificar la exactitud a lo largo de la vida.⁴

El presente trabajo, al tratarse de una revisión narrativa de la literatura, está sujeto a sesgos debido al número limitado de estudios incluidos y al uso de distintos métodos de referencia para evaluar la concordancia, por lo que los resultados que se presentan en esta revisión pueden no ser totalmente representativos de cada uno de los métodos estudiados. Por ello, se hace una invitación a profundizar en la concordancia y la validez de las técnicas de evaluación de la CC de mayor disponibilidad, y a realizar análisis para conocer la concordancia de cada método mediante revisiones sistemáticas y metaanálisis.

Conclusiones

Existen diferencias en la concordancia entre distintas técnicas para medir la CC en niños y adolescentes. Los resultados de los estudios incluidos en la presente revisión muestran que los métodos

indirectos DEXA y D₂O presentan una correlación alta y una concordancia aceptable al compararlos con el método 4C. El método BOD-POD presenta una baja concordancia con los métodos de referencia, pero a pesar de ello suele utilizarse como tal. El uso de métodos doblemente indirectos, como la BIA y la antropometría, es más común en la investigación clínica debido a su disponibilidad y costo. La BIA ha demostrado tener una baja concordancia tanto con DEXA como con D₂O, independientemente del equipo utilizado. La antropometría presenta una baja concordancia con DEXA y el método 4C como métodos de referencia, documentándose que la ecuación Slaughter tiene una concordancia aceptable. En caso de emplear técnicas doblemente indirectas, es importante asegurarse antes de que la ecuación utilizada por el equipo está validada para el grupo de edad y étnico en que se utilice, o bien usar ecuaciones desarrolladas y validadas para el grupo en estudio.

Conflicto de intereses

Los autores han completado y enviado la forma traducida al español de la declaración de conflicto potencial de intereses del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, y no fue reportado ninguno que tuviera relación con este artículo.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Referencias

1. Curilem Gatica C, Almagià Flores A, Rodríguez Rodríguez F, et al. Evaluación de la composición corporal en niños y adolescentes: directrices y recomendaciones. *Nutr Hosp*. 2016;33(3):734-8. doi: 10.20960/nh.285
2. 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. doi: 10.1038/ejcn.2015.86
3. Wells JCK, Fewtrell MS. Measuring body composition. *Arch Dis Child*. 2006;91(7):612-7. doi: 10.1136/adc.2005.085522

