



Validez del uso de la bioimpedancia en la evaluación de la composición corporal infantil y adolescente: revisión sistemática

Validity of the use of bioimpedance in the assessment of body composition in children and adolescents: a systematic review

AUTORES

- (1) Carlos Martín Saborido [ORCID: 0000-0002-3969-6768]
(1) Esther Elena García Carpintero [ORCID: 0000-0002-7804-1449]
(1) Lucía Pedrosa Pérez [ORCID: 0000-0002-7486-515X]
(1) Carlos Alberto Sánchez Piedra [ORCID: 0000-0001-5420-7347]
(1) Montserrat Carmona Rodríguez [ORCID: 0000-0002-4680-7745]
(2) David Montes Bentura (2,3,4) Andrés Cabrera León [ORCID: 0000-0002-4812-1026]

FILIACIONES

- (1) Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias. Instituto de Salud Carlos III. MADRID, ESPAÑA.
(2) Gabinete de la Ministra. Ministerio de Sanidad. MADRID, ESPAÑA.
(3) Universidad de Granada. Escuela Andaluza de Salud Pública. GRANADA, ESPAÑA.
(4) Instituto de Investigación Biosanitaria (ibs Granada). CIBER de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP). Instituto de Salud Carlos III. MADRID, ESPAÑA.

CITA SUGERIDA

Martín Saborido C, García Carpintero EE, Pedrosa Pérez L, Sánchez Piedra CA, Carmona Rodríguez M, Montes Bentura D, Cabrera León A. Validez del uso de la bioimpedancia en la evaluación de la composición corporal infantil y adolescente: revisión sistemática. Rev Esp Salud Pública. 2026; 100: 23 de octubre e202610081.

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses

RESUMEN

FUNDAMENTOS // El análisis de la impedancia bioeléctrica (BIA) es una técnica no invasiva que permite estimar diferentes compartimentos corporales, como la masa grasa, la masa libre de grasa y el agua corporal total, y podría complementar la información proporcionada por las medidas antropométricas tradicionales. El objetivo de esta revisión sistemática fue sintetizar la evidencia disponible sobre la validez del BIA para la evaluación de la composición corporal en niños, niñas y adolescentes, así como identificar los factores que condicionan su rendimiento.

MÉTODOS // Se realizó una revisión sistemática de métodos diagnósticos siguiendo las recomendaciones *Preferred Reporting Items in Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA). En febrero de 2025 se realizaron búsquedas en *PubMed*, *EMBASE* y *Cochrane Library* de estudios publicados entre 2010 y 2024. Se incluyeron estudios de validación en participantes menores de dieciocho años que compararan el BIA con métodos de referencia, como absorciometría dual de rayos X (DXA), dilución isotópica, pletismografía por desplazamiento de aire o modelos multicompartmentales. Dos revisores realizaron de forma independiente el cribado de los estudios y la extracción de la información relevante. El riesgo de sesgo se evaluó mediante *QUADAS-2* y los resultados se sintetizaron de forma narrativa.

RESULTADOS // Se incluyeron cincuenta y seis estudios; en cincuenta y tres con tamaño muestral cuantificable participaron aproximadamente 11.100 sujetos. Se observaron correlaciones muy variables ($r=0.03-0.98$), más altas cuando se emplearon ecuaciones derivadas en poblaciones similares y más bajas en obesidad, deportistas, lactantes o grupos clínicos, especialmente con ecuaciones genéricas. Los análisis de acuerdo mostraron discrepancias relevantes a nivel individual. En sobrepeso/obesidad, el BIA tendió a subestimar porcentaje de grasa/masa grasa y a sobreestimar masa libre de grasa. La fiabilidad fue alta (ICC: aproximadamente 0.93-0.98).

CONCLUSIONES // La evidencia disponible respalda que el BIA es una herramienta no invasiva, reproducible y fiable, útil para la estimación grupal, la vigilancia y, especialmente, el seguimiento longitudinal de la composición corporal en población pediátrica. No sustituye al índice de masa corporal ni a los métodos de referencia, y su desempeño depende de forma crítica del dispositivo, la ecuación empleada y el contexto clínico, por lo que en extremos de composición corporal se recomienda cautela y el uso de ecuaciones específicas. Aun así, por su factibilidad y capacidad para monitorizar cambios, el BIA puede aportar información complementaria sobre la composición corporal y contribuir a un abordaje más centrado en la salud y el riesgo cardiometabólico en la obesidad en la población infantil, siempre que los resultados se interpreten y comuniquen adecuadamente.

PALABRAS CLAVE // Impedancia bioeléctrica; Composición corporal; Niño; Adolescente; Obesidad; Absorciometría de rayos X de energía dual; Revisión sistemática.

REGISTRO // PROSPERO CRD420261305127.

ABSTRACT

BACKGROUND // Bioelectrical impedance analysis (BIA) is a non-invasive technique that estimates different body compartments, including fat mass, fat-free mass and total body water, and may complement traditional anthropometric measures. This review aimed to summarise the available evidence on the validity of BIA for assessing body composition in children and adolescents and to identify factors influencing its performance.

METHODS // A systematic review of diagnostic methods was conducted in accordance with the Preferred Reporting Items in Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) recommendations. *PubMed*, *EMBASE* and the *Cochrane Library* were searched in February 2025 for studies published between 2010 and 2024. Validation studies in participants younger than eighteen years comparing BIA with reference methods, such as dual-energy X-ray absorptiometry (DXA), isotope dilution, air-displacement pletismography or multicomponent models, were included. Two reviewers independently screened records and full texts and extracted relevant information. Risk of bias was assessed using *QUADAS-2*, and findings were narratively synthesised.

RESULTS // Fifty-six studies were included; across fifty-three studies with quantifiable sample sizes, approximately 11,100 participants were evaluated. Reported correlations ranged widely ($r=0.03-0.98$), being higher when population-specific equations were derived in similar cohorts and lower in obesity, young athletes, infants and clinically complex groups, particularly when generic manufacturer equations were applied. Agreement analyses frequently showed clinically relevant individual discrepancies. In overweight/obesity, BIA tended to underestimate fat mass/body fat and to overestimate fat-free mass. Reliability was high (ICC: approximately 0.93-0.98).

CONCLUSIONS // The available evidence supports BIA as a non-invasive, reproducible and reliable tool, useful for group-level assessment, surveillance and, in particular, longitudinal monitoring of body composition in paediatric populations. It does not replace body mass index or reference methods, and its performance depends critically on the device, the equation applied and the clinical context; therefore, caution is warranted at the extremes of body composition, where population-specific equations are recommended. Nevertheless, given its feasibility and capacity to track change over time, BIA may provide complementary information on body composition and contribute to a more health- and cardiometabolic risk-oriented approach to obesity in children and adolescents when results are appropriately interpreted and communicated.

KEYWORDS // Bioelectrical impedance; Body composition; Child; Adolescent; Obesity; Dual-energy X-ray absorptiometry; Systematic review.

REGISTRATION // PROSPERO CRD420261305127.

INTRODUCCIÓN

La obesidad infantil se reconoce actualmente como una enfermedad en sí misma que ha alcanzado cifras de epidemia de Salud Pública, tal como ha señalado la Organización Mundial de la Salud (OMS) (1-2). Su prevalencia se ha triplicado mundialmente entre 1990 y 2021, y se prevé que siga aumentando especialmente hasta 2030 en todas las poblaciones y regiones, alcanzando en 2050 las estimaciones del 15,6% entre los cinco y catorce años de edad (3). Esta prevalencia dada por estudios de base poblacional se basa en la medición del índice de masa corporal (IMC), que sólo tiene en cuenta el peso y la talla referenciados para la edad y el sexo (kg/m^2) (4). En España, la definición de obesidad y sobrepeso en el ámbito clínico se basa en los puntos de corte de las gráficas de la Fundación Orbegozo del *Estudio Español del Crecimiento* (5), mientras que en los estudios suelen utilizarse como criterios principales los de la *International Obesity Task Force* (IOTF) (6) y los de la OMS (7).

Sin embargo, el IMC presenta limitaciones importantes si lo que queremos medir es el impacto de la obesidad en el estado de salud y el riesgo cardiovascular, ya que no distingue entre masa grasa y masa magra ni permite conocer la distribución del tejido adiposo (8). Por otra parte, su medición aislada puede contribuir a aumentar la estigmatización del niño/a o adolescente al hacer referencia al aspecto físico sin aportar información fiable sobre el estado de salud (9). Esta situación puede afectar a su bienestar

emocional y aumenta el riesgo de condicionar la adherencia a las intervenciones de salud comunitaria (10).

En este contexto, el análisis de la impedancia bioeléctrica (*bioelectrical impedance analysis* o BIA, en su acrónimo en inglés) se presenta como una herramienta complementaria para caracterizar con mayor detalle la composición corporal (11). El BIA permite estimar distintos compartimentos corporales, como la masa grasa, la masa libre de grasa y el agua corporal total, a partir de la impedancia eléctrica del organismo y mediante ecuaciones de estimación específicas. De este modo, proporciona una caracterización más detallada de la composición corporal y puede complementar la información aportada por las medidas antropométricas tradicionales. Es importante señalar que estas estimaciones dependen de las ecuaciones empleadas y de determinados supuestos relacionados, entre otros factores, como la hidratación y las características de la población evaluada.

Además, al aportar información sobre la composición corporal y no solo sobre el peso corporal, la BIA puede ofrecer información adicional para la valoración individual del estado de salud (12). No obstante, su interpretación debe considerar el margen de error y la adecuación de las ecuaciones y protocolos empleados a la población evaluada.

En cuanto a técnicas de referencia como la absorciometría dual de rayos X (DXA) o la pletismografía, el BIA pre-

Este artículo tiene una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional. Usted es libre de Compartir (copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato) bajo los siguientes términos: Atribución (debe darse el crédito apropiado, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo en cualquier manera razonable, pero no de alguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso); No comercial (no podrá utilizar el material con fines comerciales); Sin derivados (si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado); Sin restricciones adicionales (no puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros hacer cualquier cosa que la licencia permita).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

senta las ventajas de ser no invasivo y de requerir, en general, menor tiempo para su realización. Estas características podrían facilitar su utilización en determinados contextos clínicos y estudios poblacionales (13).

Respecto a la validez del BIA frente a las pruebas de referencia, existen revisiones previas en población pediátrica (14-15), si bien la evidencia se ha ampliado notablemente en la última década con nuevos dispositivos y validaciones en subpoblaciones específicas. Esto justifica el objetivo de este trabajo: sintetizar la evidencia disponible sobre la validez del BIA para la evaluación de la composición corporal en niños, niñas y adolescentes, así como los factores que modifican su rendimiento (por ejemplo, dispositivo, ecuación, referencia, estado ponderal, poblaciones específicas).

Su implementación puede contribuir a complementar la información aportada por los indicadores antropométricos mediante parámetros relacionados con la composición corporal. Esta información podría contribuir a un abordaje más orientado a la salud y al riesgo cardiometabólico, sin plantear que el BIA sustituya al IMC ni a otros indicadores antropométricos o métodos de referencia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Búsqueda. Durante el proceso de revisión, seguimos las recomendaciones *Pre-ferred Reporting Items in Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (16) para realizar en febrero de 2025 las estrategias de búsqueda en las bases de datos *EMBASE*, *Cochrane Library* y *PubMed*. El número de registro del protocolo en PROSPERO es CRD420261305127 (17).

Al tratarse de una revisión sistemática de métodos diagnósticos sobre la validez de la bioimpedancia, la pregunta de investigación se estructuró utilizando los cuatro elementos conceptuales de PICO, adaptados a una pregunta de validación diagnóstica:

- **Población:** niños, niñas y adolescentes (menores de dieciocho años, de población general o subpoblaciones específicas según el diseño de los estudios incluidos).
- **Intervención/prueba índice:** utilización de cualquier tipo de bioimpedancia.
- **Comparador:** cualquier método de referencia válido para la evaluación de la composición corporal.
- **Resultados:** medidas de validez y acuerdo (por ejemplo, sesgo/diferencias medias, límites de acuerdo, concordancia de Lin/CCC, RMSE/SEE y correlación) y, cuando proceda, medidas de fiabilidad (por ejemplo, ICC, error típico de medida, porcentaje de y coeficiente de variación, [CV]).

La búsqueda se delimitó a *PubMed*, *EMBASE* y *Cochrane Library*. Se seleccionó el periodo 2010-2024 con el objetivo de actualizar la evidencia disponible en las revisiones sistemáticas previas (14,15), teniendo en cuenta la incorporación de nuevos dispositivos, ecuaciones y validaciones en poblaciones pediátricas específicas durante la última década. No se consultaron otras bases de datos como *Web of Science*, *Scopus* o *LILACS/SciELO*, ni registros de ensayos, y no se realizó una búsqueda manual complementaria de las referencias de los estudios incluidos ni de las listas de citación cruzada. Por tanto, aun-



que se realizó una búsqueda sistemática en las principales fuentes seleccionadas, no puede considerarse exhaustiva de todas las fuentes bibliográficas potencialmente disponibles.

Criterios de elegibilidad. Como criterios de elegibilidad de los estudios, se utilizaron los siguientes:

- **Participantes:** niños, niñas y adolescentes menores de dieciocho años.
- **Intervención:** utilización de bioimpedancia eléctrica como herramienta para medir la composición corporal.
- **Publicación:** entre 2010 y 2024.
- **Resultados:** validez y/o fiabilidad.
- **Diseños:** estudios transversales y longitudinales.
- **Idioma:** cualquier idioma.
- No se incluyeron estudios en marcha sin resultados.
- No se incluyeron fuentes de datos de literatura gris.

Cribado. Dos investigadores analizaron por separado los títulos y resúmenes de los registros recuperados. Cuando se identificaron estudios que cumplían con los criterios de elegibilidad, se recuperaron los textos completos y se evaluaron nuevamente de forma independiente. En caso de conflicto en la decisión en ambos cribados, un tercer revisor tomó la decisión final.

Análisis de riesgo de sesgo. Para la evaluación del riesgo de sesgo de los estudios incluidos se utilizó la herramienta **QUADAS-2 (18)** (*Quality Assessment of*

Diagnostic Accuracy Studies-2). **QUADAS-2** es una herramienta para evaluar el riesgo de sesgo y las preocupaciones de aplicabilidad de estudios de precisión diagnóstica, con cuatro dominios clave: selección de pacientes; prueba índice; prueba de referencia y flujo y tiempo. Para ello utiliza tres valoraciones de riesgo de sesgo en cada dominio: alto; incierto y bajo. La evaluación se realizó a nivel de estudio y sus resultados se utilizaron para interpretar cualitativamente la síntesis de los hallazgos y las posibles limitaciones de aplicabilidad.

Extracción y análisis de datos. De cada estudio seleccionado se extrajeron las siguientes variables: referencia completa; objetivo del estudio; diseño del estudio; población y muestra (características); criterios de inclusión; criterios de exclusión; método índice (qué se valida); método de referencia (*Gold Standard*); parámetros de validación utilizados; resultados principales (valores cuantitativos); fuente de financiación y conflicto de interés. Asimismo, se registró la información disponible sobre la calidad metodológica y el riesgo de sesgo del estudio.

