



Trabajo Original

Valoración nutricional

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

Evaluation of the accuracy of different body composition prediction formulas, compared to dual energy X-ray absorptiometry, in soccer players of Colombian professional teams

Maximiliano Kammerer López¹, Natalia del Carmen Ceballos Feria², María Camila Mayor Rengifo³, Hugo Hernando Hoyos García⁴ y Santiago Gómez Velásquez¹

¹Universidad CES. Medellín, Antioquía. Colombia. ²Deportivo Independiente Medellín. Medellín, Antioquía. Colombia. ³América de Cali. Cali, Valle del Cauca. Colombia.

⁴Leones FC. Itagüí-Ditaires, Antioquía. Colombia

Resumen

Introducción: el fútbol profesional, tanto a nivel nacional como internacional, es de alta competencia. Los futbolistas deben tener características antropométricas y de composición corporal específicas. El criterio de referencia para la evaluación de la composición corporal es la absorciometría de energía dual de rayos X (DXA), cuyo uso es limitado al ser un método de laboratorio y tener un elevado coste. Conocer qué métodos de campo obtienen resultados similares podría permitir mejores intervenciones nutricionales y de entrenamiento, repercutiendo positivamente en el rendimiento. El objetivo de este estudio fue evaluar la precisión de distintas fórmulas de predicción del porcentaje de grasa y masa adiposa, en comparación con la DXA, en futbolistas de equipos colombianos.

Métodos: estudio analítico transversal con muestreo a conveniencia. Se evaluaron 79 futbolistas profesionales de 4 clubes colombianos. Se midieron 30 variables antropométricas y se realizó un análisis descriptivo en el SPSS v.21, así como un análisis de las correlaciones e índices de concordancia utilizando la prueba de Pearson o de Spearman y el método de Bland y Altman, respectivamente, ambos con el programa estadístico R.

Resultados: se estimó el porcentaje de grasa corporal utilizando seis ecuaciones: Jackson y Pollock ($7,20 \pm 2,58$ %), Yuhasz ($7,52 \pm 8,50$ %), Reilly ($10,04 \pm 1,43$ %), Faulkner ($11,23 \pm 11,90$ %), Pariskova y Buskova ($11,08 \pm 16,06$ %) y Durnin y Womersley ($12,41 \pm 20,10$ %). Se calculó el porcentaje de grasa de la masa adiposa con el método de los cinco componentes ($13,17 \pm 2,86$ %). El porcentaje de grasa corporal que presentó menor diferencia intermétodos (DIM) fue el de fraccionamiento por cinco componentes ($0,54 \pm 3,56$), seguido del obtenido por la fórmula de Durnin y Womersley ($0,66 \pm 3,52$).

Conclusión: el cálculo del porcentaje de grasa a partir del fraccionamiento de 5 componentes y la ecuación de Durnin y Womersley fueron los más cercanos a los resultados obtenidos por el método de referencia, la DXA, en los futbolistas de equipos profesionales colombianos.

Palabras clave:

Adiposidad. Fútbol. Antropometría. DXA. SCAN. Deporte. Tejido adiposo.

Recibido: 09/06/2020 • Aceptado: 23/09/2020

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Este proyecto fue financiado por la Dirección de Investigación e Innovación de la Universidad CES con sede en Medellín, Antioquía, Colombia.

Agradecimientos: a CESNUTRAL y los equipos profesionales participantes, por su disposición y tiempo, y a los demás colaboradores del equipo de trabajo.

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: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.03206>

Correspondencia:

Natalia del Carmen Ceballos Feria. Universidad CES. Calle 10a # 22 - 04, Bloque B, piso -2, oficina1232. Medellín, Antioquía. Colombia
e-mail: natalia.ceballos27@gmail.com

Abstract

Introduction: professional soccer both in the local setting and in other countries is highly competitive, and those who practice must have specific morphological, anthropometric, and body composition characteristics, in addition to constant monitoring of nutritional and training interventions. Currently, the gold-standard criterion for the evaluation of body composition is Dual Energy X-ray Absorciometry (DXA), which is a costly laboratory method with limited use for many professionals. Knowing which field methods obtain similar results to this would allow a better interdisciplinary approach, which could have a positive impact on sports performance. The objective of this study was to evaluate the accuracy of different formulas for predicting fat percentage and fat mass, as compared to DXA, in Colombian soccer team players.

