

eISSN: 2452-5812

<http://jmh.pucv.cl/>

Recibido: 23/05/2026

Aceptado: 30/06/2026

Disponibile: 30/06/2026

Publicado: 01/07/2026

Artículo original

Concordancia entre bioimpedancia eléctrica multifrecuencia segmental y métodos antropométricos para estimar adiposidad y masa muscular en futbolistas adultos amateur

Agreement between segmental multifrequency bioelectrical impedance analysis and anthropometric methods for estimating adiposity and muscle mass in amateur adult soccer players

Farfán-Díaz, Á¹

Correspondencia[✉]

MSc. Álvaro Farfán-Díaz

Carrera de Nutrición y Dietética, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Tarapacá, Arica, Chile

alvarofarfandiaz@gmail.com

Resumen

Objetivo: Analizar las diferencias y concordancia entre bioimpedancia eléctrica multifrecuencia segmental (BIA) y métodos antropométricos para estimar adiposidad y masa muscular en futbolistas adultos amateur. **Métodos:** Estudio observacional transversal en 27 futbolistas con mediciones pareadas de BIA y antropometría. Para adiposidad, la BIA se comparó con Durnin-Siri, Faulkner, Yuhasz y la masa adiposa estimada mediante el modelo pentacompartimental de Kerr. Para masa muscular, se comparó con Kerr, Lee y Martin. Se calcularon diferencias pareadas, sesgo, límites de acuerdo, correlación intraclase, errores medios y pendiente del sesgo proporcional. **Resultados:** Para adiposidad, Durnin-Siri fue el método más cercano a la BIA, sin diferencias significativas. Faulkner y Yuhasz entregaron valores menores que la BIA, mientras que la masa adiposa Kerr presentó valores mayores. Para masa muscular, Kerr no difirió significativamente de la BIA; Lee entregó valores menores y Martin valores mayores. **Conclusión:** La BIA y los métodos antropométricos no son directamente intercambiables en esta población. Aunque Durnin-Siri y Kerr mostraron mayor proximidad promedio con la BIA, la variabilidad individual y el sesgo proporcional exigen cautela y consistencia metodológica en el seguimiento.

Palabras clave: composición corporal; impedancia eléctrica; antropometría; grasa corporal; masa muscular; fútbol

Abstract

Objective: To analyze the differences and agreement between segmental multifrequency bioelectrical impedance analysis (BIA) and anthropometric methods for estimating adiposity and muscle mass in amateur adult soccer players. **Methods:** A cross-sectional observational study was conducted in 27 soccer players with paired BIA and anthropometric measurements. For adiposity, BIA was compared with Durnin-Siri, Faulkner, Yuhasz, and adipose mass estimated using Kerr's five-compartment model. For muscle mass, BIA was compared with Kerr, Lee, and Martin methods. Paired differences, bias, limits of agreement, intraclass correlation, mean errors, and proportional bias slope were calculated. **Results:** For adiposity, Durnin-Siri was the closest method to BIA, with no significant differences. Faulkner and Yuhasz provided lower values than BIA, whereas Kerr adipose mass showed higher values. For muscle mass, Kerr did not differ significantly from BIA; Lee yielded lower values and Martin higher values. **Conclusion:** BIA and anthropometric methods are not directly interchangeable in this population. Although Durnin-Siri and Kerr showed greater mean proximity to BIA, individual variability and proportional bias require cautious interpretation and methodological consistency during follow-up.

Keywords: body composition; electric impedance; anthropometry; body fat; muscle mass; soccer

Puntos destacables

- Durnin-Siri fue el método antropométrico más cercano a la BIA para estimar adiposidad.
- Faulkner y Yuhasz entregaron estimaciones menores de grasa corporal que la BIA.
- Kerr mostró mayor similitud promedio con BIA para masa muscular, mientras que Martin entregó valores superiores.
- La concordancia individual fue variable; por tanto, los métodos no deberían utilizarse como intercambiables.

Introducción

La evaluación de la composición corporal constituye una herramienta relevante en nutrición deportiva, ciencias del ejercicio y seguimiento del rendimiento, ya que permite describir el perfil morfológico del deportista, monitorear adaptaciones al entrenamiento y orientar decisiones nutricionales individualizadas¹. En deportes intermitentes como el fútbol, la masa grasa, la masa libre de grasa, la masa muscular y la distribución de los componentes corporales aportan información útil para interpretar el estado nutricional, la respuesta al entrenamiento y las demandas específicas del juego^{2,3}.

En composición corporal, los métodos pueden clasificarse de forma general en directos, indirectos y doblemente indirectos. Los métodos directos se restringen principalmente a la disección cadavérica; los métodos indirectos o de referencia in vivo incluyen procedimientos como DXA, densitometría o modelos compartimentales; y los métodos doblemente indirectos o de campo, como la BIA y la antropometría, estiman componentes corporales a partir de supuestos, algoritmos o ecuaciones predictivas^{3-5,8}. Esta diferenciación es relevante porque los resultados de métodos de campo no deben interpretarse como equivalentes a los de un método de referencia, especialmente cuando se aplican en poblaciones deportivas específicas.

En contextos clínicos y deportivos, la bioimpedancia eléctrica multifrecuencia segmental (BIA) y la antropometría se utilizan ampliamente por su rapidez, bajo costo relativo y aplicabilidad práctica⁴. No obstante, ambos procedimientos se sustentan en supuestos metodológicos diferentes. La BIA estima la composición corporal a partir de la impedancia que los tejidos ofrecen al paso de corrientes eléctricas de baja intensidad, considerando componentes como resistencia y reactancia, relacionados principalmente con el agua corporal y la masa libre de grasa^{4,5}. Además, no existe un único tipo de BIA: los dispositivos pueden ser de frecuencia única o multifrecuencia, monosegmentales o segmentales, y pueden diferir en la disposición de electrodos, algoritmo interno y variables reportadas^{4,6}. En consecuencia, aunque la BIA es una herramienta útil para el seguimiento aplicado, sus estimaciones deben interpretarse considerando el equipo utilizado, la población evaluada y las condiciones de medición^{5,6}.