La extracción de los datos se realizó mediante un formato estandarizado y fue revisada por los investigadores. Las variables extraídas permitieron recoger información sobre las características de los participantes, el método índice, el método de referencia, los desenlaces evaluados, las medidas de validez y fiabilidad y las principales limitaciones metodológicas.

Una vez extraídos los datos, estos se sintetizaron para presentar de manera conjunta los resultados. Se realizaron análisis de subgrupos siempre que fue posible, agrupando los resultados por edad o características especiales de la población, así como por tipos de bioim-

pedancia o método de referencia. Se consideraron como principales medidas de resumen las correlaciones, diferencias o sesgos medios, límites de acuerdo, medidas de concordancia y error, según las disponibles en cada estudio.

Dada la elevada heterogeneidad entre dispositivos, ecuaciones, poblaciones y métodos de referencia, la síntesis de los resultados fue narrativa y no se realizó metanálisis. Por este motivo, no se realizó una estimación cuantitativa de la heterogeneidad ni una metarregresión. La sensibilidad de los hallazgos se exploró mediante la comparación cualitativa de los resultados en diferentes subgrupos y contextos de aplicación.

RESULTADOS

En la **FIGURA 1** se puede encontrar el diagrama de flujo de la información donde se aprecia que finalmente se incluyeron 56 estudios.

Características de los estudios incluidos. Se incluyeron 56 (19-74) estudios de validación publicados entre 2010 y 2024, que evaluaron la validez de la bioimpedancia eléctrica (BIA) en población pediátrica [Tabla 1].

En los 53 estudios con tamaño muestral cuantificable, la suma fue de aproximadamente 11.100 participantes, con una mediana de 142 sujetos por estudio (rango: 9-1.615). La mayoría de las muestras incluían niños y adolescentes sanos de la comunidad o de centros escolares, aunque varios estudios se centraron en poblaciones específicas (niños con obesidad, deportistas jóvenes, lactantes, pacientes con enfermedades crónicas o en hemodiálisis).

Un tercio de los estudios describió rangos etarios explícitos; algunos incluyeron participantes por encima de los dieciocho años (hasta veintuno) según el diseño original. Estos participantes se mantuvieron en la síntesis cuando formaban parte de muestras predominantemente pediátricas y los resultados eran pertinentes para el objetivo de la revisión. Esta decisión se adoptó para no perder información relevante de estudios cuya población era predominantemente pediátrica, si bien estos resultados deben interpretarse con cautela y en el marco de una población pediátrica ampliada.

El diseño predominante fue el estudio transversal de validación, frecuentemente con división en cohortes de derivación y validación interna para el desarrollo de ecuaciones específicas. Un número menor de trabajos siguió diseños longitudinales o de cohorte para evaluar sensibilidad al cambio en intervenciones (por ejemplo, programas de pérdida de peso o evolución clínica), o combinó un análisis transversal de validez con medidas repetidas de fiabilidad intra-sesión o test-retest.

En cuanto al método índice, se utilizaron tanto dispositivos de BIA de consumo o de campo como analizadores de uso clínico o de investigación. Se identificaron al menos:

- BIA pie-a-pie (por ejemplo, plataformas Tanita).
- BIA segmentaria/multifrecuencia y analizadores de cuerpo completo (por ejemplo, *InBody*, analizadores *Tanita* multifrecuencia, *Bodystat*, *Seca*), incluyendo también sistemas de bioimpedancia espectroscópica (BIS/BCM).



Figura 1
Diagrama de flujo PRISMA.

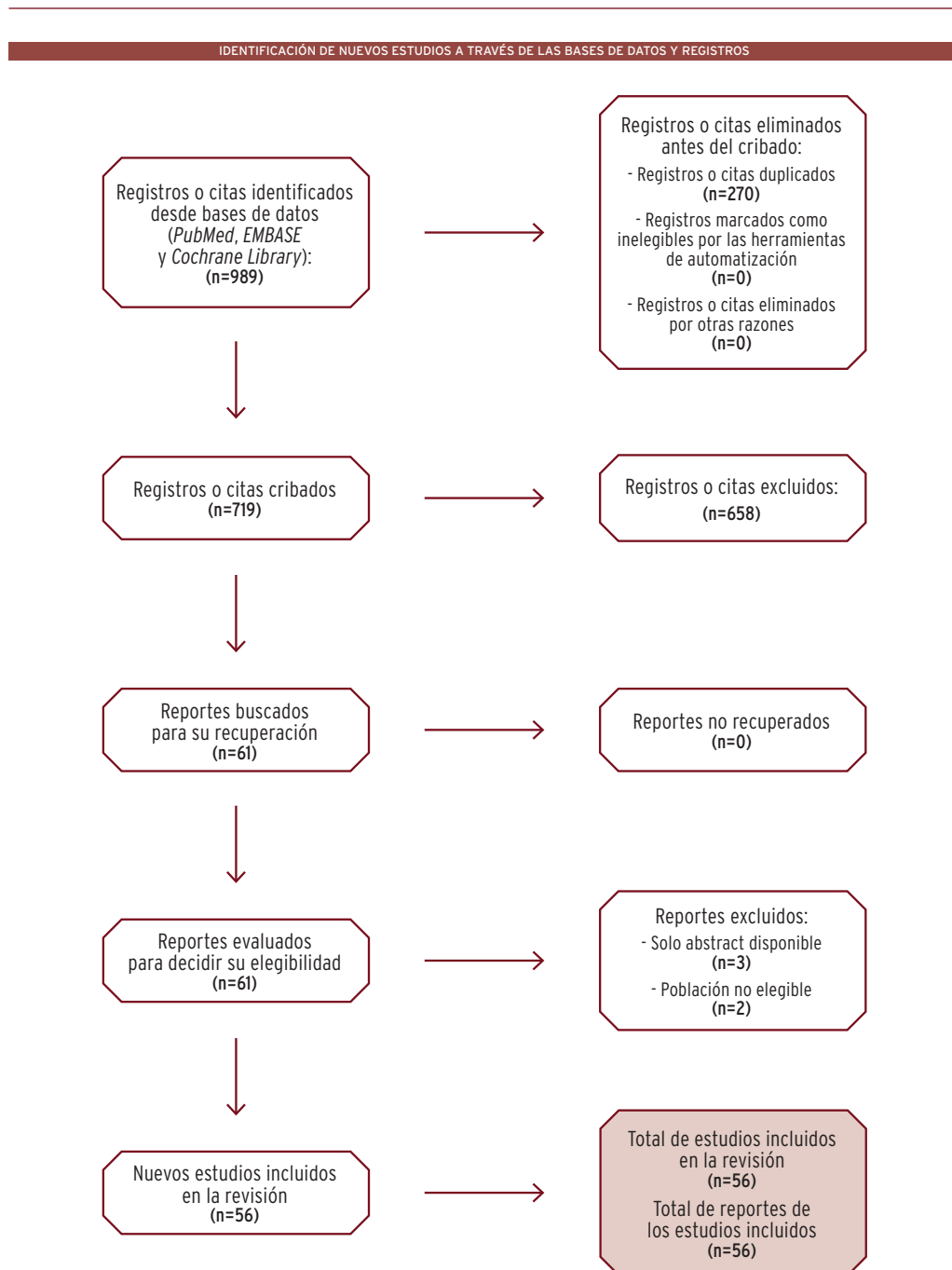


Tabla 1

Estudios sobre validación de bioimpedancia eléctrica (2010-2024).

Estudio/ Autor, año	Objetivo del estudio	Diseño del estudio	Población y muestra (características)	Método índice (BIA/BIS)	Método de referencia	Parámetros de validación utilizados	Resultados principales (valores cuantitativos)	Ref
Aguilar Troncoso 2023	Formular un modelo de 4 compartimentos (4C) con 3 métodos de referencia y desarrollar/validar una ecuación de composición corporal para el mBCA en jóvenes de 10-17 años.	Estudio transversal de desarrollo de ecuación y validación (split aleatorio) ecuación n=30/ validación n=30).	Muestra final: 60 jóvenes (31 mujeres, 29 hombres) de 10,0-17,8 años; edad media total: 13,9±2,31 años; peso: 54,5±11,5 Kg; talla: 156±11,9 cm; %grasa (modelo 4C): 25,3±8,8%. Distribución por sexo: mujeres 51,7%, hombres 48,3%.	Bioimpedancia eléctrica (mBCA, multifrecuencia, bipedestación).	Modelo 4C combinando ADP (Body Pod) para densidad corporal, dilución de deuterio (D2O) para agua corporal total y DXA para contenido mineral óseo.	Selección de variables por <i>all-possible-regressions</i> ; R ² de ajuste, SRMSE; comparación mBCA frente a 4C; Bland-Altman; prueba de sesgo; correlación; validación cruzada (cohort n=30).	Ecuación FFM (kg): $0,2081 \cdot \text{Peso} + 0,8814 \cdot (\text{HR}/\text{R}^2) + 0,2055 \cdot \text{XC} - 15,343$; R ² =0,96; SRMSE=2,18 kg. Validación: FFM 4C 38,9±12,0 frente a mBCA 38,4±11,4 kg (p<0,05); modelo de precisión mBCA R ² =0,98; SRMSE=2,1. Bland-Altman: sin sesgo significativo (p=0,08).	19
Aguirre 2015	Evaluar la validez de estimaciones de adiposidad corporal basadas en pliegues cutáneos y BIA frente a un modelo de 3 componentes (3C) en niños chilenos prepuberles, considerando diferencias por sexo y estado nutricional.	Estudio transversal de validación (comparación de métodos simples frente a modelo 3C).	Muestra final: 424 niños prepuberles (Tanner I), 198 niñas y 226 niños; submuestra 7-9 años. Distribución del estado nutricional (Tabla 2): niñas normales 57% (n=113); con sobrepeso 43% (n=85); niños normales 47,8% (n=108); con sobrepeso 52,2% (n=118).	BIA (Tanita BC-418MA); además ecuación de Ramirez con resistencia (Tanita).	Modelo 3C (peso+ dilución de deuterio (D2O)+volumen corporal por pleiometría por desplazamiento de aire (Body Pod)). Otros métodos simples: pliegues cutáneos (ecuaciones: Slaughter, Ramirez, Huang).	Regresión del porcentaje de grasa 3C sobre cada método (R ² , pendiente, intercepto, SEE; Bland-Altman (sesgo y límites de acuerdo), análisis de correlación/linealidad; concordancia adicional (ICC/Kappa en análisis de sensibilidad).	BIA (Tanita)-R ² y parámetros (Tabla 3): • Niñas (todas): R ² =0,75; intercepto -2,33; pendiente 1,29; SEE=0,06. • Niñas (todas): R ² =0,82; intercepto -2,99; pendiente 1,25; SEE=0,03. BIA (resistencia Ramirez con resistencia Tanita): • Niñas (todas): R ² =0,71; intercepto -12,46; pendiente 1,27; SEE=0,06. • Niñas (todas): R ² =0,78; intercepto -13,87; pendiente 1,25; SEE=0,04. pliegues cutáneos (ejemplos de Tabla 3): • Slaughter (niñas todas): R ² =0,77; pendiente 1,05; SEE=0,04. • Slaughter (niños todos): R ² =0,84; pendiente 1,02; SEE=0,03. Conclusión cuantitativa adicional: acuerdo con D2O bueno (sesgo: -0,63 a 0,1; LoA: ±40%). En general, métodos simples clasifican (rankem) bien, pero no son precisos para describir porcentaje de grasa en este grupo prepuber.	20
Asadi 2024	Desarrollar y validar ecuaciones sencillas para estimar masa grasa (FM) a partir de variables demográficas/antropométricas en niños y adolescentes iraníes.	Estudio transversal con división derivación-validation n=279; validación n=279; derivación n=125; total n=404).	Total n=404 (5-18 años), 43% varones (n=176) y 57% mujeres (n=228). Derivación n=279. Validación n=125, 33% niños 5-11 años y 67% adolescentes 11-18 años. Medias (todos): talla 154,40±19,27 cm; peso 65,23±29,54 kg; PBF 34,38±11,53% (por BIA).	Ecuaciones predictivas para FM y PBF basadas en edad, sexo, peso, talla y BMI: referencia interna; FM y PBF medidos por BIA (nBody 770 (multifrecuencia segmental)).	No hay modelo 3C/4C externo; las mediciones de FM/PBF por BIA actúan como referencia interna para ajustar/validar la ecuación (acuerdos mediante Bland-Altman y validación en submuestra).	Correlación de Pearson; regresión múltiple (R ² ajustado, SEE); Bland-Altman (sesgo y LoA, 95%); pruebas t pareadas/una-muestra; validación en muestra independiente.	Ecuación FM (kg)=0,15·Peso+1,53·BMI-3,40- (Sexo: varón=1, mujer=0). (Sexo: varón=1, mujer=0). R ² =0,97; R ² =0,94; SEE=37,4 kg. Ecuación PBF=0,31·Talla(cm)-0,59·Peso-2,98·BMI+6,77- (Sexo: 07=femad-52,84; R ² =0,90; R ² =0,82; SEE=4,88. Correlaciones elevadas derivación/ validación; sin diferencias significativas entre grupos.	21

CONTINÚA EN PÁGINA SIGUIENTE

Tabla 1 (continuación)
Estudios sobre validación de bioimpedancia eléctrica (2010-2024).