Methods: a cross-sectional, analytical study using convenience sampling. A total of 79 professional male soccer players, belonging to 4 Colombian first and second division clubs, were included. Thirty anthropometric variables were measured, wherewith a descriptive analysis was performed using the SPSS v.21 program, and a procedure with analytical scope was carried out to establish concordance indices between different measurements using the Bland and Altman method. This statistical process was performed using the library (BlandAltmanLeh) of the statistical program "R".

Results: average age was 23 ± 4.4 years, and the percentage of body fat was estimated using six equations: Jackson and Pollock (7.20 ± 2.58 %), Yuhasz as modified by Carter (7.52 ± 8.50 %), Reilly (10.04 ± 1.43 %), Faulkner (11.23 ± 11.90 %), Pariskova and Buskova (11.08 ± 16.06 %), and Durnin and Womersley (12.41 ± 20.10 %), in addition to the calculation of fat percentage for fat mass using the five-component method (13.17 ± 2.86 %). The percentage of body fat that showed the lowest intermethod difference was fractionation by five components (0.54 ± 3.56), followed by Durnin and Womersley (0.66 ± 3.52).

Conclusion: the calculations of fat percentage using the fractionation of 5 components method and the Durnin and Womersley equation were closest to the results obtained by the gold-standard method (DXA) in soccer players of Colombian professional teams.

Keywords:

Adiposity. Soccer. Anthropometry. DXA. SCAN. Sport. Adipose tissue.

INTRODUCCIÓN

El fútbol es actualmente el deporte más popular del mundo (1). Según el último censo de la FIFA, en 2006 había más de 265 millones de futbolistas, entre profesionales y amateurs, y más de 270 millones de personas se desempeñaban alrededor de este deporte (2), que se practica en la mayoría de las naciones. A medida que evoluciona, se busca desde todas las áreas afines, como la medicina, la nutrición, el entrenamiento, la fisioterapia y otras, mejorar el rendimiento deportivo. Es por tal motivo que las variables morfológicas y antropométricas para evaluar la composición corporal deben tenerse en cuenta con el fin de lograr mejores resultados (3,4).

Existen distintos métodos para estimar la composición corporal, entre los cuales se encuentran aquellos que necesitan equipamiento específico de difícil transporte (conocidos como métodos de laboratorio) como la hidrodensitometría, la pletismografía, la bioimpedancia y la absorciometría de energía dual de rayos X o DXA (5), siendo esta última el método actualmente aceptado como "criterio de referencia" dado que efectúa la evaluación con el menor error estándar (6).

Entre los métodos de campo, la toma de medidas antropométricas sigue siendo la técnica más usada, económica y práctica (5). Esta permite monitorear a los deportistas al inicio, durante y al final de la temporada, y vigilar constantemente los programas de entrenamiento. El tamaño, la estructura física y la composición corporal son factores importantes que influyen en el rendimiento deportivo (7), comprometiendo características propias del deportista como son su agilidad, velocidad y resistencia, entre otras (8). Por lo tanto, la medición y el seguimiento de la composición corporal durante periodos de preparación física y/o competición es un componente primordial del control biomédico del entrenamiento. Esta información es útil para el nutricionista dado que permite estimar el gasto y el requerimiento calórico (9), la distribución de macronutrientes y la disponibilidad energética (10), como recomienda el Colegio Americano de Medicina Deportiva (6).

Adicionalmente, posibilita hacer un seguimiento de la efectividad de las intervenciones nutricionales y de entrenamiento (11).

Generalmente, los jugadores de los equipos de fútbol profesional presentan una composición corporal similar, con pequeñas variaciones entre ellos. Distintos estudios han reportado los porcentajes de grasa de jugadores de fútbol de nivel profesional y semiprofesional pero, sin embargo, no existe consenso sobre los valores ideales sino únicamente referencias (12).

En Colombia existen 36 equipos profesionales, 20 de primera y 16 de segunda división (13), de los cuales hay información limitada en cuanto a su caracterización antropométrica. Contar con métodos de evaluación validados, así como con valores de referencia, permitirá realizar una valoración de la composición corporal más acertada.

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar la precisión de distintas fórmulas de predicción del porcentaje de grasa y la masa adiposa a partir de medidas antropométricas en comparación con el método de la absorciometría de energía dual de rayos X (DXA) en futbolistas de equipos colombianos.

MÉTODOS

TIPO Y DISEÑO DE ESTUDIO

Se realizó un estudio analítico transversal, aplicando un muestreo por conveniencia debido a que se invitó a participar a futbolistas de distintos clubes y se aceptó la participación de todo aquel que cumpliera los criterios de inclusión sin realizar un procedimiento de muestreo aleatorizado. En total se evaluaron 79 futbolistas profesionales en periodo competitivo, pertenecientes a la primera y la segunda división, de cuatro clubes colombianos. Como criterios de inclusión se determinó que los jugadores estuvieran activos y que fueran mayores de 18 años; se excluyeron los jugadores lesionados.