La antropometría utiliza pliegues cutáneos, perímetros, diámetros óseos, longitudes segmentarias y ecuaciones antropométricas predictivas para estimar componentes corporales, siempre que las mediciones se obtengan mediante protocolos estandarizados⁷. Algunas ecuaciones se basan en modelos bicompartimentales, como la estimación de densidad corporal y su conversión a porcentaje de grasa, mientras que otras se apoyan en modelos tisulares o multicomponentes, como el fraccionamiento de cinco componentes^{8,9}. Esta distinción es relevante porque no todos los métodos estiman exactamente el mismo constructo corporal. Por ello, comparar masa grasa, masa adiposa, masa muscular o masa libre de grasa sin declarar el modelo de referencia puede conducir a interpretaciones erróneas^{8,9}.

Entre las ecuaciones antropométricas predictivas utilizadas para estimar adiposidad, Durnin-Womersley permite estimar la densidad corporal a partir de cuatro pliegues cutáneos, la cual posteriormente puede convertirse a porcentaje de grasa mediante la ecuación de Siri^{10,11}. En el ámbito cineantropométrico, el fraccionamiento de cinco componentes de Ross y Kerr permite estimar masas tisulares, incluyendo masa adiposa, muscular, ósea, residual y piel⁹. Por otra parte, ecuaciones

antropométricas como las de Lee y Martin han sido utilizadas para estimar masa muscular a partir de perímetros corregidos, pliegues cutáneos, diámetros óseos y otras variables corporales^{12,13}. Estas alternativas son frecuentes en la práctica deportiva, aunque sus resultados no son necesariamente equivalentes entre sí ni directamente intercambiables con los obtenidos mediante BIA^{5,14}. El presente estudio se centró en composición corporal y compartimental; por tanto, no incluyó análisis de somatotipo ni de forma corporal.

En futbolistas, la literatura ha mostrado que las ecuaciones antropométricas, la BIA y métodos indirectos de referencia como la absorciometría dual de rayos X (DXA) pueden entregar estimaciones diferentes de composición corporal^{4,5}. Estudios realizados en futbolistas profesionales y jóvenes han informado diferencias relevantes y límites de acuerdo amplios entre DXA, BIA, antropometría y otros procedimientos de evaluación¹⁵⁻¹⁹. Asimismo, evidencia reciente en deportistas indica que el uso de ecuaciones antropométricas desarrolladas en poblaciones no necesariamente específicas del deporte puede introducir sesgos cuando se aplican a poblaciones deportivas concretas, lo que refuerza la necesidad de seleccionar métodos y ecuaciones considerando el deporte, sexo, edad, nivel competitivo y variable corporal de interés^{6,20}.

La mayoría de estos antecedentes se ha concentrado en futbolistas profesionales, jóvenes o en comparaciones frente a métodos de referencia, mientras que existe menos evidencia aplicada en futbolistas adultos amateur. En esta población, la comparación entre BIA multifrecuencia segmental y diferentes ecuaciones antropométricas resulta pertinente, ya que ambos procedimientos suelen utilizarse en pruebas de campo y pueden orientar decisiones de seguimiento nutricional, deportivo y de composición corporal^{19,20}. No obstante, estas estimaciones no constituyen mediciones directas de rendimiento deportivo y su uso intercambiable requiere evidencia de acuerdo, no solo similitud entre valores promedio^{14,21}. En consecuencia, el objetivo del presente estudio fue analizar las diferencias y el grado de concordancia entre BIA multifrecuencia segmental y distintos métodos antropométricos para estimar adiposidad y masa muscular en futbolistas adultos amateur chilenos.

Métodos

Diseño y participantes

Se realizó un análisis secundario de una base de datos anonimizada procedente del Trabajo Final de Máster titulado Composición corporal, hidratación y conocimientos en nutrición en futbolistas amateur de Arica, Chile, desarrollado previamente en futbolistas adultos amateur de la ciudad de Arica, Chile. El diseño del estudio fue observacional, analítico y transversal, con comparación pareada intrasujeto entre los resultados obtenidos mediante BIA multifrecuencia segmental y diferentes métodos antropométricos. La redacción del manuscrito se organizó de acuerdo con las recomendaciones STROBE para estudios observacionales²².

La muestra del presente análisis estuvo conformada por 27 futbolistas adultos amateur de sexo masculino, con registros completos de BIA y antropometría, y con información suficiente para aplicar las ecuaciones antropométricas seleccionadas. Como variables descriptivas generales se consideraron edad, masa corporal, estatura e índice de masa corporal (IMC). Los criterios de inclusión del estudio base consideraron futbolistas pertenecientes a clubes afiliados a la Asociación Nacional de Fútbol Amateur, con edades entre 17 y 35 años, participación regular en entrenamientos y partidos, y aceptación voluntaria mediante consentimiento informado. Para el presente análisis secundario se excluyeron registros incompletos, mediciones con errores evidentes de digitación o casos sin información suficiente para calcular las variables de composición corporal requeridas.

Consideraciones éticas

El estudio base corresponde al Trabajo Final de Máster titulado Composición corporal, hidratación y conocimientos en nutrición en futbolistas amateur de Arica, Chile, el cual recibió dictamen favorable del Comité de Ética de la Investigación de la Universitat Oberta de Catalunya (UOC), Barcelona, España (Exp. CE24-TF139; fecha de aprobación: 21 de noviembre de 2024). Todos los participantes fueron informados sobre los objetivos y procedimientos del estudio y firmaron consentimiento informado antes de las evaluaciones; en caso de participantes menores de edad, se solicitó además autorización del tutor legal según el protocolo original. El presente análisis secundario utilizó datos anonimizados y se desarrolló siguiendo los principios de la Declaración de Helsinki²³.