Estudio/ Autor, año	Objetivo del estudio	Diseño del estudio	Población y muestra (características)	Método índice (BIA/BIS)	Método de referencia	Parámetros de validación utilizados	Resultados principales (valores cuantitativos)	Ref
Bamman 2013	Comparar métodos de campo (antropometría, pliegues y BIA pie-a-pie) frente a un modelo de 3 componentes (3C) para estimar masa grasa en niños.	Estudio multicéntrico de validación (4 centros europeos).	n=78 niños 4-10 años (35 varones, 43 mujeres) de Bélgica, Reino Unido, Suecia, España; mezcla de población general y clínica para ampliar rango de adiposidad.	BIA pie-a-pie (prototipo TANITA basado en BC-420; R ² =altura ² /resistencia). También modelos con perímetros y pliegues.	Modelo 3C (volumen corporal por ADP Bod Pod [®]); TBW por dilución de deuterio+ masa corporal).	Regresiones (R ²), Bland-Altman (sesgo, LoA), comparación de modelos por subgrupos (sexo; IOTF).	Mejor modelo (Cadera, pliegue triceps, FMres): R ² =0.94; sesgo -0.0 kg; LoA ±1.98 kg (niños)/ ±2.56 kg (niños). Por IOTF: LoA ±1.34 kg (normopeso) y ±2.70-2.96 kg (sobrepeso/obesidad).	22
Bandopadhyay 2023	Validación/comparación de métodos de composición corporal en niños/adolescentes (contexto indio).	No completamente claro (aparenta ser transversal).	No claramente reportado (n, edades, % sexo no visibles).	Probables métodos índice: BIA y/o pliegues; (el texto cita ADP, DXA y 4C en la introducción).	Posible referencia 3C/4C/ADP/DXA (citas metodológicas).	Se mencionan Bland-Altman, probabilidad de errores y referencias metodológicas.	No recuperables valores numéricos específicos de los fragmentos visuales.	23
Barreira 2013	Determinar la exactitud del Tanita SC-240 para estimar porcentaje de grasa en población pediátrica (blancos y afroamericanos) frente a DXA.	Estudio transversal de validación.	n=89, 5-18 años; edad media 12.0±3.6 años; muestra birracial (niños y niñas).	BIA pie-a-pie Tanita SC-240 (50 kHz).	DXA (Hologic QDR 4500A).	t pareadas (Tanita vs DXA); Bland-Altman (sesgo, LoA); error medio y absoluto; efectos de Cohen d; subanálisis por sexo-raza.	Media %BF: Tanita 33.5±10.5% frente a DXA 34.5±8.7% (p=0.52); error medio=-1%; error absoluto medio=-3.9%; diferencias significativas de pequeña magnitud en subgrupos de blancos (niños P=0.001, d=0.40; niñas P=0.006, d=0.48); sin diferencias en afroamericanos.	24
Bell 2013	Examinar la validez y la fiabilidad de la BIA para estimar el agua corporal total (TBW) en niños pretermos con parálisis cerebral (PC), incluyendo comparación de ecuaciones y evaluación de colocación de electrodos en afectación unilateral.	Estudio transversal de validación con análisis de fiabilidad (medidas duplicadas) y comparación de ecuaciones existentes.	Niños preescolares con PC. Duplicados disponibles: 50 niños (91%) lado izquierdo y 49 (89%) lado derecho; se requirió tercer registro en 44% (izquierda) y 35% (derecha) por >5% de diferencia. Tabla con subgrupos por GMFCS III (n=9), IV (n=5), V (n=9), total n=37 en ese análisis específico.	BIA (impedancia); análisis con distintas ecuaciones: Field, Kushner, Pencharz, etc.; evaluaciones efectuado en unilateral).	Técnica de dilución con deuterio (D2O) para TBW como referencia (criterio).	Bland-Altman (sesgo y límites de acuerdo), comparación de sesgos por ecuación (p-ai, Pencharz vs Kushner), análisis de fiabilidad (duplicados); diferencias media, TE, CV%; regresiones entre TBW medido y estimado.	• Ecuaciones: Pencharz sobreestimó TBW -35% (hasta 63% en individuos); Kushner estimó TBW dentro del 1% (rango hasta 26%). • En afectados unilateralmente: -2% para afectados laterales pequeños (-2% para field); sesgo 0.1 L (no afecto) vs 0.2 L (afecto) en promedio. • Variación individual: hasta 20% del valor real en algunos casos. • Fiabilidad: diferencias medias de duplicados pequeñas; TE y CV% bajos (tabla específica de duplicados).	25

CONTINÚA EN PÁGINA SIGUIENTE

Tabla 1 (continuación)
Estudios sobre validación de bioimpedancia eléctrica (2010-2024).

Estudio/ Autor, año	Objetivo del estudio	Diseño del estudio	Población y muestra (características)	Método índice (BIA/BIS)	Método de referencia	Parámetros de validación utilizados	Resultados principales (valores cuantitativos)	Ref
Benjamaa 2019	Proponer ecuaciones específicas de población para estimar TBW y FFM a partir de BIA en niños tunecinos (8-11 años) validadas frente a la técnica de dilución de deuterio (D2O).	Estudio transversal de desarrollo y validación (desarrollo n=67; validación n=67; total n=134).	Escolares sanos de Túnez, 8-11 años, n=134; asignación en dos grupos: desarrollo (n=67) y validación (n=67). Evaluación con analizador de impedancia (Tanita); sexo: niños y niñas incluidos (proporción no especificada con exactitud en el texto visible).	BIA (Tanita) sistema tetrapolar; resistencia y reactancia por los brazos; también comparaciones con ecuaciones publicadas de BIA).	Dilución de deuterio (D2O) para TBW; FFM derivada de procedimientos de laboratorio estandarizados (TTR).	Modelos de regresión (predictores: H/R, edad, sexo, peso); R ² ajustado; SEE; p valores; Bland-Altman (sobre y debajo de acuerdo); validación cruzada en muestra independiente; error puro (pure error).	- Ecuaciones nuevas (desarrollo): - TBW: $r=0.918$; SEE=1.342 L. - FFM: $r=0.918$; SEE=1.748 kg. - Validación cruzada (n=67): - Sesgo (BIAIS) TBW = 0.168 ± 1.269 L ($IC_{95\%}$ [-0.144; 0.480]); error puro=1.263. - Sesgo (BIAIS) FFM = 0.212 ± 1.656 kg ($IC_{95\%}$ [-0.195; 0.619]); error puro=1.646. - Comparación D2O frente a nuevas ecuaciones (muestras de validación): diferencias no significativas; TBW $p=0.747$; FFM $p=0.763$. - Comparación con ecuaciones publicadas: correlación significativa, pero con sesgos y errores mayores; Mejor concordancia de las nuevas ecuaciones (Bland-Altman) en esta población.	26
Butcher 2019	Evaluar validez (criterio) y sensibilidad al cambio del Tanita BF-689 (estudio con frente a DXA; estudio con dos visitas).	Estudio longitudinal (visita 1 y 6-10 meses después); análisis de criterio y de sensibilidad al cambio.	n=66 en visita 1; n=48 en visita 2 (112 mediciones para validez); 12-17 años; doble ciego (distintos evaluadores para BIA y DXA), con calibración y protocolos estandarizados.	BIA Tanita BF-689 pie-a-pie; clasificación por luces; procedimientos estandarizados.	DXA Hologic Horizon W software 13.6.0.4 (ajuste NHANES).	Concordancia/criterio (comparación %BF), sensibilidad/especificidad para categorías; análisis de cambio, doble ciego; tiempos entre medidas ≤ 30 min.	Muestra y flujo: potencia a priori 39; enrolados 66; retiro 48; doble ciego mantenido. Resultados cuantitativos específicos; el texto concluye que el BF-689 clasifica con precisión y puede seguir cambios; limitaciones: muestra de conveniencia; inactiva caucásicos; atrición 30.3%.	27
Campa 2020	Desarrollar y validar ecuaciones para predecir somatotipo (endomorfia, mesomorfia, ecomorfia) usando BIA+ antropometría en futbolistas juvenes.	Estudio transversal con división de desarrollo (n=17) y validación (n=36). Total n=53 varones (13.6-22 años).	Varones futbolistas de academia Serie A; medidas de BIA (50 KHz), plegue triceps, perímetros de brazo controlado y pantorrilla, etc.	Modelos BIA/ antropometría para estimar somatotipo (ecuaciones con S/R, BMI, plegues, PHA, FFM/estatura).	Referencia: somatotipo por método Heath-Carter (antropometría de referencia).	Regresión (R ² , SEE); validación cruzada; CCC de Lin (p, Co); Bland-Altman (sesgo y LOA); PE (pure error).	Ecuaciones finales: endomorfia $R^2=0.86$ SEE=0.28; mesomorfia $R^2=0.87$ SEE=0.40; ecomorfia $R^2=0.86$ SEE=0.37. Validación: R^2 0.84(0.80/0.87); CCC 0.92(0.89/0.93); sesgo ≈ 0; LOA estrechos; sin diferencias (t pareadas $p<0.05$).	28
Carey 2023	Evaluar la validez y factibilidad del ADP para medir composición corporal en niños con fallo intestinal, comparado con deuterio-dilución (D2) secundariamente con DXA, BIA y plegues cutáneos.	Cohorte prospectiva de validación.	n=18 niños con fallo intestinal, 2-17 años; mediana edad 71 (R10 5.4-9.3 años; 50% niñas; longitud intestinal residual mediana 31 (22-85) cm; ingesta energética por NP 46 (39-49) kcal/kg/día.	ADP (BOD POD) para %grasa y FFM.	Deuterio-dilución (D2) como referencia principal; comparaciones secundarias con DXA, BIA y plegues.	Correlación de Spearman; Bland-Altman (sesgo y LOA).	Correlación %BF ADP frente a DD $r=0.29$; frente a DXA $r=0.62$; vs BIA $r=0.50$; frente a plegues $r=0.40$. Correlación FFM ADP frente a otros métodos $r=0.95-0.98$. Bland-Altman (FFM): sesgo con DD -1.9 kg (LOA 10.7 kg); con plegues +1.5 kg (LOA 22.9 kg); con DXA -10.7 kg (LOA 38.7 kg) y con BIA -7.7 kg (LOA 45.2 kg); %BF ADP frente a plegues: $r=0.43$; sesgo -0.2%; LOA 25.7%.	29

CONTINÚA EN PÁGINA SIGUIENTE

Tabla 1 (continuación)
Estudios sobre validación de bioimpedancia eléctrica (2010-2024).

Estudio/ Autor, año	Objetivo del estudio	Diseño del estudio	Población y muestra (características)	Método índice (BIA/BIS)	Método de referencia	Parámetros de validación utilizados	Resultados principales (valores cuantitativos)	Ref
Cattem 2024	Desarrollar y validar una ecuación de FFM basada en datos crudos MF-BIA en futbolistas adolescentes varones.	Derivación (n=100)/validación cruzada (n=49) por asignación aleatoria.	n=149 varones, 13-19 años; grupos de derivación y validación sin diferencias basales; hidratación adecuada por BIVA.	MF-BIA (datos crudos; altura ² /R, etc.).	DXA para FFM.	Regresión Stepwise; Bland-Altman; Concordancia de Lin (CCC); precisión: exactitud; SEE; validación cruzada; BIVA para hidratación.	Ecuación final FFM (kg)= $7.064+0.592 \cdot \text{edad (años)}+0.554 \cdot \text{peso (kg)}+0.365 \cdot (\text{altura}^2/\text{resistencia})$. R ² =0.95; SEE=1.76 kg; CCC=0.95; exactitud=-0.98; concordancia=0.99.	31
Charatsi 2016	Validar una ecuación específica para FFM por BIA en pacientes jóvenes con fibrosis quística y evaluar su relevancia clínica.	Prospectivo en 2 fases: desarrollo de ecuación (n=54) con DXA como referencia; análisis clínico asociado a función pulmonar.	n=54 jóvenes con FQ; 22.5% con FFM z-score ≤ -2 ; subgrupo con peor función pulmonar y diagrafmatia pese a IMC z normal en la mayoría.	BIA con ecuación específica derivada para FQ (regresión paso a paso).	DXA (criterio para FFM).	Regresión multivariante; Bland-Altman (sesgo y LOA); asociación BC con FEV1, FVC y función diagrafmatia.	Diferencia media BIA-DXA -0 (sesgo cercano a cero); identificación de 22.5% con FFM baja; asociación con peor FEV1/FVC y presión inspiratoria máx.	32
Chen 2023	Evaluar la concordancia entre BIA (SeeHigher BAS-H multifrecuencia) y ADP (BOD POD) en preescolares chinos (3-5 años).	Estudio transversal en gran cohorte.	n=981 niños, 3-5 años.	BIA SeeHigher BAS-H (multifrecuencia).	ADP (BOD POD).	Concordancia de Lin (CCC), comparaciones por estado ponderal; construcción de regresión en 5 años.	BIA subestimó FM y sobrestimó FFM en normopeso ($p<0.05$); patrón opuesto en obesidad ($p<0.05$). Concordancia fuerte FM y FFM entre métodos (CCC>0.80). Ecuación lineal específica a los 5 años construida (coeficientes no detallados).	33
Chiplonkar 2017	Validar BIA (Tanita BC-420MA) frente a DXA (GE-Lunar) en niños y adolescentes indios sanos (5-18 años).	Transversal, muestreo aleatorio estratificado por escuelas (Pune).	n=210 (114 niños, 96 niñas), 5-18 años.	BIA Tanita BC-420MA (50 kHz, 90 μ A).	DXA GE-Lunar DPX Pro (Encore 9.30.044).	Correlación de Pearson; Bland-Altman; diferencias medias; identificación de overall.	BIA subestimó %BF en 6.7 (37) puntos vs DXA. FFM, BMC y LM (por BIA mayores que DXA) ($p<0.001$). Diferencias medias DXA-BIA: FFZ=2.32 (1.37) kg; BMC=0.18 (0.15) kg; LM=0.15 (1.37) kg. Correlaciones: %BF 0.92; LM 0.96; FFM y BMC 0.98.	34
Clasey 2011	Desarrollar y validar una ecuación pediátrica BIA con representación HW/OW/UB en niños 5-11 años.	Desarrollo (n=36) y validación (n=75) con DXA como criterio; BIA tetra-polar 50 kHz.	Total n=436 blancos no-hispanos, 5-11 años; desarrollo: 203 niños (137 HW, 30 OW, 34 UB) y 158 niñas (110 HW, 29 OW, 19 UB); validación: 75.	BIA tetra-polar monofrecuencia (50 kHz).	DXA para FFM.	Regresión múltiple para FFM; validación cruzada; varianza explicada; <i>Stirnkage</i> .	Nueva ecuación explica 95.2% de la varianza en FFM; sin <i>stirnkage</i> en la validación.	35
Colica 2018	Desarrollar y validar una ecuación para LBM en niños basada en BIA y antropometría; comparar con otros métodos.	Derivación (n=105) y validación (n=35) (dentro de n=155 niños (5-14 años)).	n=155 reclutados en escuelas; sanos; asignación 2:1 derivación/validación.	BIA+antropometría (peso, talla, perímetros, etc.).	DXA para LBM (kg).	Regresión múltiple; Bland-Altman; comparación con ecuaciones (por ejemplo, Schaefer).	Ecuación propia concordante con LBM de DXA en validación; ecuación de Schaefer y BIA sin acuerdo con criterio.	36
Collins 2013	Desarrollar coeficientes de resistividad para BIS y predecir TBW/ECW en prematuros; validar frente a deuterio/bromuro.	Desarrollo y validación con cohortes separadas (n=9) con datos válidos).	Prematuros (edad gestacional media 32 semanas).	Bioimpedancia por espectroscopia (BIS, multifrecuencia).	TBW por deuterio; ECW por bromuro.	Correlaciones Pearson; Bland-Altman (sesgo y LOA).	Correlaciones TBW $r^2=0.825$ y ECW $r^2=0.75$. Sesgo pequeño (TBW 10 mL; ECW 40 mL) pero LOA amplios (TBW ± 650 mL; ECW ± 360 mL).	37

CONTINÚA EN PÁGINA SIGUIENTE

Tabla 1 (continuación)
Estudios sobre validación de bioimpedancia eléctrica (2010-2024).