RECOLECCIÓN DE DATOS

Todas las medidas antropométricas las tomaron, de acuerdo con el protocolo de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK) (14), antropometristas certificados de nivel I y II, excepto el pliegue pectoral, que se tomó de acuerdo con el protocolo de Lohman (15). Las medidas antropométricas se tomaron el mismo día en que se realizó la DXA.

Se evaluaron 30 variables antropométricas: peso bruto, talla corporal, talla en posición sedente, envergadura, diámetros (biacromial, tórax transverso, tórax anteroposterior, bi-iliocres-tídeo, humeral, femoral), perímetros (cabeza, brazo relajado, brazo contraído, antebrazo máximo, tórax mesoesternal, cintura, cadera, muslo máximo, muslo medial y pantorrilla máxi-ma) y pliegues (subescapular, tríceps, bíceps, pectoral, axilar, suprailíaco, supraespinal, abdominal, muslo medial y pantorrilla máxima).

Todos estos datos se recolectaron en el Centro de Estudios Avanzados (CESNUTRAL) de la Universidad CES entre marzo y septiembre del año 2019.

INSTRUMENTOS

El equipo de DXA utilizado fue el Lunar Prodigy de General Electric Healthcare. Para la toma del peso y la talla se usaron básculas digitales SECA 874 y tallímetros SECA 213. Los pliegues se midieron con un adipómetro Harpenden Skinfold, los perímetros con cinta métrica Lufkin y para los diámetros se usaron segmó-metros y antropómetros de marca CESCORF.

Para controlar los sesgos y los errores se realizó una prueba piloto del instrumento de evaluación, y para la toma de medi-das antropométricas se tuvieron en cuenta las recomendaciones determinadas para el error técnico de medición, intra e inter-evaluadores, del protocolo ISAK (14). Todos los equipos utilizados estaban debidamente calibrados y contaban con sus respecti-vos certificados.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Se elaboró una base de datos con las variables recolectadas donde se calcularon el índice de masa corporal (IMC) y los por-centajes de grasa con las fórmulas de Yuhasz modificada por Carter (16), Durnin y Womersley (17), Jackson y Pollock (18), Faulkner (19), Reilly (20) y Pariskova y Buskova (21). Para las fórmulas que no arrojan directamente el porcentaje de grasa sino la densidad corporal (Durnin y Womersley, y Jackson y Pollock) se utilizó posteriormente la ecuación de Siri (22). También se calcularon las masas adiposa, muscular, ósea, residual y de piel, todas ellas tanto en valores absolutos (kg) como relativos (%), mediante el método de los cinco componentes planteado por Deborah A. Kerr (23). Finalmente se añadieron a la base de datos los resultados obtenidos por la DXA: masa grasa, masa magra y contenido mineral óseo.

Para hacer comparables la masa adiposa del método de cinco componentes y el porcentaje de grasa obtenido con la DXA fue necesario seguir los siguientes pasos:

- Se realizó el cálculo del porcentaje de adiposidad en el modelo de cinco componentes (valor relativo o porcentual).
- Se determinó la masa adiposa (valor absoluto en kg) multi-plicando el peso total por el porcentaje de adiposidad.
- Se obtuvo la fracción lipídica del porcentaje de adiposidad por medio de la ecuación de Martin A. y cols: Fracción lipí-dica (%) = $0.327 + (0.0124 \times \% \text{ de adiposidad})$ (24).
- Se calculó la masa lipídica de la adiposidad (valor absoluto en kg) multiplicando la masa adiposa en kg por el resultado de la fracción lipídica.
- Finalmente se obtuvo el porcentaje lipídico del peso, o por-centaje de grasa, calculando el valor relativo o porcentual de la masa lipídica con respecto al peso total.

Se realizó la prueba de Kolmogorov-Sminov con el fin de eva-luar la normalidad de cada variable ya que en el análisis descrip-tivo se tuvieron en cuenta promedios y desviaciones estándar o medianas y rangos intercuartílicos, según la distribución. Para dicha prueba se utilizó el paquete estadístico SPSS, versión 21, con licencia de la Universidad CES.