Bioimpedancia eléctrica multifrecuencia segmental

La composición corporal por BIA se obtuvo mediante un analizador eléctrico multifrecuencia segmental InBody 270 (InBody Co., Seoul, Korea), dispositivo basado en análisis de impedancia bioeléctrica segmental directa y multifrecuencia. Este equipo entrega variables de composición corporal mediante electrodos táctiles manuales y plantares en posición de bipedestación; el participante se ubicó de pie sobre la plataforma, con pies descalzos en los electrodos plantares, manos sujetando los electrodos manuales y brazos ligeramente separados del tronco hasta completar la medición. Según el manual del fabricante, la prueba del InBody 270 tiene una duración aproximada de 15 segundos²⁴. Además, este equipo ha sido utilizado previamente en estudios de validez y confiabilidad frente a DXA en contextos relacionados con programas basados en fútbol, lo que respalda su uso práctico, aunque no elimina la necesidad de interpretar sus sesgos según población y protocolo³¹. Se consideraron como variables principales el porcentaje de grasa corporal, la masa grasa en kilogramos, la masa muscular en kilogramos, el porcentaje de masa muscular respecto al peso corporal y el agua corporal total, de acuerdo con las variables entregadas por el equipo. Las mediciones se realizaron bajo condiciones estandarizadas, incluyendo ayuno relativo de 2 a 3 horas, ausencia de ejercicio físico intenso durante las 12 horas previas, vejiga vacía, ropa ligera, pies descalzos y retiro de objetos metálicos, siguiendo las recomendaciones metodológicas para la aplicación de BIA y el control de factores que pueden afectar la estimación de la composición corporal^{4,5,24}. La interpretación de los resultados se realizó considerando las limitaciones conocidas de la BIA en población físicamente activa, especialmente su dependencia del estado de hidratación, la tecnología del equipo, los algoritmos internos y las condiciones previas a la medición⁴⁻⁶.

Antropometría y ecuaciones

Las mediciones antropométricas incluyeron masa corporal, estatura, talla sentado, pliegues cutáneos, perímetros corporales y diámetros óseos, siguiendo el protocolo estandarizado de la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK). Todas las mediciones fueron realizadas por un antropometrista certificado ISAK nivel 2. La masa corporal fue medida con una balanza digital SECA 803, con división de 0,1 kg, y la estatura con un tallímetro portátil SECA 213, con graduación de 1 mm. Para la talla sentado se utilizó un cajón antropométrico diseñado según las dimensiones establecidas por ISAK, en conjunto con el tallímetro previamente descrito.

Los pliegues cutáneos fueron medidos con un plicómetro científico Avanutri, de acero inoxidable, con sensibilidad de 0,1 mm, amplitud de lectura de 95 mm y presión de contacto de ± 10 g/mm². Los perímetros corporales fueron obtenidos con una cinta antropométrica Lufkin W606PM, plana, flexible y de acero, con resolución de 1 mm y rango de medición de 10 a 200 cm. Los diámetros óseos fueron evaluados con un antropómetro corto Cescorf y un antropómetro largo Rosscraft Campbell 20. Además, se utilizó un segmómetro Cescorf para las mediciones longitudinales correspondientes.

Para la estimación de la adiposidad mediante modelos bicompartimentales, se utilizaron masa corporal y pliegues cutáneos obtenidos con la balanza SECA 803 y el plicómetro científico Avanutri para calcular el porcentaje de grasa corporal y la masa grasa a partir de las ecuaciones de Durnin-Womersley, con conversión de densidad corporal mediante Siri, además de las ecuaciones de Faulkner y Yuhasz. Para el fraccionamiento antropométrico de cinco componentes de Ross y Kerr se utilizaron masa corporal, estatura, talla sentado, pliegues cutáneos, perímetros, diámetros óseos y longitudes segmentarias, obtenidos con el instrumental antropométrico descrito previamente, estimándose específicamente la masa adiposa y la masa muscular según el modelo. Para las ecuaciones de Lee y Martin se utilizaron masa corporal, estatura, perímetros corregidos por pliegues cutáneos y diámetros óseos, según los requerimientos de cada fórmula, con el objetivo de estimar masa muscular.

En las ecuaciones que requirieron perímetros corregidos, estos se ajustaron restando al perímetro corporal el producto de π por el pliegue cutáneo correspondiente expresado en centímetros. En todos los casos, las ecuaciones fueron aplicadas respetando las fórmulas originales, las unidades de medida requeridas y el constructo corporal estimado por cada método. Los instrumentos fueron previamente revisados y calibrados antes del proceso de evaluación. Cada medición se obtuvo por duplicado y, cuando la diferencia entre mediciones superó el margen aceptable de error técnico de medición establecido por ISAK, se realizó una tercera medición, utilizando para el análisis el promedio de los dos valores con mayor similitud⁷.

Análisis estadísticos

Las variables continuas se describieron mediante media, desviación estándar, mediana, valor mínimo y valor máximo. La comparación global entre métodos se realizó mediante la prueba de Friedman, dado que las estimaciones fueron obtenidas de forma repetida en los mismos sujetos. Las comparaciones pareadas se analizaron mediante pruebas para muestras relacionadas, seleccionando prueba t pareada o prueba de Wilcoxon según la distribución de las diferencias.

El acuerdo entre la BIA y los métodos antropométricos se evaluó mediante el sesgo medio, calculado como BIA menos el método antropométrico, junto con los límites de acuerdo del 95%, siguiendo la aproximación de Bland-Altman para comparación de métodos¹⁴. Además, se estimaron el coeficiente de correlación intraclase de acuerdo absoluto, el error cuadrático medio de la raíz, el error porcentual absoluto medio y la prueba de sesgo proporcional. Para esta última, se ajustó una regresión lineal entre la diferencia de métodos (BIA – método antropométrico) y el promedio de ambos métodos, reportando la pendiente β y su valor p, con el propósito de identificar si el error aumentaba o disminuía según la magnitud de adiposidad o masa muscular del sujeto²¹.

El procesamiento inicial de la base de datos se realizó en Microsoft Excel, incluyendo la depuración de registros, aplicación de ecuaciones antropométricas y verificación de cálculos. Posteriormente, los análisis estadísticos y la elaboración de figuras se realizaron en RStudio, incluyendo estadística descriptiva, comparación entre métodos, análisis de concordancia y visualización gráfica. Se consideró significativo un valor de $p < 0,05$.

Resultados

Se analizaron 27 futbolistas adultos amateur con mediciones pareadas de BIA multifrecuencia segmental y antropometría. La edad media fue de $22,60 \pm 4,87$ años, la masa corporal de $75,59 \pm 8,64$ kg, la talla de $176,61 \pm 6,93$ cm y el índice de masa corporal de $24,24 \pm 2,51$ kg/m².