Estudio/ Autor, año	Objetivo del estudio	Diseño del estudio	Población y muestra (características)	Método índice (BIA/BIS)	Método de referencia	Parámetros de validación utilizados	Resultados principales (valores cuantitativos)	Ref
Dasgupta 2018	Validar BCM (BIS) para TBW y sobrehidratación en niños sanos y en hemodialis.	Estudio metodológico con tres objetivos: (1) sanos, hemodialis, con 45 mediciones longitudinales. Base de referencia OH: de OH por edad).	Sanos: n=61 (6-14 años). Hemodialis: n=6 (4-13 años). n=634 (2-17 años).	BIS con BCM (wrist-to-ankle).	TBW por deuterio (sanos); TBW por urea kinetic modelling (UKM) (hemodialis).	Bland-Altman: R ² : comparación de medias; distribución de OH (10-90 percentil).	Sanos: TBW BCM 211±5.6 L frente a TBW D2O 203±5.8 L; R ² =0.97. Hemodialis: diferencia media -0.4 L (2SD ±3.0 L). OH en 2-17 años: -0.1±0.1 L (p10-p90: -0.8 a +0.6 L); sin correlación con edad (p=0.28).	38
Delshad 2021	Examinar (1) la validez de QUS frente a DXA para BMD/BMC y (2) la validez del algoritmo incorporado de BIA para composición corporal en niños 8-13 años de Nueva Zelanda.	Estudio transversal de validación.	n=124 niños sanos, 8-13 años.	BIA InBody 230 (Biospace) para FM, FFM y %FM; QUS calcáneo (Sahara, Hologic) para BMD/SL.	DXA (ODR Discovery A, Hologic) para TBWL BMC/BMD y composición corporal.	r de Pearson; Concordancia de Lin (CCC); Bland-Altman (sesgo y LOA).	QUS SI vs DXA (BMC/BMD): r=0.30-0.45 (p<0.01). BIA vs DXA: CCC FFM=0.96; FM=0.92; %FM=0.75 (p<0.05). Conclusión: BIA alternativa útil en cohortes de campo; QUS y DXA no intercambiables para BMD.	39
De Castro 2018	Determinar la validez de BIA multifrecuencia octapolar para FFM, FM, %BF, LSTW (total y segmentada) y BMC frente a DXA y ADP en niños y adolescentes con diagnóstico de VIH.	Estudio transversal de validez concurrente.	n=64 (35 niñas, 29 niños); edad media 12.22±2.13 años; VIH por transmisión vertical.	BIA multifrecuencia octapolar (InBody 720/ Biospace).	DXA (para LSTW total/segmental, FM, %BF, BMC) y ADP (para FM, FFM, %BF).	Correlaciones, sesgo (sub/sobreestimación), validez clínica por componente.	FFM: correlación clínicamente aceptable con DXA y ADP; BIA subestimó frente a ADP y sobrestimó frente a DXA. LSTW (total/segmentaria): correlación aceptable con DXA en ambos sexos; sobrestimación de LSTW, FM, %BF y BMC; correlación no aceptable con métodos de referencia en ambos sexos.	30
De Miranda 2024	Desarrollar y validar una ecuación de FFM por BIA monofrecuencia incluyendo edad prevista en el pico de velocidad de crecimiento (PHV). Comparar con ecuación previa basada en madurez ósea.	Transversal; derivación (n=113) y validación (n=56); análisis de concordancia global (n=169).	n=169 varones adolescentes deportistas; asignación aleatoria a derivación/validación.	BIA monofrecuencia (resistance); R ² =altura ² /R ² +edad prevista en PHV.	DXA para FFM (48.8±11.2 kg).	R ² del modelo, CCC vs DXA; Bland-Altman, kappa para madurez (ósea frente a PHV).	Nueva ecuación: variables R ² y edad prevista en PHV: R ² =0.918; CCC=0.960 frente a DXA. Ecuación previa (Koury): CCC=0.901, kappa madurez (ósea frente a PHV)=0.4237 (95%CI 0.298-0.553).	40
Diouf 2018	Desarrollar y validar ecuaciones específicas (TBW y %BF) por BIA en escolares senegaleses.	Transversal; selección aleatoria; desarrollo y validación internas.	n=151, 8-11 años; cuatro escuelas públicas de Dakar.	BIA multifrecuencia (Z50; altura ² /Z).	Dilución de deuterio (D2O) para TBW; %BF derivado.	Regresión múltiple; Bland-Altman; sesgo y LOA; error puro; pruebas de significación.	Ecuaciones: TBW = 0.376 (HF/750) -0.470 sexo+0.016 peso+0.065 altura -2.28; %BF = 110 (HF/750)+3.14 sexo +1.5; peso -4.347. Sesgo medio no significativo: TBW 0.11 kg (p=0.219); %BF 0.19 (p=0.764).	41
El Aghaoui 2013	Validar BAI en población pediátrica y, si procede, desarrollar un índice específico (BAIP).	Transversal; partición de la muestra para desarrollo/validación del BAIP.	n=1615 niños de 5-12 años (52% varones).	BAI original y BAIP derivado (BAIP=perímetro cadera/altura ^{0.8} x38).	BIA pie-a-pie como método de composición (para %BF) utilizado para validación estadística del índice.	Correlación; concordancia (ICC); Bland-Altman (LoA).	BAI sobrestimó %BF en un 49% (29.6±4.2% frente a 19.8±6.8%; p<0.0001). BAIP mostró mejor concordancia que BAI (ICC=0.83; IC95% 0.81-0.84). LOA amplios (≈ -9.1% a 8.8%).	42

CONTINÚA EN PÁGINA SIGUIENTE

Tabla 1 (continuación)
Estudios sobre validación de bioimpedancia eléctrica (2010-2024).

Estudio/ Autor, año	Objetivo del estudio	Diseño del estudio	Población y muestra (características)	Método índice (BIA/BIS)	Método de referencia	Parámetros de validación utilizados	Resultados principales (valores cuantitativos)	Ref
El Harchaoui 2018	Evaluar validez de ecuaciones publicadas y desarrollar nuevas ecuaciones TBW-BIA y FFM-BIA específicas para niños marroquíes.	Transversal; grupos de desarrollo y validación estratificados por sexo y edad.	n=247 escolares 8-11 años (Tanner I), urbanos; aleatorización a desarrollo/validación.	BIA (H ² /R, peso, sexo, edad).	D20 para TBW; FFM derivada.	Comparación con ecuaciones publicadas (sesgo, efecto tamaño, error puro, sesgo proporcional); regresión; Bland-Altman; validación cruzada.	Nuevas ecuaciones: TBW (L)=0.269+0.292·H ² · R=0.221; peso+0.824·sexo+0.291· edad (R ² =0.91; RMSE=154 kg). FFM (kg)=0.450+0.380·H ² · R=0.291; peso+1.294·sexo+0.446· edad (R ² =0.91; RMSE=197 kg).	43
Ferri Morales 2018	Evaluar acuerdo entre DXA y BIA pie-a-pie para %BF usando ADP como referencia en atletas varones jóvenes.	Transversal comparativo por deporte (nadadores, futbolistas, ciclistas).	n=104 varones 12-14 años (40 nadadores, 37 futbolistas, 27 ciclistas).	BIA pie-a-pie; %BF por ecuación del dispositivo.	ADP (Bod Pod) como referencia; DXA como comparador adicional.	Correlaciones (ajustada por edad); ICC; Bland-Altman; comparación de sesgos.	ADP vs DXA r=0.84; ADP frente a BIA r=0.60 (p<0.001) %BF menor por DXA y BIA vs ADP (p<0.001); ICC: ADP-DXA r=0.67-0.79 (buena-excelente); ADP-BIA r=0.26-0.49 (pobre). Sesgo BIA mayor y LOA más amplios que DXA.	44
Finn 2015	Probar la validez convergente del Omron 306 utilizando InBody 720 como comparador en jóvenes.	Transversal, sesión única.	n=267 (145 niños), 10,4-17,9 años.	Omron 306 (%BF).	InBody 720 (%BF; FFM).	r de Pearson; Bland-Altman (LOA); regresión múltiple (edad, FFM).	r %BF: niños 0.63, niñas 0.89 (p<0.001). Diferencia media (InBody-Omron) %BF: niños -4.7% (LOA: -20.5 a 11.2); niñas +3% (LOA: -10 a 4). FFM predijo las discrepancias en niños (BF: -0.25±0.08%, p=0.001). Conclusión: no equivalentes.	45
Gonzalez Ruiz 2018	Analizar precisión de BIA (mBCA Seca, Tanita BC-420MA) y ecuaciones de Slaughter frente a DXA en exceso de adiposidad.	Transversal; análisis por sexo.	n=127 (11-17 años), 70% niñas; HEPAFIT.	BIA Seca mBCA Y Tanita BC-420MA; pliegues (Slaughter).	DXA (Hologic Horizon).	t pareadas; Bland-Altman (LOA); Concordancia de Lin (pc).	r con DXA>0.430. En ambos sexos, BIA y Slaughter difieren de DXA (p<0.001). LOA (frente a DXA) niños: Seca 6.3±2.9; Tanita 2.2±2.8; Slaughter -3.2±4.3. Niñas: Seca 2.3±4.8; Tanita 2.4±2.0; Slaughter 3.9±18.3. Concordancia pobre (pc<0.5); BIA/Slaughter subestiman BF% frente a DXA.	46
Grilo 2020	Validar ecuaciones de BIA por %FFM frente a DXA en niños/adolescentes con DMD.	Transversal; comparación de 8 ecuaciones (%FFM).	n=46 varones 5-20 años con DMD.	BIA (resistencia y reactividad); 8 ecuaciones publicadas para %FFM.	DXA para %FFM.	r de Pearson; R ² ; RMSE; ICC; regresión; Bland-Altman (sesgo, LOA).	Todas las ecuaciones correlacionaron con DXA (p<0.05). Bland-Altman: 6/8 sin sesgo significativo; 1 con alta variación/LOA amplios; 5/8 ecuaciones precisas en DMD frente a DXA.	47
Gutiérrez Marín 2021	Generar una ecuación para FFM por BIA en niños con obesidad y evitar sesgo por diferente densidad de FFM.	Transversal (baseline de ECA); derivación n=249; prueba n=66; 4-compartimentos (4C) en submuestra de prueba.	n=315 (8-14 años) con obesidad.	BIA (salidas del dispositivo) para construir ecuación FFM específica por obesidad.	Modelo 4C (ADP+DXA+D20+ densidad ósea/ajustes en submuestra; ADP ajustado para derivación.	Bland-Altman; sesgo; validación externa contra 4C; comparación con salidas del dispositivo.	Reducción del sesgo FFM del 141% (IC95% 127-154) a 4.6% (3.8-5.4); FM del 18.4% (16.9-19.9) a 6.4% (5.3-7.4). Mejora de LOA; desaparece tendencia de sesgo con mayor FM/FFM.	48

CONTINUA EN PAGINA SIGUIENTE

Tabla 1 (continuación)
Estudios sobre validación de bioimpedancia eléctrica (2010-2024).

Estudio/ Autor, año	Objetivo del estudio	Diseño del estudio	Población y muestra (características)	Método índice (BIA/BIS)	Método de referencia	Parámetros de validación utilizados	Resultados principales (valores cuantitativos)	Ref
Haroun 2010	Describir diferencias de composición corporal entre etnias y validar BIA pierna-pierna (Tanita TBF-300) en adolescentes usando deuterio (D2O) como referencia; generar ecuaciones específicas por etnia.	Transversal con submuestras de generación (group 1) y validación cruzada (group 2).	n=382 adolescentes 11-15 años: 110 blancos, 170 asiáticos, 102 negros. Medidas: peso, talla, TBW (D2O). BIA Tanita TBF-300.	BIA pierna-pierna (Tanita TBF-300); ecuaciones del fabricante y ecuaciones nuevas.	Dilución de deuterio (D2O) - TBW LM derivada por hidratación asumida de FFM.	Modelos lineales generalizados entre grupos étnicos; Bland-Altman; validación cruzada (group1-group2).	Las ecuaciones del fabricante presentaron sesgo significativo en varones blancos y asiáticos y en mujeres asiáticas y negras. La nueva ecuación (nuestra) completó el eliminio sesgos cruzados por etnia. En validación cruzada no hubo sesgo significativo por etnia.	49
Kourkouvelis 2021	Desarrollar y validar ecuaciones de BIA para TBW y FFM en adolescentes europeos (7-14 años) usando deuterio como referencia; comparar con ecuaciones publicadas.	Transversal multicéntrico; división 10/30; entrenamiento-10/30; validación final; retrenado final; en toda la muestra.	n=266 (46% niñas) de 5 países europeos (Bosnia y Herzegovina, Letonia, Montenegro, Macedonia del Norte, Portugal).	BIA (índice de resistencia, peso, sexo).	Deuterio (D2O) para TBW; FFM derivada por hidratación.	Regresión múltiple, R ² ajustado; RMSE; Bland-Altman; validación cruzada 10-fold; comparación con ecuaciones previas.	Ecuaciones finales explicaron 87% de la varianza (TBW y FFM). LOA 17% de TBW y 13% de FFM. Sesgo 0.2 kg (TBW) y -0.01 kg (FFM); s=83% dentro de ± 1 DE de referencia.	50
Lara Pompa 2024	Examinar aceptabilidad, practicidad, fiabilidad y validez de antropometría, BIA, SFT y DXA en pacientes pediátricos con diagnósticos complejos (ingreso y alta).	Cohorte hospitalaria prospectiva (admisión/alta).	n=152 niños 5-18 años; técnicas múltiples en hospital terciario.	BIA (FFM) y otras técnicas simples comparadas contra DXA.	DXA como referencia para FFM/FFM (Bland-Altman y Kappa).	Aceptabilidad continua; tasa de éxito; ICC; coeficientes de repetibilidad; Bland-Altman; kappa.	Todas las técnicas aceptables: >50% mediciones exitosas. BIA-FFM no difiere de DXA y mostró acuerdo sustancial (k=0.65). Todas las sobreestimaron FM frente a DXA; triplicar SFT y BMI identificaron mejor FM anormal (k=0.49 y 0.46).	51
Larsen 2021	Evaluar validez y fiabilidad del InBody 270 (BIA) frente a DXA en niños 10-12 años del proyecto FIFA IT for Health.	Transversal (baseline); análisis por sexo.	n=127 (70 niños, 57 niñas); 10.7 $\pm$ 0.5 años; masa 41.2 $\pm$ 9.0 kg; talla 149 $\pm$ 7 cm; BMI 18.5 $\pm$ 3.3.	BIA InBody 270 (multifrecuencia).	DXA (GE Lunar Prodigy).	Correlaciones (r); fiabilidad inter dispositivo (ICC, TEM); Bland-Altman (sesgo, p<0.0001).	Asociaciones r=0.97-0.99; ICC=0.98-1.00; TEM=0.04-0.19%. Sesgo clínicamente relevante en FM (-2.56 kg niños; -2.33 kg niñas) y LBW (-122 g niños; -10.49 kg niñas); sesgos dependientes del sexo; recomendación: no uso clínico prescriptivo.	52
Lee 2017	Validar BIA8SF (Tanita BC-418) y BIA8MF (InBody 230) frente a DXA en niños taiwaneses 7-12 años.	Transversal.	n=150 (72 niños, 78 niñas), 7-12 años.	BIA8SF y BIA8MF (segmental, mono frente a multifrecuencia).	DXA como referencia.	Correlaciones: Lin pc; Bland-Altman; análisis por sexo; precisión LBW frente a FM/%BF; ALM (precisión pobre).	Ambos BIAs subestimaron FM y %BF frente a DXA en ambos sexos. BIA8MF mostró mejor acuerdo: pc LBW sustancialmente perfecto; acuerdo clínico aceptable para LBW; LOA de %BF amplios; ALM con baja exactitud en ambos.	53
Lewis 2023	Calibrar una ecuación BIA para FFM/TBW usando D2O en niños ugandeses con talla baja (stunting).	Subestudio dentro del ensayo MAGNUS; calibración por regresión múltiple.	n=50 niños con HAZ $\geq$ 5.8 (RIO -2.92 a -2.37); 16-59 meses; 46% niñas.	BIA a 50 kHz (impedancia 150; índice altura ² /Z).	Dilución de deuterio para TBW y FFM.	R ² ajustado; RMSE; error de predicción; comparación con ecuaciones Masuda (Japón) y Essa a (Camerún).	Índice altura ² /Z solo explicó 89.2% de la varianza FFM (RMSE=583 g, error 6.5%). Modelo final con edad, sexo, índice y HAZ explicó 94.5% (RMSE=402 g, 4.5%).	54

CONTINÚA EN PÁGINA SIGUIENTE

Tabla 1 (continuación)
Estudios sobre validación de bioimpedancia eléctrica (2010-2024).