4. Weber DR, Leonard MB, Zemel BS. Body composition analysis in the pediatric population. *Pediatr Endocrinol Rev.* 2012;10(1):130-9.
5. Fosbøl MØ, Zerahn B. Contemporary methods of body composition measurement. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2015;35(2):81-97. doi: 10.1111/cpf.12152
6. González Jiménez E. Composición corporal: estudio y utilidad clínica. *Endocrinol Nutr.* 2013;60(2):69-75. doi: 10.1016/j.endonu.2012.04.003
7. Maffei C, Morandi A. Body composition and insulin resistance in children. *Eur J Clin Nutr.* 2018;72(9):1239-45. doi: 10.1038/s41430-018-0239-2
8. Cortés-Reyes E, Rubio-Romero JA, Gaitán-Duarte H. Métodos estadísticos de evaluación de la concordancia y la reproducibilidad de pruebas diagnósticas. *Revista Colombiana de Obstetricia y Ginecología.* 2010;61:247-55.
9. Lorente-Ramos RM, Azpeitia-Armán J, Arévalo-Galeano N, Muñoz-Hernández A, García-Gómez JM, Gredilla-Moliner J. Absorciometría con rayos X de doble energía. Fundamentos, metodología y aplicaciones clínicas. *Radiología.* 2012;54(5):410-23. doi: 10.1016/j.rx.2011.09.023
10. Shepherd JA, Ng BK, Sommer MJ, Heymsfield SB. Body composition by DXA. *Bone.* 2017;104:101-5. doi: 10.1016/j.bone.2017.06.010
11. Lemos T, Gallagher D. Current body composition measurement techniques. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes.* 2017;24(5):310-4. doi: 10.1097/MED.0000000000000360
12. Fields DA, Goran MI, McCrory MA. Body-composition assessment via air-displacement plethysmography in adults and children: a review. *Am J Clin Nutr.* 2002;75(3):453-67. doi: 10.1093/ajcn/75.3.453
13. Andreoli A, Garaci F, Cafarelli FP, Guglielmi G. Body composition in clinical practice. *Eur J Radiol.* 2016;85(8):1461-8. doi: 10.1016/j.ejrad.2016.02.005
14. Bila WC, Lamounier JA, Freitas AE de, Silva VR, Turani SD, Oliveira JED de. Stable isotopes and body composition in children: history, fundamentals, and clinical applications. *Health.* 2013;5:61-68. doi: 10.4236/health.2013.58A3009
15. Ward LC. Bioelectrical impedance analysis for body composition assessment: reflections on accuracy, clinical utility, and standardisation. *Eur J Clin Nutr.* 2019;73(2):194-9. doi: 10.1038/s41430-018-0335-3
16. Baracos V, Caserotti P, Earthman CP, et al. Advances in the science and application of body composition measurement. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2012;36(1):96-107. doi: 10.1177/0148607111417448
17. Thibault R, Genton L, Pichard C. Body composition: why, when and for who? *Clin Nutr.* 2012;31(4):435-47. doi: 10.1016/j.clnu.2011.12.011
18. Sheean P, Gonzalez MC, Prado CM, McKeever L, Hall AM, Braunschweig CA. American Society for Parenteral and Enteral Nutrition Clinical Guidelines: the validity of body composition assessment in clinical populations. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2020;44(1):12-43. doi: 10.1002/jpen.1669
19. Ceniccola GD, Castro MG, Piovacari SMF, et al. Current technologies in body composition assessment: advantages and disadvantages. *Nutrition.* 2019;62:25-31.