Adicionalmente se calcularon los coeficientes de correlación mediante la prueba de Pearson o Spearman, según la distribu-ción de las variables, usando la librería "GGStatsplot theme" y finalmente se establecieron los índices de concordancia entre los métodos de evaluación de la composición corporal y la DXA utilizando el método de Bland y Altman mediante la librería "BlandAltmanLeh". Ambos procesos estadísticos se realizaron utilizan-do el programa estadístico R.

Esta investigación siguió los principios éticos internacionales, la Declaración de Helsinki (52), las directrices nacionales y la Reso-lución 8430, de octubre de 1993 (53), por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investi-gación en salud (Ministerio de Salud, Colombia). Fue avalado por el Comité de ética de la Universidad CES.

RESULTADOS

En total se evaluaron 79 futbolistas varones. El promedio de edad fue de $23 \pm 4,4$ años y los valores medios del peso, la talla y el IMC fueron de $75,2 \pm 7,7$ kg, $178,4 \pm 6,8$ cm y $23,6 \pm 1,7$ kg/m², respectivamente.

En los resultados obtenidos para el cálculo del porcentaje de grasa por las diferentes ecuaciones se evidenció que la de Jac-kson y Pollock y la de Yuhasz modificada por Carter fueron las que obtuvieron los porcentajes más bajos: 7,20 % y 7,52 %, respectivamente, mientras que la de Durnin y Womersley fue la que obtuvo el más alto (12,41 %). Si se compara el porcentaje de adiposidad obtenido con el método de cinco componentes con el porcentaje de grasa obtenido por el de dos componentes, el primero estaría entre un 9 % y un 15 % por encima; sin embar-go, estos parámetros no son comparables ya que lo correcto es, primero, hacer el cálculo de la fracción lipídica de la adiposidad,

cuyo resultado es más semejante a los obtenidos por las ecuaciones de dos componentes. En las tablas I y II se observan los resultados de composición corporal obtenidos por los métodos de dos y cinco componentes.

Tabla I. Promedio y desviación estándar (±) del % de grasa corporal obtenido por el método de dos componentes

| Variable | \bar{x} | DS | ME | RI |
|--------------------------|-----------|------|-------|-------|
| Jackson y Pollock (%) | 7,20 | 2,58 | 6,80 | 11,10 |
| Yuhasz (%)* | 7,84 | 1,56 | 7,52 | 8,50 |
| Reilly (%) | 10,04 | 1,43 | 9,82 | 7,70 |
| Faulkner (%)* | 11,82 | 2,17 | 11,23 | 11,90 |
| Pariskova y Buskova (%)* | 11,93 | 2,88 | 11,08 | 16,06 |
| Durnin y Womersley (%)* | 13,05 | 3,63 | 12,41 | 20,10 |

*Variables que no se distribuyeron normalmente; \bar{x} : media; DS: desviación estándar; ME: mediana; RI: rango intercuartílico.

Tabla II. Promedio y desviación estándar (±) de la composición corporal por cinco componentes

| Variable | | \bar{x} | DS | ME | RI |
|----------|------------------------|-----------|------|-------|-------|
| kg Masas | Masa adiposa (kg) | 16,37 | 2,61 | 16,21 | 11,74 |
| | Masa muscular (kg) | 37,10 | 4,97 | 36,39 | 25,02 |
| | Masa ósea (kg) | 8,53 | 1,03 | 8,47 | 4,80 |
| | Masa de piel (kg) | 4,05 | 0,34 | 4,02 | 1,36 |
| | Masa residual (kg) | 9,11 | 1,04 | 8,94 | 4,70 |
| | Fracción lipídica (kg) | 9,86 | 2,16 | 9,67 | 10,91 |
| % Masas | Masa adiposa (%) | 21,83 | 3,14 | 21,60 | 17,79 |
| | Masa muscular (%) | 49,27 | 3,02 | 49,81 | 17,15 |
| | Masa ósea (%) | 11,36 | 0,89 | 11,39 | 3,83 |
| | Masa de piel (%) | 5,41 | 0,45 | 5,37 | 3,01 |
| | Masa residual (%) | 12,14 | 0,79 | 12,00 | 3,92 |
| | Fracción lipídica (%) | 13,17 | 2,86 | 12,85 | 16,41 |

\bar{x} : media; DS: desviación estándar; ME: mediana; RI: rango intercuartílico.

En cuanto a los resultados encontrados por la DXA, el promedio del porcentaje de grasa de los futbolistas profesionales fue del 13,71 % ± 3,18 %. Los demás resultados obtenidos por este método pueden apreciarse en la tabla III.

En la tabla IV se presentan los coeficientes de correlación de Pearson o Spearman, según la distribución de las variables. Como puede verse, todas las ecuaciones evaluadas presentaron correlación con el método de referencia.