La BIA estimó un porcentaje de grasa corporal de $16,81 \pm 5,84\%$ y una masa grasa de $12,96 \pm 5,58$ kg. Para la masa muscular, los valores obtenidos mediante BIA fueron de $35,73 \pm 3,82$ kg y $47,43 \pm 3,49\%$

de la masa corporal. Las estimaciones descriptivas de adiposidad y masa muscular obtenidas mediante BIA y métodos antropométricos se presentan en la **Figura 1**.

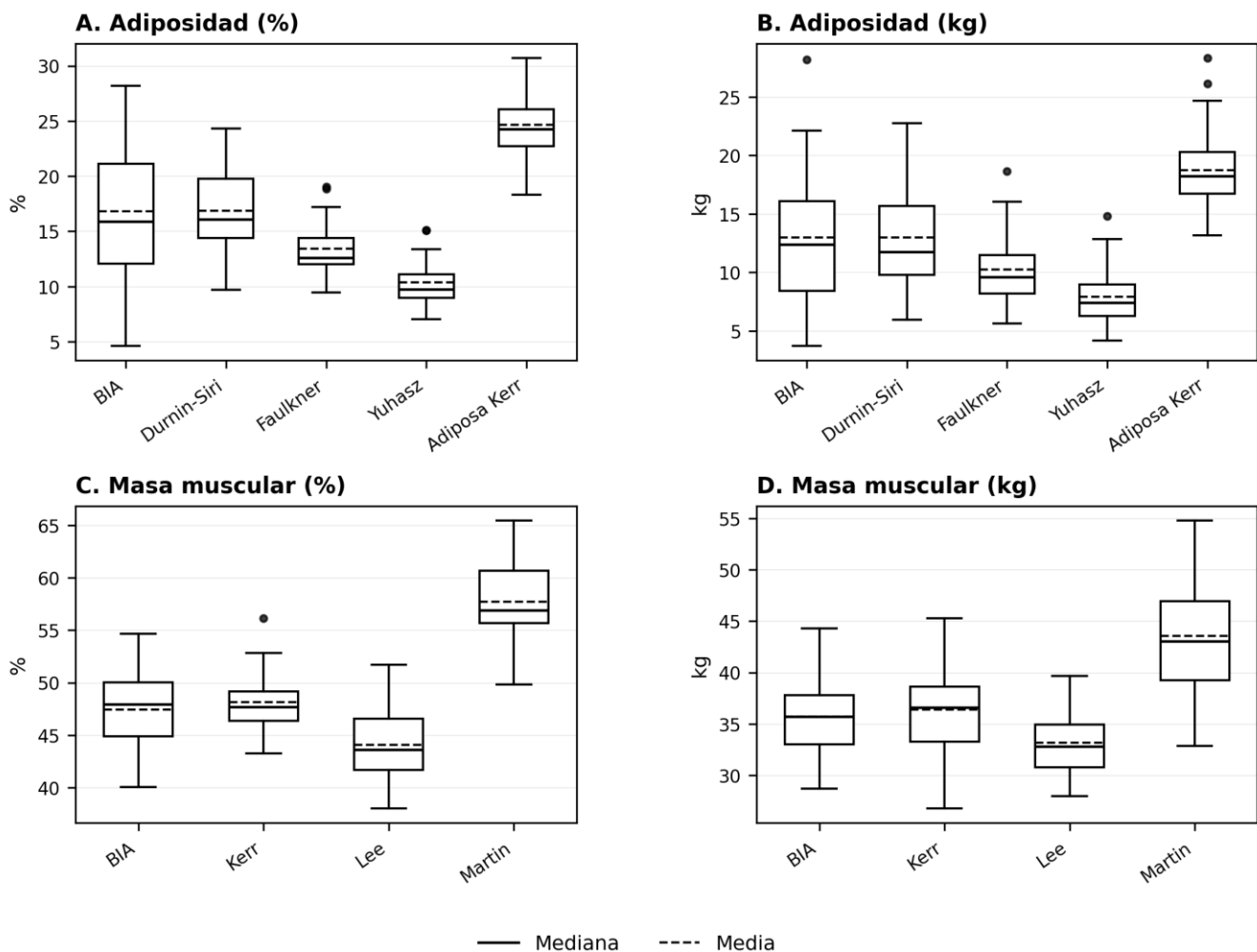


Figura 1. Distribución de las variables descriptivas de composición corporal obtenidas mediante BIA multifrecuencia segmental y métodos antropométricos en futbolistas adultos amateur.

Notas: Las cajas representan el rango intercuartílico, la línea central continua la mediana, la línea discontinua la media y los bigotes la dispersión de los datos según el criterio gráfico estándar. Para adiposidad, Kerr corresponde a masa adiposa estimada mediante el fraccionamiento antropométrico de cinco componentes de Ross y Kerr, y no a una estimación directa de masa grasa química. BIA: bioimpedancia eléctrica multifrecuencia segmental; MG: masa grasa; MM: masa muscular; DE: desviación estándar.

La prueba de Friedman mostró diferencias globales significativas entre métodos para adiposidad y masa muscular, tanto cuando los resultados se expresaron en porcentaje como en kilogramos, como muestra la Tabla 1.

Tabla 1. Comparación global entre métodos de estimación de adiposidad y masa muscular.

Análisis global	n	k	χ^2	p
Adiposidad %: BIA, Durnin-Siri, Faulkner, Yuhasz, adiposa Kerr	27	5	94,01	<0,001
Adiposidad kg: BIA, Durnin-Siri, Faulkner, Yuhasz, adiposa Kerr	27	5	94,01	<0,001
Músculo kg: BIA, Kerr, Lee, Martin	27	4	63,84	<0,001
Músculo %: BIA, Kerr, Lee, Martin	27	4	63,84	<0,001

Notas: k: número de métodos comparados. Se utilizó la prueba de Friedman para medidas relacionadas.

En las comparaciones pareadas de adiposidad, Durnin-Siri mostró un sesgo medio cercano a cero frente a la BIA, tanto en porcentaje como en kilogramos. Faulkner y Yuhasz presentaron sesgos positivos, lo que indica valores menores que la BIA, mientras que la masa adiposa Kerr presentó sesgos negativos, lo que indica valores mayores que la BIA, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Concordancia entre BIA y métodos antropométricos para estimar adiposidad.