20. Carrasco JL, Jover L. Statistical approaches to evaluate agreement. *Med Clin.* 2004;122(Suppl 1):28-34. doi: 10.1157/13057543
21. Mukaka M. A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. *Malawi Med J.* 2012;24(3):69-71.
22. Snik DAC, de Roos NM. Criterion validity of assessment methods to estimate body composition in children with cerebral palsy: a systematic review. *Ann Phys Rehabil Med.* 2019 May 31;S1877-0657(19)30069-7. doi: 10.1016/j.rehab.2019.05.003. Online ahead of print.
23. Kottner J, Audigé L, Brorson S, et al. Guidelines for Reporting Reliability and Agreement Studies (GRRAS) were proposed. *J Clin Epidemiol.* 2011;64(1):96-106. doi: 10.1016/j.jclinepi.2010.03.002
24. Vásquez F, Díaz E, Lera L, Vásquez L, Anziani A, Burrows R. Métodos de composición corporal y modelo de cuatro compartimentos en escolares obesos chilenos. *Nutri Hosp.* 2012;27(4):1079-85. doi: 10.3305/nh.2012.27.4.5819
25. Ramírez E, Valencia ME, Moya-Camarena SY, Alemán-Mateo H, Méndez RO. Four-compartment model and validation of deuterium dilution technique to estimate fat-free mass in Mexican youth. *Nutrition.* 2009;25(2):194-9. doi: 10.1016/j.nut.2008.08.007
26. Radley D, Gately PJ, Cooke CB, Carroll S, Oldroyd B, Truscott JG. Percentage fat in overweight and obese children: comparison of DXA and air displacement plethysmography. *Obes Res.* 2005;13(1):75-85. doi: 10.1038/oby.2005.10
27. Gately PJ, Radley D, Cooke CB, et al. Comparison of body composition methods in overweight and obese children. *J Appl Physiol.* 2003;95(5):2039-46. doi: 10.1152/jappphysiol.00377.2003
28. Lockner DW, Heyward VH, Baumgartner RN, Jenkins KA. Comparison of air-displacement plethysmography, hydrodensitometry, and dual X-ray absorptiometry for assessing body composition of children 10 to 18 years of age. *Ann NY Acad Sci.* 2000;904:72-8. doi: 10.1111/j.1749-6632.2000.tb06423.x
29. Radley D, Gately PJ, Cooke CB, Carroll S, Oldroyd B, Truscott JG. Estimates of percentage body fat in young adolescents: a comparison of dual-energy X-ray absorptiometry and air displacement plethysmography. *Eur J Clin Nutr.* 2003;57(11):1402-10. doi: 10.1038/sj.ejcn.1601702
30. Plasqui G, den Hoed M, Bonomi A, Westerterp KR. Body composition in 10-13-year-old children: a comparison between air displacement plethysmography and deuterium dilution. *Int J Pediatr Obes.* 2009;4(4):397-404. doi: 10.3109/17477160902952472
31. Sopher AB, Thornton JC, Wang J, Pierson RN, Heymsfield SB, Horlick M. Measurement of percentage of body fat in 411 children and adolescents: a comparison of dual-energy X-ray absorptiometry with a four-compartment model. *Pediatrics.* 2004;113(5):1285-90. doi: 10.1542/peds.113.5.1285
32. Ramírez E, Valencia ME, Moya Camarena SY, Alemán-Mateo H, Méndez RO. Estimación de la masa grasa por DXA y el modelo de cuatro compartimentos en púberes mexicanos de 9 a 14 años. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición.* 2010;60:240-6.