Se encontró que las ecuaciones de Reilly y de Jackson y Pollock tuvieron una buena correlación con respecto a la DXA ($r > 0,80$) ($p < 0,05$), mientras que las ecuaciones de Durnin y Womersley, Faulkner, Yuhasz, y Pariskova y Buskova tuvieron una correlación moderada ($r > 0,5$, $< 0,8$) ($p < 0,05$) y la fracción lipídica del porcentaje de adiposidad por el método de 5 componentes tuvo una correlación débil ($r < 0,5$) ($p < 0,05$).

No obstante, si se evalúa la concordancia, como puede verse en la tabla V, los resultados son distintos ya que, para los coeficientes de correlación-concordancia de Lin, el método con el mayor coeficiente de correlación intraclase fue el de Pariskova y Buskova, seguido del de Durnin y Womersley y del de Faulkner. Todos los demás métodos mostraron una concordancia baja.

Al evaluar la concordancia mediante la diferencia intermétodos (DIM) por el sistema de Bland y Altman, se puede ver en la tabla VI que la fracción lipídica de la masa adiposa obtenida con el método del fraccionamiento por cinco componentes fue la que tuvo una menor DIM con respecto al porcentaje medido por la DXA, seguida

Tabla III. Promedio y desviación estándar (±) de composición corporal según la DXA

| Variable | | \bar{x} | DS | ME | RI |
|----------|------------------|-----------|------|-------|-------|
| kg Masas | Masa grasa (kg) | 10,41 | 2,71 | 9,87 | 11,37 |
| | Masa magra* (kg) | 61,99 | 6,59 | 61,24 | 32,21 |
| | CMO (kg) | 3,46 | 0,40 | 3,41 | 1,95 |
| % Masas | Masa grasa (%) | 13,71 | 3,18 | 13,10 | 12,40 |
| | Masa magra* (%) | 81,60 | 0,03 | 81,40 | 42,80 |
| | CMO (%) | 4,60 | 0,00 | 4,53 | 2,59 |

*Músculo + residual; CMO: contenido mineral óseo; \bar{x} : media.

Tabla IV. Coeficientes de correlación entre porcentajes de grasa medidos con los distintos métodos antropométricos con respecto a la DXA

| Prueba | Parámetro 1 | Parámetro 2 | r | IC | p |
|----------|-------------|---------------------|------|-----------|------------|
| Pearson | DXA | Reilly | 0,83 | 0,75-0,89 | 2,11 E-15* |
| | DXA | Jackson y Pollock | 0,87 | 0,80-0,02 | 1,80 E-19* |
| | DXA | FL masa adiposa | 0,31 | 0,09-0,49 | 5,86 E-03* |
| Spearman | DXA | Durnin y Wommersly | 0,62 | N/A | 1,35 E-9* |
| | DXA | Faulkner | 0,73 | N/A | 4,05 E-14* |
| | DXA | Yuhasz | 0,72 | N/A | 1,74 E-13* |
| | DXA | Pariskova y Buskova | 0,76 | N/A | 7,61 E-16* |

* $p < 0,05$; N/A: no aplicable.

Tabla V. Coeficientes de correlación-concordancia de Lin (CCC) entre porcentajes de grasa medidos con los distintos métodos antropométricos con respecto a la DXA

| Parámetro 1 | Parámetro 2 | rho | IC |
|-------------|---------------------|------|-----------|
| DXA | Reilly | 0,29 | 0,21-0,37 |
| DXA | Jackson y Pollock | 0,24 | 0,17-0,30 |
| DXA | FL Masa adiposa | 0,30 | 0,09-0,48 |
| DXA | Durnin y Wommersley | 0,46 | 0,27-0,61 |
| DXA | Faulkner | 0,41 | 0,26-0,54 |
| DXA | Yuhasz | 0,12 | 0,07-0,17 |
| DXA | Pariskova y Buskova | 0,65 | 0,52-0,74 |

de la ecuación de Durnin y Wommersley, con resultados de 0,54 y 0,66, respectivamente, mientras que las ecuaciones con mayor DIM fueron las de Jackson y Pollock (6,51) y Yuhasz (5,87), como puede verse en la tabla IV. En las figuras 1 y 2 se presentan los gráficos calculados con la prueba de Bland y Altman, mostrando la DIM de cada ecuación antropométrica con respecto a la DXA.