Comparación	Media BIA	Media método	Sesgo [LA 95%]	p	ICC	RMSE	MAPE %	β ; p sesgo prop.
% BIA vs Durnin-Siri	16,81	16,88	-0,07 [-6,43; 6,29]	0,912	0,80	3,18	16,26	0,39; 0,002
kg BIA vs Durnin-Siri	12,96	12,97	-0,01 [-5,07; 5,05]	0,983	0,87	2,53	16,37	0,28; 0,005
% BIA vs Faulkner	16,81	13,41	3,40 [-4,24; 11,05]	<0,001	0,49	5,12	29,88	0,85; <0,001
kg BIA vs Faulkner	12,96	10,27	2,70 [-3,60; 8,99]	<0,001	0,63	4,15	30,01	0,66; <0,001
% BIA vs Yuhasz	16,81	10,36	6,45 [-1,68; 14,58]	<0,001	0,27	7,62	61,61	0,98; <0,001
kg BIA vs Yuhasz	12,96	7,94	5,02 [-1,98; 12,02]	<0,001	0,39	6,12	61,76	0,84; <0,001
% BIA vs adiposa Kerr	16,81	24,68	-7,86 [-17,27; 1,55]	<0,001	0,20	9,17	32,37	0,75; <0,001
kg BIA vs adiposa Kerr	12,96	18,73	-5,77 [-12,76; 1,23]	<0,001	0,42	6,75	32,30	0,44; 0,003

Notas: Las diferencias se calcularon como BIA menos método antropométrico. LA 95%: límites de acuerdo del 95%; ICC: coeficiente de correlación intraclass de acuerdo absoluto; RMSE: raíz del error cuadrático medio; MAPE: error porcentual absoluto medio; β : pendiente de la regresión del sesgo proporcional. Un β positivo indica que la diferencia BIA–método aumenta conforme aumenta el promedio de ambos métodos.

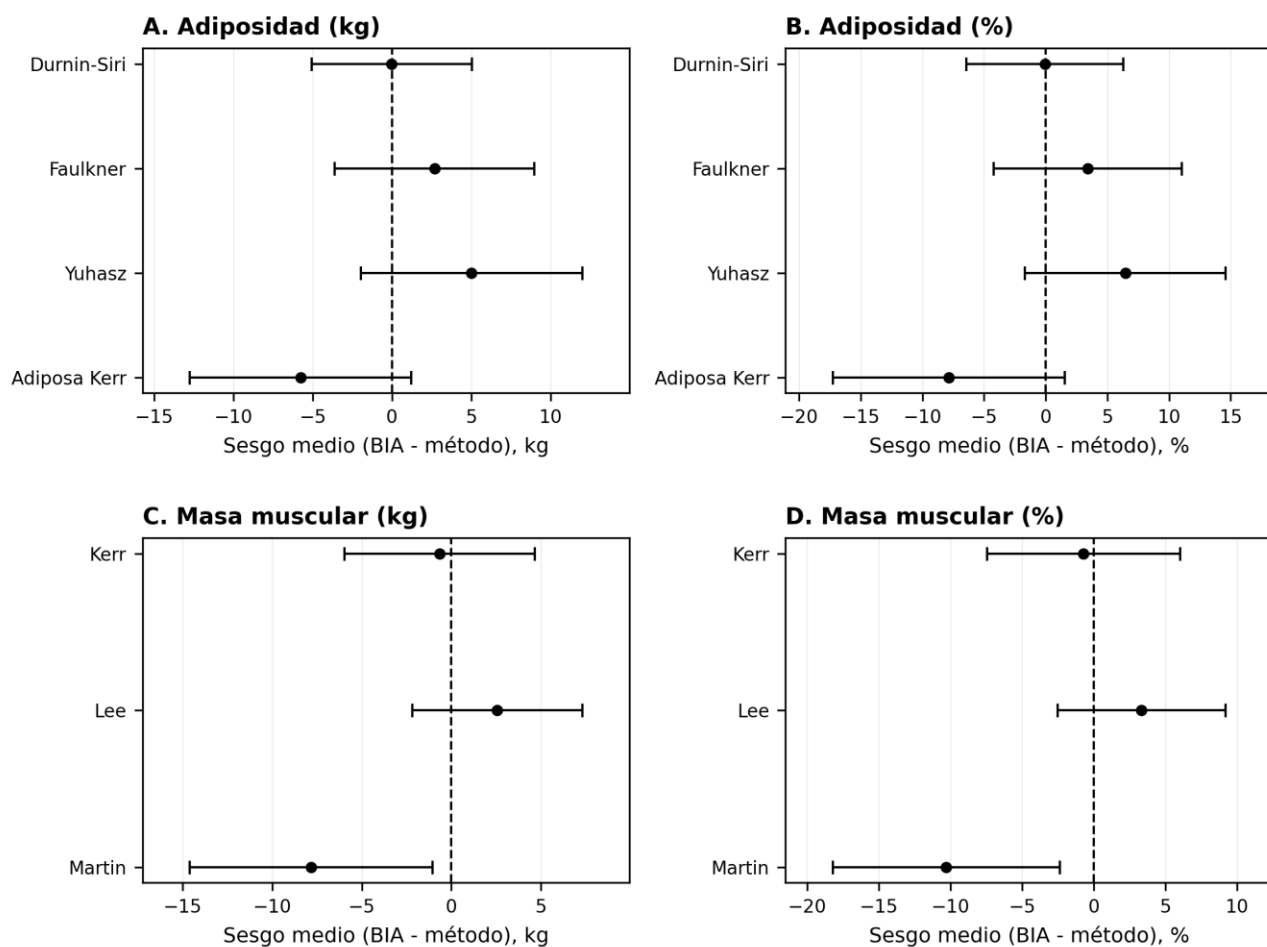
En la Tabla 3 se muestran las comparaciones de adiposidad, donde la pendiente del sesgo proporcional fue positiva en todos los métodos evaluados. En términos prácticos, esto indica que la diferencia BIA, el método tendió a aumentar conforme se incrementó el promedio de adiposidad, incluso cuando el sesgo medio fue cercano a cero, como en Durnin-Siri, el error no fue completamente constante a lo largo del rango de valores observados. En masa muscular, Kerr no difirió significativamente de la BIA en kilogramos ni en porcentaje, con sesgos medios cercanos a cero. Lee presentó valores menores que la BIA, mientras que Martin entregó valores mayores.