Estudio/ Autor, año	Objetivo del estudio	Diseño del estudio	Población y muestra (características)	Método índice (BIA/BIS)	Método de referencia	Parámetros de validación utilizados	Resultados principales (valores cuantitativos)	Ref
Liu 2011	Desarrollar y validar ecuaciones BIA para TBW y FFM en niños asiáticos prepuberes (5 países).	Multicéntrico transversal; desarrollo y validación por Bland-Altman.	n=948 (8-10 años) de China, Líbano, Malasia, Filipinas y Tailandia.	BIA (R, Xc, índice altura ² /R).	Dilución de deuterio (TBW)-FFM derivada.	Regresión paso a paso: R ² , RMSE, Bland-Altman; efectos de etnia/IMC.	TBW (L)=0.231*HT ² /R+0.066*HT+0.188*peso+0.128*edad+0.500*sexo-0.316*Thais-4.574 (R ² =88%, RMSE=1.3 kg). FFM (kg)=0.299*HT ² /R+0.086*HT+0.745*peso+0.260*edad+0.901*sexo-0.415*etnia(Thai)-6.952 (R ² =88.3%, RMSE=1.7 kg). Tendencia: sobrestima en niveles bajos y subestima en altos.	55
López González 2022	Comparar múltiples métodos (SF, DXA, ADP, D20 y MRI) contra el modelo 4C en niños/adolescentes mexicanos.	Transversal.	n=288; submuestra MRI n=32.	Diferentes técnicas simples frente a 4C (criterio).	Modelo 4-C (criterio) combinando DXA, ADP, D20 (y otros).	Correlación, regresión lineal, Bland-Altman.	Todos los métodos correlacionaron fuertemente para FFM respecto a 4C y entre sí. DXA MRI sobre-estimaron FM, SF y ADP subestimaron FM; los métodos no son intercambiables.	56
Luque 2014a	Validar Tanita BC-418 frente a DXA (composición corporal total) y derivar ecuaciones a partir de impedancia cruda.	Transversal 7 años, submuestra española del proyecto europeo).	n=171 (84 niños).	Tanita BC-418 (salidas internas) y ecuaciones derivadas (BIA regressions).	DXA: FMI p90,8 como punto de corte en análisis de clasificación.	Diferencias relativas: sensibilidad/especificidad para FMI-p90,8; Bland-Altman.	BIA outputs frente a DXA: diferencia pequeña en LM (~1%) y moderada en FM (~13%). BIA regressions: diferencias pequeñas en LM (0.21%) y FM (4.62%). Clasificación FMI>p90,8: outputs sens 84.6% (64.3-94.9) esp 95.9% (90.8-98.3); regressions sens 100% (98.1-100) esp 95.9% (92.3-99.4).	57
Luque 2014b	Validar la composición segmental estimada por Tanita BC-418 frente a DXA y desarrollar ecuaciones segmentales.	Transversal; misma cohorte (7 años).	n=171 (84 niños).	Tanita BC-418 (outputs segmentales) y BIA regressions segmentales combinando antropometría e impedancias.	DXA segmental.	Diferencias relativas: Bland-Altman por segmento; comparación outputs frente a regressions.	Outputs: buena concordancia para LM de pierna (+6.5% diferencia), alta discrepancia (>30%) para FM y LM de tronco. Regressions: diferencias <20% (tronco FM), 1.5% (tronco LM), 3.1% (pierna LM). Conclusion: algoritmos internos no válidos salvo LM pierna; ecuaciones propias mejoran estimación segmental.	58
Lyons 2024	Desarrollar y validar ecuación de FFM por BIS (SF87) en niños de 3.5 años usando DXA como referencia.	Derivación (~10%, n=45) y validación interna (~30%, n=20).	n=65 niños de 3.5 años en Nueva Zelanda; DXA IDXA GE Lunar y BIS SF87.	Bioimpedancia por espectroscopia (BIS, SF87) y ecuación empírica con peso, sexo, etnia y L ² /R50.	DXA (IDXA GE Lunar).	R ² , RMSE, sesgo y LOA (Bland-Altman); comparación con ecuaciones publicadas y teoría de mezclas.	Ecuación derivada: FFM(kg)=1.39+0.30*peso+0.39*(longitud/R50)+0.30*sexo*(M=1)+0.28*etnia (asiático=1). Varianza expli-cada 88%; RMSE 0.39 kg (3.4% media FFM). Validación (n=20): sesgo 0.04 kg (0.3%); LOA ±1.6%; de FFM media (-0.82, 0.90 kg). Ecuación SF87 interna: sesgo -0.43 kg; LOA (-1.65, 0.79) kg; p<0.001.	59

CONTINÚA EN PÁGINA SIGUIENTE

Tabla 1 (continuación)
Estudios sobre validación de bioimpedancia eléctrica (2010-2024).

Estudio/ Autor, año	Objetivo del estudio	Diseño del estudio	Población y muestra (características)	Método índice (BIA/BIS)	Método de referencia	Parámetros de validación utilizados	Resultados principales (valores cuantitativos)	Ref
Mahaffey 2023	Evaluar validez concurrente y fiabilidad de %FM por BIA frente a ADP en niños 6-12 años (con y sin obesidad).	Transversal (validez) repetición intradía (fiabilidad).	n=71 niños (25 con obesidad); submuestra n=10 para fiabilidad intradía.	BIA multifrecuencia mano-pie con ecuación pediátrica.	ADP (<i>Bod Pod</i>) con ecuaciones sexo/edad-específicas para densidad corporal.	t pareadas; r de Pearson; LOA; TEM; ICC.	BIA subestimó %FM frente a ADP en el total: -3.4±5.6% (ES=0.42); obesidad: -5.2±5.9% (ES=0.40); sin obesidad: -2.2±5.5% (-0.80; 3.22); % de error: 1.5% (total), 1.0% (sin obesidad). Fiabilidad TEM: 0.65% (BIA), 0.55% (ADP); ICC: 0.93 (BIA) y 0.95 (ADP).	60
Mattio 2020	Evaluar TBW por BIA en 3-21 años con peso normal frente a exceso; comparar con valores de estudios por dilución isotópica.	Transversal comparativo; comparación con datos históricos (dilución).	n=335 estudios en 312 participantes; n normales=202, exceso=133; 3-21 años.	BIA (TBW).	Comparación con dos estudios por dilución (históricos).	Comparaciones de medias; pruebas de significación (p).	Exceso de peso: TBW mayor para L; P<0.001, pero menor para peso/BSA (24.93 frente a 26.94 L; P<0.001). Con dilución: sin diferencia con un estudio (p=1.00) y diferencia significativa con otro (p=0.001).	61
Mok 2010	Comparar la capacidad de BIA y pliegues para estimar CAMBIOS en FFM y %FM frente a DXA en niños con DMD.	Análisis secundario longitudinal (<5 meses) en 26 niños DMD ambulatorios (3-11 años).	n=26 varones 3-11 años con DMD; dos medidas separadas por ~5 meses.	BIA monofrecuencia 50 KHz; pliegues cutáneos.	DXA (criterio) para cambios en FFM y %FM.	Diferencias de cambio; Bland-Altman (concordancia); IC 95%.	Frente a DXA: pliegues sobreestimaron el cambio en FFM (media +0.6 kg; IC95% 0.17 a 0.99) -subestimación de cambio en %FM (-1.4%; -2.6 a -0.2). BIA estimó el cambio en FFM (-0.05 kg; -0.39 a 0.29) y %FM (+1.3%; -0.06 a 2.7) sin diferencias significativas respecto a DXA.	62
Nystrom 2016	Evaluar Tanita SC-240 en niños de 5.5 años frente al modelo de 3 componentes (3C).	Transversal con comparación individual y clasificación por terciles de BF%.	n=40 niños sanos, 5.5 años, Suecia.	BIA Tanita SC-240 (pie-a-pie).	Modelo 3C (ADP+IBW+masa).	Diferencias de medias; Bland-Altman; correlaciones; clasificación por terciles de BF%.	BIA frente a 3C: BF% 19.4±3.9 frente a 23.5±5.5 (p<0.001); FM 4.1±1.9 frente a 5.3±2.5 kg; FMkg 16.4±2.4 frente a 15.2±2.0 kg. Correlaciones 0.81-0.96; LOA anchas; clasificación correcta de BF% por terciles: 60%.	63
Thivel 2018	Evaluar la sensibilidad de BIA (Tanita MC-780) para seguir CAMBIOS de composición corporal frente a DXA en adolescentes con obesidad.	Longitudinal (3 meses) con intervención de pérdida de peso; análisis por grado de obesidad.	n=196 adolescentes con obesidad (Tanner 3-5), 14±0.9 años.	BIA Tanita MC-780 (total y segmental).	DXA Hologic.	Correlaciones y concordancias de cambios (M0-M3) para FM% y FM kg; análisis por terciles de adiposidad y cambios.	Cambios M0-M3: FM% r=0.41 (p<0.001) y FMkg r=0.64 (p<0.001) entre BIA y DXA; FMkg r=0.03 (p=0.72). Mayor grado de obesidad y mayor magnitud de cambio -mayores discrepancias; precisión reducida con alta adiposidad.	64
Tint 2016	Desarrollar/validar ecuaciones de FFM por BIA + antropometría en neonatos asiáticos usando ADP como referencia.	Cohorte GUSTO: nacimiento y semana 2; derivación (2/3) y validación (1/3); validación externa en cohorte de Queensland.	nacimiento n=173; semana-2 n=140; validación externa independiente.	BIA (L2/R50)+sexo+ antropometría.	ADP (PEFA POD) para FFM.	Regresión múltiple; ICC; Bland-Altman (sesgo y LOA); validación externa.	A la semana-2, L2/R50 predictor significativo de FFM; varianzas explicadas 88.9%. Modelo con L/R50 mejoró ligeramente el sesgo: 0.01 kg con LOA (0.18; -0.20). Ecuaciones aplicadas a cohorte externa con desempeño similar a la edad correspondiente.	65

CONTINÚA EN PÁGINA SIGUIENTE

Tabla 1 (continuación)
Estudios sobre validación de bioimpedancia eléctrica (2010-2024).

Estudio/ Autor, año	Objetivo del estudio	Diseño del estudio	Población y muestra (características)	Método índice (BIA/BIS)	Método de referencia	Parámetros de validación utilizados	Resultados principales (valores cuantitativos)	Ref
Tompuri 2015	Comparar <i>InBody</i> 720 (SMF-BIA) con DXA en niños prepuberales; analizar acuerdo total y segmental y relación con antropometría.	Transversal; n=178 predominantemente prepuberales.	n=178; análisis por sexo.	SMF-BIA (<i>InBody</i> 720).	DXA (<i>Lunar Prodigy Advance</i>).	ICC y r^2 Bland-Altman; offsets y LA por sexo; análisis segmental.	Correlaciones totales >0.92 ; regionales >0.74 . SMF-BIA subestimó %BF y FM y sobrestimó LM, con sesgo dependiente de adiposidad. Offsets %BF (chicas/chicos): 3.9/1.6% con LA (-1.4 a 9.2%)/(-3.4 a 6.7%). Offsets porcentuales FM 18.8/1.1% sin tendencia; LM % offset 4.3/0.1% (LA 0.88/0.03 kg; -2.05/-1.71 kg).	66
Tuszczyki 2023	Desarrollar/validar ecuaciones de gasto energético en reposo (REE) en chicos físicamente activos; usar BIA para composición.	Transversal; derivación n=184 y validación n=148.	n=332 varones (media 13.2±2.0 años) futbolistas, dos grupos.	Ecuaciones predictivas de REE: (1) altura y peso; (2) edad, altura y FFM (de BIA).	Calorimetría indirecta (IC) como referencia para REE.	Error medio (kcal), sesgo (%) exactitud (%) dentro de $\pm 10\%$; Bland-Altman.	Ecuación (1) error: 51±19.9 kcal; sesgo: -0.17%; exactitud: 61.2%; Ecuación (2) error: -39±19.1 kcal; sesgo: 0.39%; exactitud: 66.2%; Cohen's d=0.2 (diferencia pequeña).	67
Utter 2010	Evaluar precisión de MFBI en estimar FFM frente a pesaje hidrostático (HW) y pliegues (SK) en luchadores.	Transversal en 72 luchadores de secundaria en estado hidratado.	n=72; edad 15.3±1.4 años; Talla 1.71±0.08 m; masa 67.3±13.4 kg.	MFBI; pliegues 3 sitios.	Hidrostatic Weighing (HW).	Diferencias de medias; SEE; correlaciones; sesgo sistémico.	FFM MFBI 57.2±9.5 kg frente a HW 57.0±10.1 (ns) y SK 56.4±8.8 (ns). SEE (frente a HW): 2.73 kg (MFBI) y 2.66 kg (SK). r FFM: 0.96 (MFBI vs HW) y 0.97 (SK frente a HW). Sesgo sistemático: diferencia MFBI-HW correlacionó con media FFM ($r=-0.22$; $p<0.001$).	68
Van Zyl 2019	Comparar FFM por ecuaciones BIA publicadas frente a DXA e implementar una nueva ecuación específica de población para FFM.	Transversal; comparación de 17 ecuaciones BIA; desarrollo de ecuación propia y validación cruzada interna.	n=84 (52% niñas, edad 8.5±1.4 años; convivencia en Pretoria; DXA <i>Hologic Discovery</i> W; BIA Seca <i>mBCA 514</i> (R, Xc a 50 kHz). FFM DXA media 21.5±4.9 kg; %BF DXA 33.4±9.7.	BIA multifrecuencia (Seca <i>mBCA 514</i>) + ecuaciones publicadas y ecuación nueva (log(RI), peso, Xc, sexo).	DXA <i>Hologic Discovery</i> W para FFM (total body less head).	t pareadas; Bland-Altman (sesgo, LoA); ICC; validación cruzada; análisis de potencia.	Dos ecuaciones publicadas sin diferencia con DXA; sesgos 0.15 kg (LoA -2.68; 2.37) y 0.01 kg (-2.68; 2.66). Nueva ecuación: FFM=103.0±0.807 (sex+0.174 peso +0.019xc+1571 log(RI)). R ² adj=0.9544; sin <i>shrinkage</i> en validación cruzada.	69
Von Graffenried 2021	Comparar %BF por pliegues (SF), BIA y modelo 3C frente a DXA en niños con ELI (CD/UC).	Transversal (clínica ambulatória) con mediciones a 0, 6 y 12 meses; análisis principal frente a DXA.	n=21 (11 niñas, 10 niños). 12-16 años; remisión clínica.	BIA <i>Akern BodyGram</i> Pro (ecuaciones Chumlea); SF 4 sitios (Harpenden); 3C (Siri); 80 por SF; TBW por BIA).	DXA como referencia para %BF.	Spearman; Bland-Altman (LoA); com-paración de LoA entre métodos.	BIA mostró los LoA más estrechos: -6.4 a 6.5 %BF; SF: -6.1 a 10.7; 3C: -4.5 a 8.6. Conclusión: BIA válido y preciso en ELI pediátrica; 3C no demostró superioridad.	70

CONTINÚA EN PÁGINA SIGUIENTE

Tabla 1 (continuación)
Estudios sobre validación de bioimpedancia eléctrica (2010-2024).