DISCUSIÓN

Estudios en los que se ha evaluado a deportistas por distintos métodos de predicción del porcentaje de grasa y/o adiposidad han evidenciado variaciones en los resultados según la ecuación utilizada (20,25,26), lo que se debe a que particularidades como el sexo, la edad, el grupo étnico y el nivel de actividad física pue-

Tabla VI. Diferencia intermétodo (DIM) y límites de concordancia entre los porcentajes de grasa medidos con los distintos métodos antropométricos con respecto a la DXA

| Método de composición corporal | % grasa (\bar{x} -DS) | DXA menos DIM (\bar{x} -DS)* | Límites de concordancia | |
|---|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|----------|
| | | | Inferior | Superior |
| DXA | 13,71 ± 3,18 | - | - | - |
| Jackson y Pollock (%) | 7,20 ± 2,58 | 6,51 ± 1,57 | 3,43 | 9,6 |
| Yuhasz (%)* | 7,84 ± 1,56 | 5,87 ± 2,60 | 0,78 | 10,96 |
| Reilly (%) | 10,04 ± 1,43 | 3,67 ± 2,14 | -0,52 | 7,86 |
| Faulkner (%)* | 11,82 ± 2,17 | 1,89 ± 2,67 | -3,35 | 7,13 |
| Pariskova y Buskova (%)* | 11,93 ± 2,88 | 1,78 ± 2,10 | -2,33 | 5,9 |
| Durnin y Wommersley (%)* | 13,05 ± 3,63 | 0,66 ± 3,52 | -6,25 | 7,57 |
| FL de la masa adiposa por 5 componentes (%) | 13,17 ± 2,86 | 0,54 ± 3,56 | -6,44 | 7,53 |

*diferencia obtenida por el método de Bland y Altman; \bar{x} : media; FL: fracción lipídica.

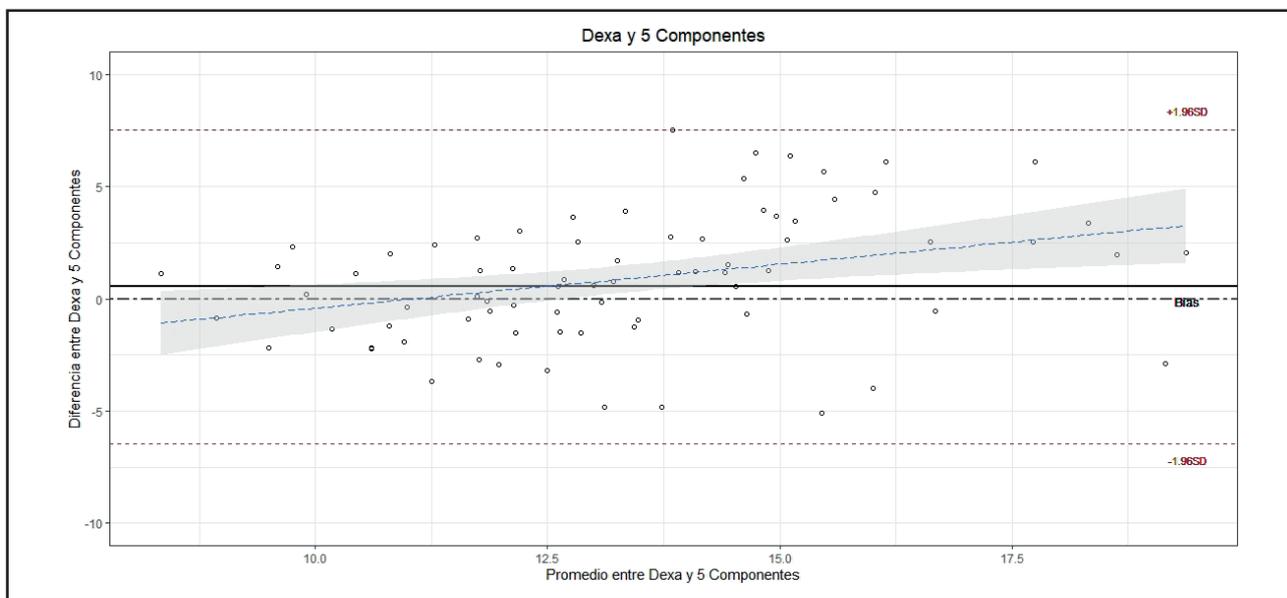


Figura 1.

Comparación del porcentaje de masa grasa medido con fraccionamiento de cinco componentes (fracción lipídica de la masa adiposa) y con DXA en gráficos de Bland y Altman.