Los sesgos y límites de acuerdo se presentan en la Figura 2. El sesgo proporcional no fue significativo para Kerr ni Lee; en cambio, la comparación BIA versus Martin en kilogramos mostró pendiente negativa significativa, lo que indica que la diferencia BIA–Martin tendió a hacerse más negativa conforme aumentó la masa muscular promedio.

Tabla 3. Concordancia entre BIA y métodos antropométricos para estimar masa muscular.

Comparación	Media BIA	Media método	Sesgo [LA 95%]	p	ICC	RMSE	MAPE %	β ; p sesgo prop.
kg BIA vs Kerr	35,73	36,37	-0,65 [-5,97; 4,67]	0,227	0,79	2,74	5,95	-0,20; 0,147
% BIA vs Kerr	47,43	48,14	-0,71 [-7,45; 6,03]	0,294	0,43	3,45	5,92	0,24; 0,342
kg BIA vs Lee	35,73	33,16	2,57 [-2,19; 7,32]	<0,001	0,60	3,50	8,36	0,23; 0,121
% BIA vs Lee	47,43	44,09	3,34 [-2,52; 9,19]	<0,001	0,43	4,44	8,33	0,01; 0,964
kg BIA vs Martin	35,73	43,55	-7,83 [-14,61; -1,05]	<0,001	0,29	8,53	17,62	-0,34; 0,035
% BIA vs Martin	47,43	57,72	-10,29 [-18,21; -2,36]	<0,001	0,08	11,03	17,63	-0,11; 0,674

Notas: Las diferencias se calcularon como BIA menos método antropométrico. LA 95%: límites de acuerdo del 95%; ICC: coeficiente de correlación intraclass de acuerdo absoluto; RMSE: raíz del error cuadrático medio; MAPE: error porcentual absoluto medio; β : pendiente de la regresión del sesgo proporcional.

**Figura 2.** Sesgo medio y límites de acuerdo del 95% entre BIA multifrecuencia segmental y métodos antropométricos para estimar adiposidad y masa muscular en futbolistas adultos amateur.

Notas: Las diferencias se calcularon como BIA menos método antropométrico. Los puntos representan el sesgo medio y las líneas horizontales los límites de acuerdo del 95%. El sesgo positivo indica que la BIA entregó valores más altos que el método antropométrico; el sesgo negativo indica valores más bajos. BIA: bioimpedancia eléctrica multifrecuencia segmental.

Discusión

El principal hallazgo del presente estudio fue que la BIA multifrecuencia segmental y los métodos antropométricos evaluados entregaron estimaciones diferentes de adiposidad y masa muscular en futbolistas adultos amateur. Aunque algunos métodos mostraron valores promedio cercanos a la BIA, la amplitud de los límites de acuerdo y la presencia de sesgo proporcional indican que la similitud grupal no garantiza intercambiabilidad para el seguimiento individual. La incorporación de la pendiente β permitió precisar que, en varias comparaciones de adiposidad, la diferencia BIA–método aumentó conforme se incrementó el valor promedio de adiposidad; por tanto, el error no puede corregirse únicamente mediante el sesgo medio. Este punto es relevante en el contexto deportivo, donde cambios relativamente pequeños en masa grasa o masa muscular pueden influir en decisiones nutricionales, control del entrenamiento o interpretación del estado físico del jugador^{2,20}.

Para adiposidad, Durnin-Siri fue el método antropométrico más cercano a la BIA, con sesgo medio prácticamente nulo en porcentaje y kilogramos. Sin embargo, la pendiente positiva del sesgo proporcional sugiere que la diferencia entre métodos aumentó a medida que aumentó la adiposidad promedio. En términos prácticos, esto implica que Durnin-Siri puede mostrar buena proximidad grupal con la BIA, pero no necesariamente un comportamiento constante en sujetos con menor o mayor adiposidad. Por tanto, aun cuando Durnin-Siri pueda entregar valores similares a la BIA a nivel grupal, no debería utilizarse como sustituto directo para evaluar cambios individuales sin considerar el error del método^{14,21}.

Las ecuaciones de Faulkner y Yuhasz entregaron valores menores de adiposidad que la BIA. Además, ambas comparaciones presentaron pendientes positivas del sesgo proporcional, por lo que la sobrestimación relativa de la BIA frente a estas ecuaciones tendió a aumentar en sujetos con mayores valores promedio de adiposidad. Estas diferencias pueden explicarse por el número y localización de los pliegues incluidos, las poblaciones en que se originaron las ecuaciones y la extrapolación desde tejido subcutáneo hacia estimaciones globales de grasa corporal. Estudios recientes también han mostrado que las ecuaciones antropométricas desarrolladas en poblaciones no necesariamente específicas del deporte pueden generar sesgos cuando se aplican a deportistas con características morfológicas específicas, lo que respalda la necesidad de seleccionar ecuaciones acordes con la población, el deporte y el propósito de la evaluación^{6,28}.

La masa adiposa estimada mediante Kerr fue mayor que la masa grasa estimada por BIA. Esta diferencia no debe interpretarse únicamente como una sobrestimación, sino como una diferencia conceptual entre modelos. El fraccionamiento de cinco componentes estima tejido adiposo como un componente anatómico, mientras que la BIA estima masa grasa principalmente a partir de la estimación previa del agua corporal total y la masa libre de grasa^{5,8,9}. En esta comparación, la pendiente positiva del sesgo proporcional indica que la diferencia BIA–Kerr tendió a aumentar conforme aumentó el promedio de adiposidad; dado que el sesgo medio fue negativo, esto sugiere que la menor estimación de BIA respecto de la masa adiposa Kerr fue más marcada en los sujetos con menor adiposidad promedio y tendió a atenuarse en valores más altos. Por ello, en informes clínicos o deportivos resulta necesario declarar si se está reportando masa grasa, masa adiposa u otro componente corporal, evitando comparaciones directas entre constructos distintos.