Estudio/ Autor, año	Objetivo del estudio	Diseño del estudio	Población y muestra (características)	Método índice (BIA/BIS)	Método de referencia	Parámetros de validación utilizados	Resultados principales (valores cuantitativos)	Ref
Wang 2015	Examinar la validez de 4 dispositivos BIA (A: <i>Bioimpedance</i> ; B: <i>Tanita BM-643</i> ; C: <i>Tanita BC-545</i> ; D: <i>InBody 520</i>) frente a DXA.	Transversal; análisis por sexo con concordancia de Lin, t pareadas, Bland-Altman y error total.	n=255 (9-19 años; 127 niños, 128 niñas), Shanghai.	BIA A (mano-pie 50 kHz), B (pie-pie 50 kHz), C (dual-frecuencia), D (multifrecuencia 8 electrodos).	DXA <i>GE Lunar Prodigy</i> (criterio) para %BF y FFM (A y D).	Concordancia de Lin (rc): t pareadas; Bland-Altman (ses-go/LOA); error total (TE).	rc pobres para A-C y moderado para D. Niños: diferencias %BF con B y C (sim) y A y D (asim); diferencia, pero sesgo proporcional significativo. Niñas: diferencias con B, C y D. A sin diferencia pero con sesgo proporcional.	71
Wibaek 2015	Desarrollar ecuaciones para FFM y FM basadas en BIA ($L^2/250$) en lactantes 0-6 meses usando IADP como referencia.	Cohorte longitudinal; análisis; 186 evaluaciones en 101 lactantes; validación 10-fold cross-validation.	n=101 (186 mediciones) 0-6 meses; evaluaciones en nacimiento, 12,3,4,5-6 meses.	BIA <i>Bodystat QuadScan 4000</i> (750); índice de impedancia $L^2/250$.	IADP (PEA POD) para FFM/FM (densitometría de 2 compartimentos).	Regresión múltiple paso a paso; R ² adj; RMSE; k^2 fold (10) cross-validation; Bland-Altman.	Modelo antropométrico (peso, edad, sexo): R ² adj=0.94; RMSE=200 g. Añadir $L^2/250$ mejora a R ² =0.95; RMSE=181 g (error -4.4%). En <3 meses, $L^2/250$ no mejora FFM frente a peso+edad+sexo; ≥3 meses sí mejora.	72
Zamora Salas 2017	Verificar la validez del %BF por BIA (<i>Bodystat</i>) frente a dilución de deuterio en escolares costarricenses.	Transversal; analítico; comparación por sexo.	n=101 (52 niños, 49 niñas), 6-9 años; ayuno nocturno 12 h; reposo relativo; control de orina predosis.	BIA <i>Bodystat QuadScan 4000</i> ; posición supina; electrodos en mano/ pie derechos.	Dilución de deuterio (2H2O) con muestras de saliva (Plateau); cálculo FFM por hidratación Fomon/Schoeller.	Regresión lineal; t pareadas; concordancia de Lin; Bland-Altman.	Asociación alta: varones R=0.97 (R ² =0.95), niñas R=0.98 (R ² =0.96); sin diferencias de medias %BF entre métodos por sexo; concordancia casi perfecta; Bland-Altman: BIA similar a D2O en ambos sexos.	73
Eijlerskov 2014	Desarrollar y validar ecuaciones predictivas para estimar la masa libre de grasa (FFM) en niños de 3 años a partir de bioimpedancia eléctrica (BIA) y antropometría, utilizando DXA como método de referencia. Se plantearon dos modelos: uno completo (BIA, variables medidas antropométricas) (BIA+altura+peso).	Análisis transversal de desarrollo y validación interna de ecuaciones predictivas, anidado en una cohorte observacional (estudio SKOT). Desarrollo de modelos mediante regresión lineal múltiple con validación cruzada (10-fold cross-validation).	Cohorte SKOT: 330 niños (niños y niñas) incluidos; 263 (80%) completaron la visita de 36 meses.	Bioimpedancia eléctrica tetrapolar de cuerpo entero, monofrecuencia 50 kHz (Quantum III, R.J.L. Systems, Michigan, EE.UU.).	DXA de cuerpo entero (<i>Lunar Prodigy Advance, GE Healthcare</i>) con software <i>enCore v12.30</i> .	Regresión lineal múltiple (modelo completo y modelo simple); Gráficos de Bland-Altman para FFM, pred frente a FFM DXA y FM, cal frente a FM DXA (diferencia frente a media).	Ambas ecuaciones (completa y simple) ofrecen una predicción de FFM muy próxima a DXA a nivel poblacional (error -3%), con error mayor relativo para FM (-10-12%) y sesgo dependiente del nivel de adiposidad.	74

Abreviaturas: DXA: absorciometría de rayos X de energía dual; ADP: plethimografía por desplazamiento de aire; D, O: dilución de deuterio; BIA: análisis de impedancia bioeléctrica; BIS: espectroscopia de impedancia bioeléctrica; FFM: masa libre de grasa; FM: masa grasa; %BF: porcentaje de grasa corporal; TBW: agua corporal total; BMC: contenido mineral óseo; BMD: densidad mineral ósea; LSTW: masa de tejido blando magro; CCC: coeficiente de correlación de concordancia de Lin; RMSE: raíz del error cuadrático medio; SE: error estándar de estimación; ICC: coeficiente de correlación intraclass; TEM: error típico de medida; LOA: límites de acuerdo; R: resistencia (cuando se emplea en ecuaciones de impedancia); Xc: reactancia; 3C: modelo de tres compartimentos; 4C: modelo de cuatro compartimentos.

- BIA monofrecuencia a 50 kHz.

En cerca de la mitad de los artículos, la descripción del método índice, aunque suficiente desde el punto de vista clínico, no permitió una clasificación homogénea del tipo exacto de dispositivo o configuración (tetrapolar mano-pie, segmentaria frente a total, número de frecuencias).

Los métodos de referencia más frecuentes fueron:

- Absorciometría dual de rayos X (DXA) en treinta y un estudios.
- Dilución de deuterio (D_2O) para estimar agua corporal total (TBW) y derivar masa libre de grasa (FFM) en catorce estudios.
- Pletismografía por desplazamiento de aire (ADP, Bod Pod) en doce estudios, a veces empleada como referencia principal para porcentaje de BF y como comparador adicional frente a DXA o BIA.
- Modelos multicompartimentales (3C-4C) que combinaban D_2O , ADP y DXA en un subconjunto de estudios, considerados referencia de mayor nivel.
- Métodos específicos como modelización cinética de urea en hemodiálisis o protocolos isotópicos en lactantes.

Los parámetros de composición corporal evaluados se centraron en:

- Masa libre de grasa (FFM) y masa grasa (FM) (kg y porcentaje).
- Porcentaje de grasa corporal (%BF).
- Agua corporal total (TBW).

- Parámetros derivados como somatotipo, gasto energético en reposo o sobrehidratación.

Una parte importante de los estudios (24) no solo evaluó dispositivos o ecuaciones existentes, sino que desarrolló nuevas ecuaciones específicas de población (por edad, sexo, etnia, estado ponderal o nivel de actividad física), habitualmente a partir de variables como altura²/resistencia, peso, sexo y edad, con validación interna y, en algunos casos, validación cruzada o externa.

RESULTADOS DE VALIDEZ DEL BIA FRENTE A LOS MÉTODOS DE REFERENCIA

Asociación y calibración global. En los estudios que reportaron coeficientes de correlación, la correlación entre las estimaciones de BIA y los métodos de referencia fue muy variable: se observaron valores de r entre 0,03 y 0,98. En general, las correlaciones fueron:

- Altas (r igual o mayor de 0,80) en varios estudios de niños y escolares aparentemente sanos en los que se validaban ecuaciones específicas frente a D_2O , DXA o modelos 3C/4C, especialmente cuando la ecuación se derivaba en la misma población.
- Moderadas (r entre 0,70 y 0,79) o bajas (r menor de 0,70) en contextos de obesidad, atletas jóvenes, lactantes o poblaciones clínicamente complejas, o cuando se aplicaban ecuaciones genéricas o proporcionadas por el fabricante a poblaciones muy distintas de aquellas en las que habían sido desarrolladas.

Aunque la correlación fue a menudo elevada, los análisis de acuerdo (Bland-Altman, concordancia de Lin) muestra-

ron con frecuencia discrepancias relevantes a nivel individual.

Masa libre de grasa y agua corporal total.

La FFM fue el desenlace más extensamente evaluado. En los estudios que utilizaron D_2O o modelos 3C/4C como referencia, el BIA mostró en general correlaciones altas con FFM (frecuentemente r superior a 0,85 en ecuaciones derivadas específicamente para la población de estudio).

Sin embargo, cuando se aplicaban ecuaciones genéricas o propietarias de dispositivos (por ejemplo, ecuaciones pediátricas estándar de *Tanita* o *InBody*) a poblaciones distintas (obesidad, contextos multiétnicos, deportistas), se observaron sesgos sistemáticos, habitualmente en forma de sobreestimación de FFM y subestimación de FM en niños con obesidad y de sesgos dependientes del sexo o la etnia en algunas cohortes.

En trabajos centrados en TBW (sobre todo frente a D_2O), el BIA multifrecuencia y la BIS mostraron buena asociación con TBW en niños sanos y sesgos clínicamente relevantes en presencia de alteraciones del estado de hidratación (por ejemplo, niños en hemodiálisis o con sobrehidratación), donde el rendimiento fue mejor cuando se empleaban ecuaciones o algoritmos específicos.

Masa grasa y porcentaje de grasa corporal. Para FM y porcentaje de BF, el BIA mostró un patrón más heterogéneo en escolares y adolescentes sin obesidad; algunos dispositivos (por ejemplo, *Tanita*, *InBody*, *Bodystat*) presentaron diferencias medias pequeñas frente a DXA o ADP, con correlaciones moderadas-altas.

En cambio, en poblaciones con obesidad o en deportistas de alto nivel, el BIA tendió a subestimar el porcentaje de BF frente a ADP o DXA en niños con obesidad y a proporcionar estimaciones discordantes entre sí (BIA frente a DXA frente a ADP) en deportistas, con regresión hacia la media y menor precisión en los extremos de composición corporal.

Varios estudios que derivaron ecuaciones específicas para FM/porcentaje de BF lograron reducir el sesgo medio y estrechar los límites de acuerdo frente a los métodos de referencia, pero a costa de una aplicabilidad más restringida (sexo, rango de edad, etnia o contexto concreto).

Otros desenlaces (somatotipo, gasto energético y parámetros clínicos). Un número reducido de estudios empleó el BIA para estimar somatotipo (endomorfia, mesomorfia, ectomorfia) en deportistas jóvenes, con buen ajuste de los modelos (R^2 elevados, errores estándar bajos) cuando se combinaba BIA con antropometría.

También se empleó para estimar el gasto energético en reposo (REE) a partir de ecuaciones que incluían componentes de BIA, con errores medios y sesgos moderados y una proporción relevante de sujetos fuera de los márgenes de $\pm 10\%$ del método de referencia.

Por último, algunos estudios también emplearon el BIA para calcular parámetros específicos como sobrehidratación en nefrología pediátrica, donde el BIA mostró buenos resultados frente a modelos de referencia, aunque con limitaciones en individuos extremos y en comparaciones individuales.

Análisis de subgrupos. Al menos nueve estudios realizaron análisis explícitos por subgrupos (sexo, categoría de IMC, etnia, condición clínica o estatus de deportista) o incluyeron validación en muestras independientes.

Los patrones más consistentes fueron:

Estado ponderal:

- La validez fue mejor en niños normopeso, con sesgos pequeños y límites de acuerdo más estrechos.
- En sobrepeso/obesidad, el BIA (especialmente con ecuaciones genéricas) subestimó sistemáticamente el porcentaje de BF o FM, con incremento del error total y ampliación de los límites de acuerdo. Ecuaciones desarrolladas específicamente en población con obesidad redujeron de forma clara el sesgo y atenuaron la dependencia del error respecto al nivel de adiposidad.

Sexo y etnia:

- Algunos estudios mostraron diferencias de sesgo según sexo, especialmente en dispositivos pie-a-pie, con discrepancias más marcadas en niñas en determinadas etnias.
- En muestras multiétnicas, el rendimiento fue aceptable en el grupo con características similares a la cohorte de desarrollo, pero menos consistente en otros grupos étnicos, lo que sugiere una limitada transportabilidad de ciertas ecuaciones.

Poblaciones clínicas específicas. En poblaciones como niños en hemodiálisis,

enfermedades neuromusculares o lactantes, el comportamiento del BIA dependió de la alteración de la hidratación y del compartimento FFM. En estos grupos, el error fue mayor cuando se aplicaban ecuaciones derivadas en población general y mejoró con algoritmos específicos.

Análisis de sensibilidad y fiabilidad. En cuanto a sensibilidad al cambio, los estudios longitudinales (principalmente en adolescentes con obesidad o en intervenciones de pérdida de peso) mostraron que el BIA captó adecuadamente la dirección del cambio en FM/FFM, pero tendió a subestimar la magnitud de los cambios, sobre todo en presencia de pérdidas de peso importantes o cambios rápidos de composición corporal, con correlaciones moderadas entre los cambios medidos por BIA y por DXA.

Respecto a la fiabilidad, al menos doce estudios evaluaron la reproducibilidad de las medidas del BIA (intra-observador, inter-observador o test-retest). En los estudios que reportaron coeficientes de correlación intraclass (ICC), los valores se situaron en torno a 0,93-0,98, con errores típicos de medida pequeños, lo que indica una fiabilidad muy alta.

Aunque existe variabilidad entre dispositivos, ecuaciones y métodos de referencia, los resultados permiten extraer una conclusión consistente: el BIA es una técnica altamente reproducible y puede ser útil para la estimación grupal y el seguimiento longitudinal, mientras que su precisión depende de forma crítica del dispositivo, la ecuación y el contexto de aplicación.

Riesgo de sesgo y preocupaciones de aplicabilidad. El análisis sistemático del riesgo de sesgo utilizando la herramienta QUADAS-2 mostró que, globalmente, predominó un bajo riesgo de sesgo, aunque con limitaciones recurrentes en algunos dominios.

De los cincuenta y seis estudios incluidos, cincuenta y cinco fueron evaluables con QUADAS-2. A nivel global, cuarenta y uno de cincuenta y cinco se clasificaron como de bajo riesgo de sesgo, nueve de cincuenta y cinco presentaron riesgo alto en al menos un dominio y cinco de cincuenta y cinco se catalogaron con riesgo incierto por información insuficiente.