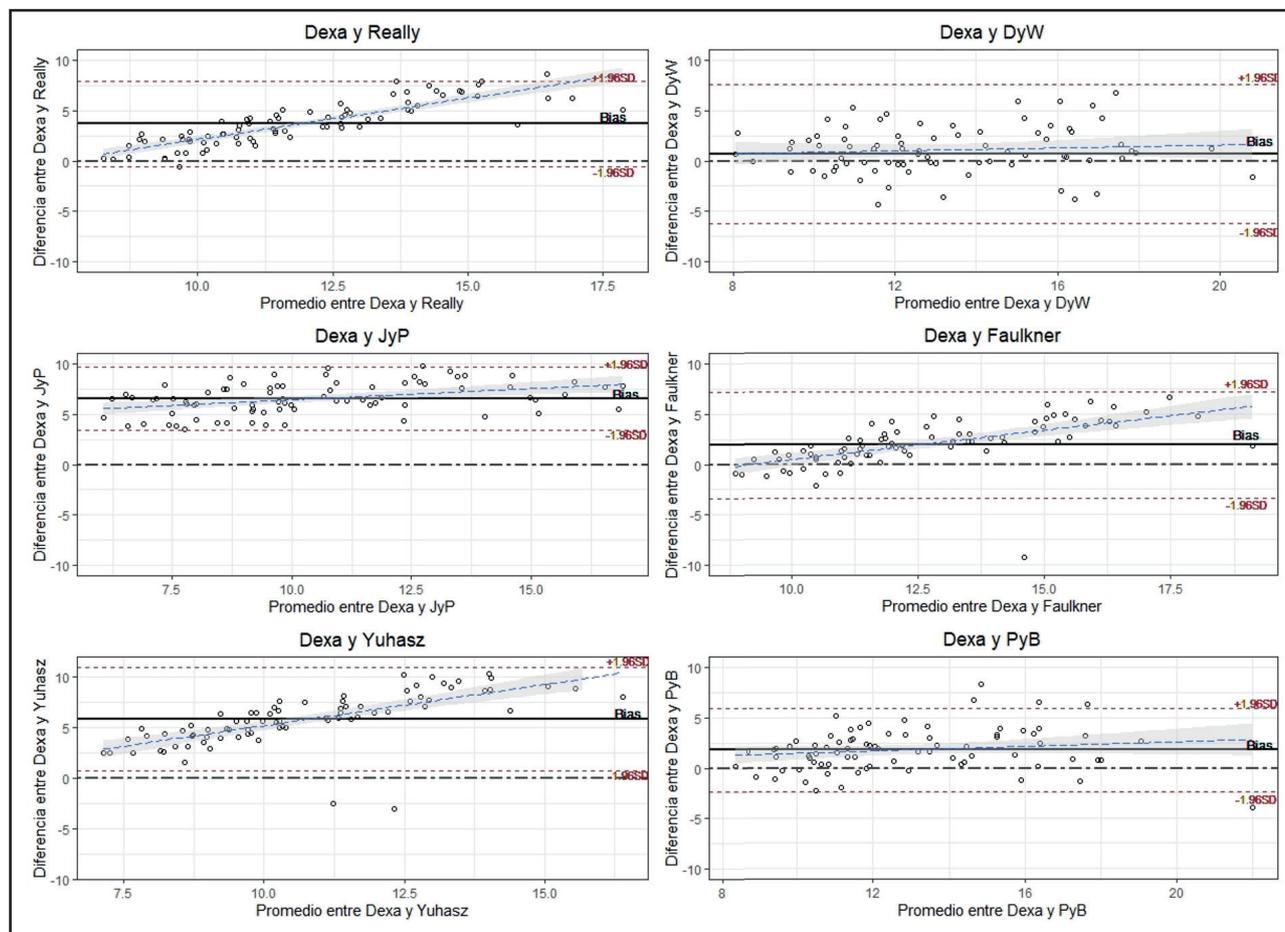


Figura 2.

Comparación del porcentaje de masa grasa medido con los distintos métodos de evaluación de la composición corporal y con DXA en forma de gráficos de Bland y Altman. JyP = Jackson y Pollock; DyW = Durmin y Womersley; PyB = Pariskova y Buskova.

den repercutir sobre la distribución de la grasa y la composición corporal (11).