En relación con la masa muscular, Kerr presentó mayor similitud promedio con BIA, especialmente cuando los resultados se expresaron en kilogramos, y no mostró sesgo proporcional significativo. Lee entregó valores menores que la BIA, pero su pendiente de sesgo proporcional tampoco fue significativa, lo que sugiere un error menos dependiente de la magnitud dentro del rango observado. Martin, en cambio, entregó valores mayores que la BIA y la comparación en kilogramos presentó pendiente negativa significativa; esto indica que la diferencia BIA–Martin se hizo más negativa a medida

que aumentó la masa muscular promedio, es decir, la BIA tendió a quedar progresivamente más por debajo de Martin en futbolistas con mayor muscularidad. Esta variabilidad sugiere que las ecuaciones antropométricas no estiman necesariamente el mismo componente ni responden de igual forma a la morfología del futbolista. Además, la BIA depende del estado de hidratación y de algoritmos internos del equipo, los cuales no siempre son específicos para deportistas⁴⁻⁶.

Desde una perspectiva aplicada, los resultados son relevantes para el fútbol amateur chileno, donde la evaluación de composición corporal suele realizarse con métodos de campo por razones de costo, acceso y tiempo. La BIA puede ser útil para seguimiento rápido y educación del deportista, mientras que la antropometría permite analizar con mayor detalle pliegues, perímetros, proporcionalidad y componentes corporales. Este enfoque complementario es consistente con estudios aplicados en deportistas universitarios y futbolistas, donde ambos procedimientos aportan información útil, pero no necesariamente equivalente^{29,30}. Sin embargo, si durante una temporada se cambia de método de evaluación, las diferencias numéricas no deberían atribuirse automáticamente a cambios biológicos reales, sino que deben considerarse el sesgo sistemático y el error de acuerdo entre procedimientos^{14,20}. Asimismo, dado que el estudio no incorporó pruebas de rendimiento deportivo, las implicancias sobre performance deben interpretarse como aplicaciones potenciales de seguimiento y no como asociaciones directas entre composición corporal y rendimiento competitivo.

Fortalezas y limitaciones

Entre las fortalezas del estudio destacan la comparación pareada intrasujeto, el uso de mediciones antropométricas estandarizadas, la especificación del instrumental utilizado y la inclusión de métricas de concordancia más informativas que la correlación simple, como el sesgo medio, los límites de acuerdo, la pendiente del sesgo proporcional y el ICC de acuerdo absoluto^{14,21}. Sus limitaciones incluyen el tamaño muestral reducido, el diseño transversal, la ausencia de un método indirecto de referencia como DXA o de un modelo multicompartimental, la no inclusión de variables de rendimiento deportivo y la dependencia de los algoritmos cerrados del equipo de BIA utilizado. No se realizó un cálculo de potencia post hoc, dado que el análisis corresponde a un estudio secundario con tamaño muestral determinado por la disponibilidad de registros completos. Por ello, los límites de acuerdo de Bland-Altman deben interpretarse con finalidad exploratoria y aplicada, sin asumir plena estabilidad estadística ni intercambiabilidad confirmatoria entre métodos. Futuras investigaciones deberían incorporar muestras más amplias, métodos de referencia como DXA o modelos multicompartimentales, seguimiento longitudinal durante la temporada, indicadores de rendimiento deportivo y validación de ecuaciones específicas para futbolistas amateur latinoamericanos.

Conclusiones

En futbolistas adultos amateur, la BIA multifrecuencia segmental y los métodos antropométricos evaluados no deberían considerarse directamente intercambiables para estimar adiposidad y masa muscular. En este estudio, Durnin-Siri fue el método más cercano a la BIA para adiposidad, mientras que Kerr mostró mayor similitud promedio con la BIA para masa muscular. No obstante, los límites de acuerdo y el sesgo proporcional observado, incluyendo sus pendientes β , sugieren cautela para el seguimiento individual. La selección del método debe explicitar el modelo corporal, el método o ecuación utilizada y el constructo estimado.

Referencias

1. Mathisen TF, Ackland T, Burke LM, Constantini N, Haudum J, Macnaughton LS, et al. Best practice recommendations for body composition considerations in sport to reduce health and performance risks: a critical review, original survey and expert opinion by a subgroup of the IOC consensus on Relative Energy Deficiency in Sport (REDs). *Br J Sports Med.* 2023;57(17):1148-1160. doi:10.1136/bjsports-2023-106812.
2. Collins J, Maughan RJ, Gleeson M, Bilsborough J, Jeukendrup A, Morton JP, et al. UEFA expert group statement on nutrition in elite football: current evidence to inform practical recommendations and guide future research. *Br J Sports Med.* 2021;55(8):416-442. doi:10.1136/bjsports-2019-101961.
3. Ackland TR, Lohman TG, Sundgot-Borgen J, Maughan RJ, Meyer NL, Stewart AD, et al. Current status of body composition assessment in sport: review and position statement on behalf of the IOC Medical Commission. *Sports Med.* 2012;42(3):227-249. doi:10.2165/11597140-000000000-00000.
4. Campa F, Toselli S, Mazzilli M, Gobbo LA, Coratella G. Assessment of body composition in athletes: a narrative review of available methods with special reference to quantitative and qualitative bioimpedance analysis. *Nutrients.* 2021;13(5):1620. doi:10.3390/nu13051620.
5. Campa F, Gobbo LA, Stagi S, Cyrino LT, Toselli S, Marini E, et al. Bioelectrical impedance analysis versus reference methods in the assessment of body composition in athletes. *Eur J Appl Physiol.* 2022;122(3):561-589. doi:10.1007/s00421-021-04879-y.
6. Campa F, Matias CN, Moro T, Cerullo G, Casolo A, Teixeira FJ, et al. Methods over materials: the need for sport-specific equations to accurately predict fat mass using bioimpedance analysis or anthropometry. *Nutrients.* 2023;15(2):278. doi:10.3390/nu15020278.
7. Esparza-Ros F, Vaquero-Cristóbal R, Marfell-Jones M. Protocolo internacional para la valoración antropométrica ISAK. Murcia: International Society for the Advancement of Kinanthropometry; 2019.
8. Wang ZM, Pierson RN Jr, Heymsfield SB. The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *Am J Clin Nutr.* 1992;56(1):19-28. doi:10.1093/ajcn/56.1.19.
9. Ross WD, Kerr DA. Fraccionamiento de la masa corporal: un nuevo método para utilizar en nutrición clínica y medicina deportiva. *Apunts Med Esport.* 1991;18:175-187.
10. Durnin JVGA, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr.* 1974;32(1):77-97. doi:10.1079/BJN19740060.
11. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. In: Brozek J, Henschel A, editors. *Techniques for Measuring Body Composition.* Washington, DC: National Academy of Sciences; 1961. p. 223-244.
12. Lee RC, Wang Z, Heo M, Ross R, Janssen I, Heymsfield SB. Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *Am J Clin Nutr.* 2000;72(3):796-803. doi:10.1093/ajcn/72.3.796.
13. Martin AD, Spent LF, Drinkwater DT, Clarys JP. Anthropometric estimation of muscle mass in men. *Med Sci Sports Exerc.* 1990;22(5):729-733. doi:10.1249/00005768-199010000-00027.
14. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986;1(8476):307-310. doi:10.1016/S0140-6736(86)90837-8.
15. Kammerer López M, Ceballos Feria NC, Mayor Rengifo MC, Hoyos García HH, Gómez Velásquez S. Evaluación de la exactitud de distintas fórmulas de predicción de la composición corporal, comparadas con la absorciometría de energía dual de rayos X, en futbolistas de equipos profesionales colombianos. *Nutr Hosp.* 2021;38(2):290-297. doi:10.20960/nh.03206.