Por dominios específicos:

- **Selección de pacientes:** cuarenta y cuatro estudios con bajo riesgo, siete con riesgo alto y cuatro con riesgo incierto. Los problemas más frecuentes fueron muestras de conveniencia con espectro restringido (por ejemplo, solo prepúberes, solo deportistas, solo niños con obesidad) y escasa información sobre reclutamiento y exclusiones, lo que puede limitar la generalización.
- **Prueba índice (BIA):** cincuenta y un estudios con bajo riesgo, dos con riesgo alto y dos con riesgo incierto. El riesgo alto se asoció sobre todo a desarrollo y validación de ecuaciones en la misma cohorte sin validación verdaderamente independiente, y a la falta de detalle sobre cegamiento respecto al método de referencia en algunos trabajos.
- **Estándar de referencia:** cuarenta y ocho estudios con bajo riesgo, uno con riesgo alto y seis con riesgo

incierto. El estándar de referencia se consideró generalmente adecuado (DXA, D₂O, ADP o modelos multicompartimentales). Las dudas se concentraron en estudios con información incompleta sobre el protocolo de referencia o con posibles fuentes de error sistemático no descritas en detalle.

- **Flujo y tiempo:** cincuenta y tres estudios con bajo riesgo, uno con riesgo alto y uno incierto. La mayoría midió índice y referencia en la misma sesión o en un intervalo corto, con bajas pérdidas de datos. El riesgo alto se asoció a flujos poco claros o a tiempos prolongados entre índice y referencia en contextos clínicamente inestables.

En cuanto a las preocupaciones de aplicabilidad: treinta y ocho estudios se valoraron con baja preocupación global, trece con preocupación alta y cuatro incierta.

Las principales fuentes de preocupación fueron:

- Muestras muy específicas (deportistas de élite, patologías concretas, espectros de edad o pubertad muy acotados) que no representan la población pediátrica general.
- Ecuaciones extremadamente específicas (por ejemplo, derivadas en una sola etnia o en un contexto geográfico particular), lo que limita su extrapolación a otros entornos.

En conjunto, el cuerpo de evidencia disponible se apoya mayoritariamente en estudios con bajo riesgo de sesgo y aplicabilidad razonable, pero con una proporción no despreciable de trabajos en los que la selección de la muestra, la

derivación de ecuaciones en la misma cohorte y la alta especificidad poblacional obligan a interpretar los resultados de validez del BIA en Pediatría con cautela, especialmente fuera del contexto de desarrollo de cada ecuación o dispositivo.

DISCUSIÓN

La presente revisión sistemática sintetiza la evidencia disponible sobre la validez del análisis de la impedancia bioeléctrica (BIA) para la evaluación de la composición corporal en niños y adolescentes. La evidencia es heterogénea en dispositivos, ecuaciones y métodos de referencia, pero permite extraer una conclusión consistente: el BIA es una técnica altamente reproducible y potencialmente útil para estimación grupal y seguimiento longitudinal, mientras que su precisión depende de forma crítica del contexto de aplicación, del tipo de dispositivo y, especialmente, de la adecuación de las ecuaciones utilizadas a la población evaluada.

Según los estudios analizados, el BIA presenta una asociación variable con los métodos de referencia. Esta variabilidad no parece reflejar únicamente una debilidad intrínseca de la técnica, sino también la dependencia del BIA de ecuaciones específicas de población. Cuando las ecuaciones se derivan y validan en cohortes similares en edad, sexo y estado ponderal, el BIA alcanza correlaciones altas frente a DXA, dilución isotópica o modelos multicompartmentales. Al mismo tiempo es importante no interpretar el BIA como un sustituto directo de los métodos de referencia en la evaluación diagnóstica individual, sino como una herramienta complementaria para la estimación grupal y el seguimiento longitudinal.

En población con sobrepeso y obesidad, el BIA tiende a subestimar la masa grasa y el porcentaje de grasa corporal, con sesgos crecientes a medida que aumenta el grado de adiposidad. No obstante, varios estudios demostraron que el desarrollo de ecuaciones específicas para población con obesidad reduce de forma sustancial estos sesgos y mejora el acuerdo con los métodos de referencia.

En deportistas jóvenes, las discrepancias entre BIA, DXA y ADP tienden a ser mayores, lo que puede relacionarse con perfiles de hidratación y distribución de masa libre de grasa distintos, además de la aplicación de ecuaciones no calibradas para fenotipos con alta masa magra. En estos contextos, la estandarización del protocolo (ayuno, hidratación, ejercicio previo y horario) y el uso de ecuaciones específicas pueden mejorar el acuerdo con los métodos de referencia.

El uso predominante del IMC como criterio diagnóstico y de seguimiento presenta limitaciones bien conocidas (75-76): no distingue compartimentos corporales ni informa sobre la distribución del tejido adiposo. Además, aunque el IMC puede contribuir a la estigmatización en determinados contextos, no debe asumirse que su utilización se asocia necesariamente con una mayor estigmatización o con efectos psicosociales negativos en todos los casos (77). El BIA permite complementar la información aportada por un indicador antropométrico indirecto mediante la estimación de parámetros relacionados con la composición corporal. Esta información puede contribuir a orientar el abordaje hacia indicadores de salud y riesgo cardiometabólico, teniendo en cuenta que la distribución y acumulación del tejido

adiposo, especialmente la adiposidad visceral, se han relacionado con dicho riesgo (78).

Este cambio de enfoque puede contribuir a un modelo de atención menos centrado exclusivamente en el peso corporal y más orientado a la salud, siempre que la información obtenida se integre con la valoración clínica global y no se interprete de forma aislada.

Esta revisión pone de manifiesto que la validez del BIA en Pediatría no es universal, sino dependiente del contexto, y que debería ir acompañada de una selección informada del dispositivo y de las ecuaciones utilizadas, así como de una interpretación centrada en la evolución individual más que en valores absolutos aislados.

Los resultados de esta revisión deben interpretarse además en el contexto de la evidencia disponible sobre la utilidad clínica del BIA. El reciente informe de evaluación de tecnologías sanitarias del Ministerio de Sanidad sobre la utilización del BIA para la evaluación del sobrepeso y la obesidad en Atención Primaria señala que la evidencia sobre su asociación con resultados de salud futuros es limitada y de calidad baja a moderada, y no identificó evaluaciones económicas previas que justificaran su incorporación desde una perspectiva de coste-efectividad. Asimismo, la evaluación económica realizada en dicho informe estimó un impacto presupuestario relevante para una implantación generalizada en Atención Primaria (79). Estos resultados no contradicen los hallazgos de la presente revisión, cuyo objetivo es evaluar la validez del BIA para estimar composición corporal, pero ponen de manifiesto que una buena reproducibilidad o validez frente a métodos de refe-

rencia no equivale necesariamente a demostrar beneficio clínico, coste-efectividad o utilidad para la predicción de eventos de salud.

La heterogeneidad de dispositivos, ecuaciones y métodos de referencia, junto con el reporte incompleto en algunos estudios, limita la comparabilidad y dificulta un metanálisis. Además, aunque QUADAS-2 es adecuada para estudios de validez tipo prueba índice frente a referencia, una parte del corpus incluye desarrollo o validación de ecuaciones predictivas, para las que marcos como TRIPOD/PROBAST podrían aportar una evaluación complementaria.

Entre las limitaciones propias del proceso de revisión, la búsqueda se limitó a tres bases de datos (*PubMed*, *EMBASE* y *Cochrane Library*), sin consultar otras fuentes bibliográficas como *Web of Science*, *Scopus* o *LILACS/SciELO*, ni realizar búsqueda manual de las referencias de los estudios incluidos o de las listas de citación cruzada. Esta estrategia puede haber dejado fuera estudios potencialmente relevantes, especialmente aquellos no indexados en las bases consultadas o procedentes de determinados contextos geográficos. Asimismo, no se consultaron registros de ensayos y se excluyó de forma explícita la literatura gris, lo que puede favorecer el sesgo de publicación y limitar la identificación de resultados no publicados. Aunque se incluyeron estudios publicados en cualquier idioma, la cobertura limitada de fuentes de información podría condicionar la representatividad de la evidencia disponible.

Tampoco se realizó una valoración formal del posible sesgo de publicación o de comunicación selectiva de resultados a nivel del conjunto de la revisión.

sión. La elevada heterogeneidad de los estudios y la ausencia de un metanálisis dificultan la aplicación de métodos cuantitativos para explorar este posible sesgo. Por otra parte, no se realizó una evaluación formal de la certeza global de la evidencia mediante GRADE, por lo que la interpretación de la solidez del conjunto de la evidencia debe realizarse principalmente a partir del riesgo de sesgo, la consistencia de los resultados, la magnitud y dirección de los sesgos observados y las preocupaciones de aplicabilidad identificadas mediante QUADAS-2.

Además de estos elementos, tenemos previsto como líneas futuras un estudio de factibilidad operativa del BIA en Pediatría de Atención Primaria, una evaluación económica y un análisis de aceptabilidad y equidad.

CONCLUSIONES

La evidencia analizada en este trabajo respalda que la bioimpedanciometría es una herramienta fiable, no invasiva y útil para la vigilancia y, especialmente, para el seguimiento longitudinal de la composición corporal en niños y adolescentes. No sustituye a los métodos de referencia en la evaluación individual precisa y su rendimiento depende del dispositivo y, sobre todo, de la ecuación y del contexto de aplicación. Su aplicabilidad y reproducibilidad la convierten en un instrumento valioso para complementar al IMC y avanzar hacia un abordaje menos centrado en el peso y más orientado a indicadores de salud y riesgo cardiometabólico en la población infantil y adolescente. 

BIBLIOGRAFÍA

1. World Health Organization. *Noncommunicable diseases: Childhood overweight and obesity* [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2025 [consultado 21 sep 2026]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/noncommunicable-diseases-childhood-overweight-and-obesity>
2. GBD 2021 Risk Factors Collaborators. *Global burden and strength of evidence for 88 risk factors in 204 countries and 811 sub-national locations, 1990-2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021*. Lancet. 2024;403(10440):2162-2203. doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)00933-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)00933-4)
3. Gullón Tosio P, Terol Claramonte M, Rollán Gordo A, Honorato Chullán MA, Hernando Freile Álvaro, Montes Bentura D et al. *Prevención y abordaje de la obesidad en la infancia y la adolescencia: construyendo bienestar social desde la acción pública sobre los determinantes de la salud: e202504023*. Rev Esp Salud Pública [Internet]. 30 de abril de 2025 [consultado 18 de septiembre de 2026];99(1). Disponible en: <https://ojs.sanidad.gob.es/index.php/resp/article/view/1257>
4. Cabrera-León A, Recuero Carretero C, Gómez SF, Neira León M, Zoni Matta AC, García FM. *Obesidad en la infancia y la adolescencia: características metodológicas de los estudios con estimaciones para España*. Rev Esp Salud Pública. Disponible en: <https://ojs.sanidad.gob.es/index.php/resp/article/view/1716>
5. Polo Martín P, Abellan JJ, Nájjar Godoy MI, Álvarez de Lavada Mulero T. *Tablas de crecimiento: impacto sobre la prevalencia de los trastornos nutritivos*. Anales de Pediatría. 2015;82(5):325-337.
6. Cole TJ, Lobstein T. *Extended international (IOTF) body mass index cut-offs for thinness, overweight and obesity*. Pediatr Obes. 2012;7(4):284-294.
7. World Health Organization. *Obesity and overweight* [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2025 [consultado 21 sep 2026]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
8. Romero-Corral A, Prado CM. *Rethinking obesity: beyond BMI*. The Lancet Diabetes & Endocrinology. 2025;13(2):85-7.
9. Puhl RM, Heuer CA. *Obesity stigma: important considerations for public health*. Am J Public Health. 2010;100(6):1019-1028.

10. Warnick JL, Darling KE, West CE, Jones L, Jelalian E. *Weight Stigma and Mental Health in Youth: A Systematic Review and Meta-Analysis*. Journal of Pediatric Psychology. 2022;47(3):237-255.
11. Jebb SA, Cole TJ, Doman D et al. *Evaluation of the novel Tanita body-fat analyser in children aged 5-7 y*. International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders. 2000;24(12):1705-1712.
12. Wells JC, Fewtrell MS. *Measuring body composition*. Arch Dis Child. 2006;91(7):612-617.
13. Marra M, Sammarco R, De Lorenzo A et al. *Assessment of body composition in health and disease using bioelectrical impedance analysis (BIA) and bioelectrical impedance vector analysis (BIVA)*. European Journal of Clinical Nutrition. 2019;73(9):1291-1297.
14. Talma H, Chinapaw MJM, Bakker B, HiraSing RA, Terwee CB, Altenburg TM. *Bioelectrical impedance analysis to estimate body composition in children and adolescents: a systematic review and evidence appraisal of validity, responsiveness, reliability and measurement error*. Obes Rev. 2013;14(11):895-905. doi: <https://doi.org/10.1111/obd.12061>
15. 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):1298-1305. doi: <https://doi.org/10.1038/ejcn.2015.86>
16. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM et al. *The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews*. BMJ. 2021;372:n71. doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
17. PROSPERO. *International prospective register of systematic reviews*. Registro CRD420261305127. York (UK): Centre for Reviews and Dissemination, University of York; [consultado 24 feb 2026]. Disponible en: <https://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO/view/CRD420261305127>
18. Whiting PF, Rutjes AW, Westwood ME, Mallett S, Deeks JJ, Reitsma JB et al. *QUADAS-2: a revised tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies*. Ann Intern Med. 2011;155(8):529-536.
19. Aguilar-Troncoso J, Díaz-Zavala RG, Antúnez-Román LE, Robles-Sardín AE, Valencia ME. *Body Composition in Youths Aged 10-17 Years by Deuterium Oxide Dilution, Air Displacement Plethysmography, and DXA: Validation of the Medical Body Composition Analyzer Bioimpedance Device by a 4-Compartment Model*. J Nutr. 2023;153(2):443-450.
20. Aguirre CA, Salazar GD, Lopez de Romaña DV, Kain JA, Corvalán CL, Uauy RE. *Evaluation of simple body composition methods: assessment of validity in prepubertal Chilean children*. Eur J Clin Nutr. 2015;69(2):269-273.
21. Asadi M, Zare Javid A, Kazemi P, Sharifat M, Samadani M, Bavi Behbahani H. *Development and Validation of a Simple Equation to Fat Mass and Percentage of Body Fat in Children and Adolescents*. Journal of kerman university of medical sciences. 2024;31(1):8-16.
22. Bammann K, Huybrechts I, Vicente-Rodriguez G, Easton C, De Vriendt T, Marild S et al. *Validation of anthropometry and foot-to-foot bioelectrical resistance against a three-component model to assess total body fat in children: the IDEFICS study*. Int J Obes (Lond). 2013;37(4):520-526.
23. Bandyopadhyay S, Puttaswamy D, Gabriel MP, J J, Finkelshtein JL, Selvam S et al. *Estimation of Hydration and Density of Fat-Free Mass in Indian Children Using a 4-Compartment Model: Implications for the Estimation of Body Composition Using 2-Compartment Models*. J Nutr. 2023;153(2):435-442.
24. Barreira TV, Staiano AE, Katzmarzyk PT. *Validity assessment of a portable bioimpedance scale to estimate body fat percentage in white and African-American children and adolescents*. Pediatr Obes. 2013;8(2):e29-32.
25. Bell KL, Boyd RN, Walker JL, Stevenson RD, Davies PS. *The use of bioelectrical impedance analysis to estimate total body water in young children with cerebral palsy*. Clin Nutr. 2013;32(4):579-584.
26. Ben Jemaa H, Mankai A, Khelifi S, Minaoui R, Ghozzi D, Zediri M 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):227-233.
27. Butcher A, Kabiri LS, Brewer W, Ortiz A. *Criterion Validity and Sensitivity to Change of a Pediatric Bioelectrical Impedance Analysis Scale in Adolescents*. Child Obes. 2019;15(2):142-148.
28. Campa F, Matias CN, Nikolaidis PT, Lukaski H, Talluri J, Toselli S. *Prediction of Somatotype from Bioimpedance Analysis in Elite Youth Soccer Players*. Int J Environ Res Public Health. 2020;17(21).
29. Carey AN, Quinn N, Arouchon K, Elman DM, Buccigrosso TM,

Mitchell PD et al. *Air Displacement Plethysmography is an Accurate and Feasible Noninvasive Measure of Fat-Free Mass in Children With Intestinal Failure*. J Pediatr Gastroenterol Nutr. 2023;77(4):553-557.