33. Wells JC, Fuller NJ, Dewit O, Fewtrell MS, Elia M, Cole TJ. Four-component model of body composition in children: density and hydration of fat-free mass and comparison with simpler models. *Am J Clin Nutr.* 1999;69(5):904-12. doi: 10.1093/ajcn/69.5.904
34. Wang L, Hui SS. Validity of four commercial bioelectrical impedance scales in measuring body fat among Chinese children and adolescents. *BioMed Res Int.* 2015;2015:614858. doi: 10.1155/2015/614858
35. Lazzer S, Bedogni G, Agosti F, De Col A, Mornati D, Sartorio A. Comparison of dual-energy X-ray absorptiometry, air displacement plethysmography and bioelectrical impedance analysis for the assessment of body composition in severely obese Caucasian children and adolescents. *Br J Nutr.* 2008;100(4):918-24. doi: 10.1017/S0007114508922558
36. Ben Jemaa H, Mankai A, Khelifi S, et al. Development and validation of impedance-based equations for the prediction of total body water and fat-free mass in children aged 8-11 years. *Clin Nutr.* 2019;38(1):227-33. doi: 10.1016/j.clnu.2018.01.028
37. Resende CMM, Camelo Júnior JS, Vieira MNM, et al. Body composition measures of obese adolescents by the deuterium oxide dilution method and by bioelectrical impedance. *Braz J Med Biol Res.* 2011;44(11):1164-70. doi: 10.1590/s0100-879x2011007500122
38. Loftin M, Nichols J, Going S, et al. Comparison of the validity of anthropometric and bioelectric impedance equations to assess body composition in adolescent girls. *Int J Body Compos Res.* 2007;5(1):1-8.
39. Okasora K, Takaya R, Tokuda M, et al. Comparison of bioelectrical impedance analysis and dual energy X-ray absorptiometry for assessment of body composition in children. *Pediatr Int.* 1999;41(2):121-5.
40. Tyrrell VJ, Richards G, Hofman P, Gillies GF, Robinson E, Cutfield WS. Foot-to-foot bioelectrical impedance analysis: a valuable tool for the measurement of body composition in children. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2001;25(2):273-8. doi: 10.1038/sj.ijo.0801531
41. Lim JS, Hwang JS, Lee JA, et al. Cross-calibration of multi-frequency bioelectrical impedance analysis with eight-point tactile electrodes and dual-energy X-ray absorptiometry for assessment of body composition in healthy children aged 6-18 years. *Pediatr Int.* 2009;51(2):263-8. doi: 10.1111/j.1442-200X.2008.02698.x
42. Kriemler S, Puder J, Zahner L, Roth R, Braun-Fahrlander C, Bedogni G. Cross-validation of bioelectrical impedance analysis for the assessment of body composition in a representative sample of 6- to 13-year-old children. *Eur J Clin Nutr.* 2009;63(5):619-26. doi: 10.1038/ejcn.2008.19
43. Lazzer S, Boirie Y, Meyer M, Vermorel M. Evaluation of two foot-to-foot bioelectrical impedance analysers to assess body composition in overweight and obese adolescents. *Br J Nutr.* 2003;90(5):987-92. doi: 10.1079/bjn2003983
44. Urrejola P, Hernández MI, Icaza MG, Velandia S, Reyes ML, Hodgson MI. Estimación de masa grasa en niños chilenos: ecuaciones de pliegues subcutáneos vs densitometría de doble fotón. *Rev Chil Pediatr.* 2011;82(6):502-11. doi: 10.4067/S0370-41062011000600004
45. Noradilah MJ, Ang YN, Kamaruddin NA, Deurenberg P, Ismail MN, Poh BK. Assessing body fat of children by skinfold thickness, bioelectrical impedance analysis, and dual-energy X-ray absorptiometry: a validation study among Malay children aged 7 to 11 years. *Asia Pac J Public Health.* 2016;28(5 Suppl):74S-84S. doi: 10.1177/1010539516641505
46. Wohlfahrt-Veje C, Tinggaard J, Winther K, et al. Body fat throughout childhood in 2647 healthy Danish children: agreement of BMI, waist circumference, skinfolds with dual X-ray absorptiometry. *Eur J Clin Nutr.* 2014;68(6):664-70. doi: 10.1038/ejcn.2013.282
47. Ramírez E, Valencia ME, Bourges H, et al. Body composition prediction equations based on deuterium oxide dilution method in Mexican children: a national study. *Eur J Clin Nutr.* 2012;66(10):1099-103. doi: 10.1038/ejcn.2012.89
48. Ortiz-Hernández L, Vega López AV, Ramos-Ibáñez N, Cázares Lara LJ, Medina Gómez RJ, Pérez-Salgado D. Equations based on anthropometry to predict body fat measured by absorptiometry in schoolchildren and adolescents. *J Pediatr.* 2017;93(4):365-73. doi: 10.1016/j.jpeds.2016.08.008
49. Elberg J, McDuffie JR, Sebring NG, et al. Comparison of methods to assess change in children's body composition. *Am J Clin Nutr.* 2004;80(1):64-9. doi: 10.1093/ajcn/80.1.64
50. González-Ruiz K, Medrano M, Correa-Bautista JE, et al. Comparison of bioelectrical impedance analysis, slaughter skinfold-thickness equations, and dual-energy X-ray absorptiometry for estimating body fat percentage in Colombian children and adolescents with excess of adiposity. *Nutrients.* 2018;10(8):1086. doi: 10.3390/nu10081086
51. Eisenmann JC, Heelan KA, Welk GJ. Assessing body composition among 3- to 8-year-old children: anthropometry, BIA, and DXA. *Obes Res.* 2004;12(10):1633-40. doi: 10.1038/oby.2004.203
52. Wong WW, Stuff JE, Butte NF, Smith EO, Ellis KJ. Estimating body fat in African American and white adolescent girls: a comparison of skinfold-thickness equations with a 4-compartment criterion model. *Am J Clin Nutr.* 2000;72(2):348-54. doi: 10.1093/ajcn/72.2.348
53. Rodríguez G, Moreno LA, Blay MG, et al. Body fat measurement in adolescents: comparison of skinfold thickness equations with dual-energy X-ray absorptiometry. *Eur J Clin Nutr.* 2005;59(10):1158-66. doi: 10.1038/sj.ejcn.1602226
54. Altman DG, Bland JM. Assessing agreement between methods of measurement. *Clin Chem.* 2017;63(10):1653-4. doi: 10.1373/clinchem.2016.268870
55. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986;1(8476):307-10.
56. Marinangeli CPF, Kassis AN. Use of dual X-ray absorptiometry to measure body mass during short- to medium-term trials of nutrition and exercise interventions. *Nutr Rev.* 2013;71(6):332-42. doi: 10.1111/nure.12025

Cómo citar este artículo:

Hernández-Ortega A, Osuna-Padilla IA. Concordancia entre técnicas de composición corporal en niños y adolescentes: revisión narrativa de la literatura. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc.* 2020;58(2):181-196.