16. González-Mendoza RG, Gaytán-González A, Jiménez-Alvarado JA, Villegas-Balcázar M, Jáuregui-Ulloa EE, Torres-Naranjo F, et al. Accuracy of anthropometric equations to estimate DXA-derived skeletal muscle mass in professional male soccer players. *J Sports Med.* 2019;2019:4387636. doi:10.1155/2019/4387636.
17. López-Taylor JR, González-Mendoza RG, Gaytán-González A, Jiménez-Alvarado JA, Villegas-Balcázar M, Jáuregui-Ulloa EE, et al. Accuracy of anthropometric equations for estimating body fat in professional male soccer players compared with DXA. *J Sports Med.* 2018;2018:6843792. doi:10.1155/2018/6843792.
18. Lozano Berges G, Matute Llorente Á, Gómez Bruton A, González Agüero A, Vicente Rodríguez G, Casajús JA. Body fat percentage comparisons between four methods in young football players: are they comparable? *Nutr Hosp.* 2017;34(5):1119-1124. doi:10.20960/nh.760.
19. Tornero-Aguilera JF, Villegas-Mora BE, Clemente-Suárez VJ. Differences in body composition analysis by DEXA, skinfold and BIA methods in young football players. *Children (Basel).* 2022;9(11):1643. doi:10.3390/children9111643.
20. Sebastiá-Rico J, Soriano JM, González-Gálvez N, Martínez-Sanz JM. Body composition of male professional soccer players using different measurement methods: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients.* 2023;15(5):1160. doi:10.3390/nu15051160.
21. Koo TK, Li MY. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *J Chiropr Med.* 2016;15(2):155-163. doi:10.1016/j.jcm.2016.02.012.
22. von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gøtzsche PC, Vandenbroucke JP. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *J Clin Epidemiol.* 2008;61(4):344-349. doi:10.1016/j.jclinepi.2007.11.008.
23. World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA.* 2013;310(20):2191-2194. doi:10.1001/jama.2013.281053.
24. InBody Co. InBody 270 User's Manual. Seoul: InBody Co.; 2017.
25. Faulkner JA. Physiology of swimming and diving. In: Falls HB, editor. *Exercise Physiology.* New York: Academic Press; 1968. p. 415-446.
26. Yuhasz MS. *Physical Fitness and Sport Appraisal. Laboratory Manual.* London, ON: University of Western Ontario; 1974.
27. Kerr DA. An anthropometric method for fractionation of skin, adipose, bone, muscle and residual tissue masses in males and females age 6 to 77 years [master's thesis]. Burnaby, BC: Simon Fraser University; 1988.
28. Mecherques-Carini M, Albaladejo-Saura M, Vaquero-Cristóbal R, Baglietto N, Esparza-Ros F. Validity and agreement between dual-energy X-ray absorptiometry, anthropometry and bioelectrical impedance in the estimation of fat mass in young adults. *Front Nutr.* 2024;11:1421950. doi:10.3389/fnut.2024.1421950.
29. Abreu B, Henriques R, Figueiredo JP, Loureiro H. Body composition assessment of university athletes: comparison between the data obtained by bioelectrical impedance and by anthropometry. *Int J Kinanthropom.* 2022;2(2):1-12. doi:10.34256/ijk2221.
30. García-Soidán JL, López-Pazos J, Ogando-Berea H, Fernández-Balea A, Padrón-Cabo A, Prieto-Troncoso J. Utilidad de la cineantropometría y la bioimpedancia para orientar la composición corporal y los hábitos de los futbolistas. *Retos.* 2014;(25):117-119. doi:10.47197/retos.v0i25.34493.

31. Larsen MN, Krstrup 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. doi:10.1371/journal.pone.0247362.

Afiliaciones

¹Carrera de Nutrición y Dietética, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Tarapacá, Arica, Chile.

Declaración de Autoría

Á.F-D.: conceptualización, metodología, investigación, curación de datos, análisis formal, validación, visualización, administración del proyecto, recursos, redacción del borrador original, y redacción, revisión y edición del manuscrito. El autor leyó y aprobó la versión final del manuscrito.

Disponibilidad de datos

Los datos utilizados corresponden a una base anonimizada derivada del Trabajo Final de Máster del autor. Los datos podrán estar disponibles previa solicitud razonable al autor de correspondencia, respetando las condiciones éticas, de confidencialidad y protección de datos aplicables.

Declaración de uso de IA generativa y tecnologías asistidas por IA en el proceso de redacción

Durante la preparación de este trabajo el autor declara que utilizó ChatGPT (OpenAI, modelo GPT-5.5 Pro) únicamente como apoyo editorial para la revisión lingüística, mejora de claridad, organización del texto y verificación de coherencia formal del manuscrito. La herramienta no fue utilizada para generar datos, modificar resultados, realizar análisis estadísticos ni sustituir la interpretación científica. El diseño del estudio, análisis de datos, interpretación de resultados, redacción científica final y aprobación del contenido son responsabilidad exclusiva del autor.



Derechos de autor © Los Autor(es). Este trabajo se publica bajo la Licencia Creative Commons Atribución-Compartir Igual 4.0 Internacional (CC BY-SA 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>