30. De Castro JAC, De Lima LRA, Silva DAS. *Accuracy of octa-polar bioelectrical impedance analysis for the assessment of total and appendicular body composition in children and adolescents with HIV: comparison with dual energy X-ray absorptiometry and air displacement plethysmography*. J Hum Nutr Diet. 2018;31(2):276-285.

31. Catterm MVO, Coelho GMO, Koury JC. *Fat-free mass predictive equation using multifrequency bioelectrical impedance data in adolescent soccer athletes: development and cross-validation*. Nutrition. 2024;125:112484.

32. Charatsi AM, Dusser P, Freund R, Maruani G, Rossin H, Boulier A et al. *Bioelectrical impedance in young patients with cystic fibrosis: Validation of a specific equation and clinical relevance*. J Cyst Fibros. 2016;15(6):825-33.

33. Chen F, Wu L, Chen Y, Wang J, Liu J, Huang G et al. *A comparison of bioelectrical impedance analysis and air displacement plethysmography to assess body composition in children*. Front Public Health. 2023;11:1164556.

34. Chipionkar S, Kajale N, Ekbote V, Mandlik R, Parthasarathy L, Khadilkar V et al. *Validation of Bioelectric Impedance Analysis against Dual-energy X-Ray Absorptiometry for Assessment of Body Composition in Indian Children Aged 5 to 18 Years*. Indian Pediatr. 2017;54(11):919-924.

35. Clasey JL, Bradley KD, Bradley JW, Long DE, Griffith JR. *A new BIA equation estimating the body composition of young children*. Obesity (Silver Spring). 2011;19(9):1813-1817.

36. Colica C, Di Renzo L, Gualtieri P, Romano L, Costa de Miranda R, De Lorenzo A et al. *Development and cross-validation of predictive equation for estimating total body lean in children*. Ann Ist Super Sanita. 2018;54(1):20-7.

37. Collins CT, Reid J, Makrides M, Lingwood BE, McPhee AJ, Morris SA et al. *Prediction of body water compartments in preterm infants by bioelectrical impedance spectroscopy*. Eur J Clin Nutr. 2013;67 Suppl 1:S47-53.

38. Dasgupta I, Keane D, Lindley E, Shaheen I, Tyerman K, Schaefer F et al. *Validating the use of bioimpedance spectroscopy for assessment*

of fluid status in children. Pediatr Nephrol. 2018;33(9):1601-1607.

39. Delshad M, Beck KL, Conlon CA, Mugridge O, Kruger MC, von Hurst PR. *Validity of quantitative ultrasound and bioelectrical impedance analysis for measuring bone density and body composition in children*. Eur J Clin Nutr. 2021;75(1):66-72.

40. De Miranda AC, Coelho GMO, Catterm MVO, Koury JC. *Fat-free mass predictive equation using bioelectrical impedance and maturity offset in adolescent athletes: Development and cross-validation*. Nutrition. 2024;123:112415.

41. Diouf A, Diongue O, Nde M, Idohou-Dossou N, Thiam M, Wade S. *Validity of bioelectrical impedance analysis in predicting total body water and adiposity among Senegalese school-aged children*. PLoS One. 2018;13(10):e0204486.

42. El Aarbaoui T, Samouda H, Zitouni D, di Pompeo C, De Beaufort C, Trincaretto F et al. *Does the body adiposity index (BAI) apply to paediatric populations?* Ann Hum Biol. 2013;40(5):451-458.

43. El Harchaoui I, El Hamdouchi A, Baddou I, El Menchawy I, Benjeddou K, Saeid N et al. *Development and validation of bioelectrical impedance analysis equations for prediction total body water and fat-free mass using D(2)O technique in Moroccan children aged between 8 and 11 years old*. Eur J Clin Nutr. 2018;72(12):1663-1672.

44. Ferri-Morales A, Nascimento-Ferreira MV, Vlachopoulos D, Ubago-Guisado E, Torres-Costoso A, De Moraes ACF et al. *Agreement Between Standard Body Composition Methods to Estimate Percentage of Body Fat in Young Male Athletes*. Pediatr Exerc Sci. 2018;30(3):402-410.

45. Finn KJ, Saint-Maurice PF, Karsai I, Ihász F, Csányi T. *Agreement Between Omron 306 and Biospace InBody 720 Bioelectrical Impedance Analyzers (BIA) in Children and Adolescents*. Res Q Exerc Sport. 2015;86 Suppl 1:S58-65.

46. González-Ruiz K, Medrano M, Correa-Bautista JE, García-Hermoso A, Prieto-Benavides DH, Tordecilla-Sanders A 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).

47. Grilo EC, Cunha TA, Costa Á DS, Araújo BGM, Lopes M, Maciel BLL et al. *Validity of bioelectrical impedance to estimate fat-*

free mass in boys with Duchenne muscular dystrophy. PLoS One. 2020;15(11):e0241722.

48. Gutierrez-Marin D, Escribano J, Closa-Monasterolo R, Ferre N, Venables M, Singh P *et al.* *Validation of bioelectrical impedance analysis for body composition assessment in children with obesity aged 8-14y.* Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland). 2021;40(6):4132-4139.

49. Haroun D, Taylor SJ, Viner RM, Hayward RS, Darch TS, Eaton S *et al.* *Validation of bioelectrical impedance analysis in adolescents across different ethnic groups.* Obesity (Silver Spring). 2010;18(6):1252-1259.

50. Kourkoumelis N, Grujic VR, Grabez M, Vidic A, Siksnia I, Lazda I *et al.* *New bioelectrical impedance analysis equations for children and adolescents based on the deuterium dilution technique.* Clin Nutr ESPEN. 2021;44:402-409.

51. Lara-Pompa NE, Macdonald S, Fawbert K, Shaw V, Wells JC, Fewtrell M *et al.* *Measuring body composition in pediatric patients with complex diagnoses: Acceptability, practicality, and validation of different techniques.* Nutr Clin Pract. 2024;39(3):673-684.

52. Larsen MN, Krustup P, Araújo Póvoas SC, Castagna C. *Accuracy and reliability of the InBody 270 multi-frequency body composition analyser in 10-12-year-old children.* PLoS One. 2021;16(3):e0247362.

53. Lee LW, Liao YS, Lu HK, Hsiao PL, Chen YY, Chi CC *et al.* *Validation of two portable bioelectrical impedance analyses for the assessment of body composition in school age children.* PLoS One. 2017;12(2):e0171568.

54. Lewis JI, Friis H, Mupere E, Wells JC, Grenov B. *Calibration of Bioelectrical Impedance Analysis Against Deuterium Dilution for Body Composition Assessment in Stunted Ugandan Children.* J Nutr. 2023;153(2):426-434.

55. Liu A, Byrne NM, Ma G, Nasreddine L, Trinidad TP, Kijboonchoo K *et al.* *Validation of bioelectrical impedance analysis for total body water assessment against the deuterium dilution technique in Asian children.* Eur J Clin Nutr. 2011;65(12):1321-1327.

56. Lopez-Gonzalez D, Wells JCK, Clark P. *Body Composition Assessment in Mexican Children and Adolescents. Part 2: Cross-Validation of Three Bio-Electrical Impedance Methods against Dual X-ray Absorptiometry for Total-Body and Regional Body Composition.* Nutrients. 2022;14(5).

57. Luque V, Closa-Monasterolo R, Rubio-Torrents C, Zaragoza-Jordana M, Ferré N, Gispert-Llauradó M *et al.* *Bioimpedance in 7-year-old children: validation by dual X-ray absorptiometry-part 1: assessment of whole body composition.* Ann Nutr Metab. 2014;64(2):113-121.

58. Luque V, Escribano J, Zaragoza-Jordana M, Rubio-Torrents C, Ferré N, Gispert-Llaurado M *et al.* *Bioimpedance in 7-year-old children: validation by dual X-ray absorptiometry-part 2: assessment of segmental composition.* Ann Nutr Metab. 2014;64(2):144-155.

59. Lyons-Reid J, Ward LC, Derraik JGB, Thway-Tint M, Monnard CR, Ramos Nieves JM *et al.* *Prediction of fat-free mass in young children using bioelectrical impedance spectroscopy.* Eur J Clin Nutr. 2024;78(10):872-879.

60. Mahaffey R, Brown N, Cramp M, Morrison SC, Drechsler W. *Evaluation of bioelectrical impedance analysis in measuring body fat in 6-to-12-year-old boys compared with air displacement plethysmography.* Br J Nutr. 2023;130(6):1098-1104.

61. Mattoo TK, Lu H, Ayers E, Thomas R. *Total body water by BIA in children and young adults with normal and excessive weight.* PLoS One. 2020;15(10):e0239212.

62. Mok E, Letellier G, Cuisset JM, Denjean A, Gottrand F, Hankard R. *Assessing change in body composition in children with Duchenne muscular dystrophy: anthropometry and bioelectrical impedance analysis versus dual-energy X-ray absorptiometry.* Clin Nutr. 2010;29(5):633-638.

63. Delisle Nyström C, Henriksson P, Alexandrou C, Löf M. *The Tanita SC240 to Assess Body Composition in Pre-School Children: An Evaluation against the Three Component Model.* Nutrients. 2016;8(6).

64. Thivel D, Verney J, Miquet M, Masurier J, Cardenoux C, Lambert C *et al.* *The accuracy of bioelectrical impedance to track body composition changes depends on the degree of obesity in adolescents with obesity.* Nutr Res. 2018;54:60-68.

65. Tint MT, Ward LC, Soh SE, Aris IM, Chinnadurai A, Saw SM *et al.* *Estimation of fat-free mass in Asian neonates using bioelectrical impedance analysis.* Br J Nutr. 2016;115(6):1033-1042.

66. Tompuri TT, Lakka TA, Hakulinen M, Lindi V, Laaksonen DE, Kilpeläinen TO *et al.* *Assessment of body composition by dual-energy X-ray absorptiometry, bioimpedance analysis and anthropome-*

trics in children: the Physical Activity and Nutrition in Children study. Clin Physiol Funct Imaging. 2015;35(1):21-33.

67. Łuszczki E, Jagielski P, Bartosiewicz A, Deren K, Matkoż P, Kuchciak M et al. *Development and validation of new predictive equations for resting energy expenditure in physically active boys.* Sci Rep. 2023;13(1):4527.

68. Utter AC, Lambeth PG. *Evaluation of multifrequency bioelectrical impedance analysis in assessing body composition of wrestlers.* Med Sci Sports Exerc. 2010;42(2):361-367.

69. Van Zyl A, White Z, Ferreira J, Wenhold FAM. *Developing an Impedance Based Equation for Fat-Free Mass of Black Preadolescent South African Children.* Nutrients. 2019;11(9).

70. Von Graffenried T, Godin JP, Schoepfer A, Breton I, Martin FP, Nydegger A. *Body composition assessment in children with inflammatory bowel disease: A comparison of different methods.* J Paediatr Child Health. 2021;57(9):1414-1419.

71. 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.

72. Wibæk R, Kæstel P, Skov SR, Christensen DL, Girma T, Wells JC et al. *Calibration of bioelectrical impedance analysis for body composition assessment in Ethiopian infants using air-displacement plethysmography.* Eur J Clin Nutr. 2015;69(10):1099-1104.

73. Zamora Salas JD, Laclé-Murray A. *Predictive validity of body fat percentage by bioimpedance compared with deuterium oxide dilution in Costa Rican schoolchildren.* Am J Hum Biol. 2017;29(5).

74. Ejlerskov KT, Jensen SM, Christensen LB, Ritz C, Michaelsen KF, Mølgaard C. *Prediction of fat-free body mass from bioelectrical impedance and anthropometry among 3-year-old children using DXA.* Sci Rep. 2014;4:3889.

75. Rubino F, Cummings DE, Eckel RH, Cohen RV, Wilding JPH, Brown WA et al. *Definition and diagnostic criteria of clinical obesity.* Lancet Diabetes Endocrinol. 2025;13(3):221-262. doi: [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(24\)00316-4](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(24)00316-4)

76. Bowman-Busato J, Schreurs L, Halford JCG, Yumuk V, O'Malley G, Woodward E, De Cock D, Baker JL. *Providing a common language for obesity: the European Association for the Study of Obesity obesity taxonomy.* Int J Obes (Lond). 2025;49(2):182-191. doi: <https://doi.org/10.1038/s41366-024-01565-9>

77. Rubino F, Puhl RM, Cummings DE, Eckel RH, Ryan DH, Mechanick JI et al. *Joint international consensus statement for ending stigma of obesity.* Nat Med. 2020;26(4):485-497. doi: <https://doi.org/10.1038/s41591-020-0803-x>

78. Schröder H, Juton C, Goran MI et al. *Twenty-year trend in the prevalence of increased cardiometabolic risk, measured by abdominal obesity, among Spanish children and adolescents across body mass index categories.* BMC Med. 2024;22:509. doi: <https://doi.org/10.1186/s12916-024-03719-y>

79. León Salas B, González Hernández Y, Linertová R, Herrera Ramos E, Torres Castaño A, Pinto Robayna B et al. *Valoración de la composición corporal mediante bioimpedancia eléctrica para la evaluación del sobrepeso y la obesidad en Atención Primaria.* Ministerio de Sanidad. Servicio de Evaluación del Servicio Canario de la Salud; 2024. Informes de Evaluación de Tecnologías Sanitarias. Disponible en: [https://www3.gobiernodecanarias.org/sanidad/scs/content/77a-63b7f325f-11f0-8179-59efd18f1bc/\\$E\\$CS_2024_Bioimpedancia.pdf](https://www3.gobiernodecanarias.org/sanidad/scs/content/77a-63b7f325f-11f0-8179-59efd18f1bc/ECS_2024_Bioimpedancia.pdf)