Un estudio realizado por Jorquera y cols. en futbolistas de primera y segunda división de Chile halló, mediante las ecuaciones de Yuhasz modificada por Carter y de Reilly, porcentajes de grasa similares a los del presente estudio (8,2 % y 10,5 %, respectivamente) (27). Por su parte, Rodríguez y cols., que también evaluaron la composición corporal de futbolistas chilenos de primera división, pero utilizando el método de los cinco componentes, evidenciaron resultados relacionados con respecto a la masa adiposa (20,9 %) y la masa muscular (50,1 %) (28). En ambos casos, el porcentaje de adiposidad fue considerablemente mayor que el porcentaje de grasa derivado del modelo de dos componentes. Como menciona F. Holway en su libro “Composición corporal en nutrición deportiva”, esta diferencia reside en que se miden fracciones diferentes del adipocito, la adiposidad definida anatómicamente y la grasa definida químicamente, respectivamente (29).

En estudios donde la evaluación de la composición corporal se realizó mediante DXA, se obtuvieron porcentajes de grasa similares (14 %) en deportistas brasileños y mexicanos (3,26); por

el contrario, este porcentaje fue menor (10,9 %) en futbolistas de la *Premier League*, quienes a su vez evidenciaron mayores valores de masa magra (68,6 kg), comparados con los del presente estudio. Esto podría asociarse a que las diferencias étnicas son relevantes cuando se evalúa la composición corporal de los jugadores profesionales de fútbol élite (30), así como a las diferencias en las características competitivas, en la metodología de entrenamiento y en la cultura alimentaria, que podrían jugar un rol importante en los resultados.

Con respecto a los coeficientes de correlación, autores como Dagnino y Cardemil indican que “estos métodos fueron consistentemente criticados en la literatura metodológica” a la hora de hacer un análisis de comparación. En 1983, Altman y Bland plantearon su visión respecto a la comparación de dos métodos, e hicieron énfasis en que el análisis con coeficientes de correlación no era el método más adecuado, basándose en el hecho de que la correlación no evalúa la concordancia entre mediciones sino que evalúa la asociación lineal entre estas, por lo que dos métodos pueden correlacionarse muy bien pero concordar muy poco (31-33).

En cuanto a los índices de concordancia entre las fórmulas de estimación de la composición corporal y el método considerado como criterio de referencia (DXA), Rodríguez y cols. (34) hallaron que la ecuación con menor DIM era la de Slaughter (-0,77). Sin embargo, su estudio se realizó en adolescentes no deportistas. Por su parte, Cui y cols., usando los datos de la encuesta NHANES 1999-2004 de Estados Unidos, calcularon que las fórmulas con menor DIM para los hombres adultos eran la de Lean y cols. (35), con una DIM de 0,5, la de Slaughter (36) y la de Deurenberg (37), ambas con una DIM de -0,9. En dicho estudio, la ecuación de Durnin y Womersley para hallar la densidad corporal, seguida por el método de Siri para obtener el porcentaje de grasa, obtuvo una DIM de -1,2 (38).

Específicamente para la población deportista, tres estudios encontraron que la ecuación de Durnin y Womersley es la que obtuvo la menor diferencia intermétodos (DIM) con respecto a la DXA: Romero y cols., que evaluaron a escaladores profesionales, obtuvieron una DIM del -0,57 % (39), mientras que García y cols. encontraron una DIM de 0,06 en futbolistas de las categorías Sub-17 y Sub-20 de la Selección Chilena de fútbol (40). Por su parte, Munguía-Izquierdo y cols., que evaluaron a 44 jugadores de fútbol élite de un club profesional español, de entre 16 y 18 años, obtuvieron un sesgo con respecto a la DXA de 0,87 (41). Cabe resaltar que García y cols. utilizaron la fórmula de Brozek para hallar el porcentaje de grasa ($\% \text{grasa} = ((4,57/\text{densidad}) - 4,142) \times 100$) a partir de la densidad calculada, a diferencia de Romero y cols. y del presente estudio, donde se usó la de Siri ($\% \text{grasa} = ((4,95/\text{densidad}) - 4,50) \times 100$).

Para concluir, este estudio encontró que, para los futbolistas de equipos profesionales colombianos, el método cuyo resultado se acerca más al criterio de referencia es el de cinco componentes una vez se realiza el cálculo del porcentaje de grasa. Sin embargo, a efectos prácticos, se puede estimar dicho porcentaje utilizando el método de dos componentes, eligiendo la ecuación de Durnin y Womersley para calcular la densidad corporal, seguida de la fórmula de Siri para hallar el porcentaje de grasa, dado que entre las fórmulas que usan esta metodología es la que tiene una menor diferencia intermétodos con respecto a la DXA.

LIMITACIONES

Este estudio tuvo como factor limitante el hecho de que el muestreo se hizo a conveniencia, así como no haber analizado una mayor cantidad de ecuaciones de predicción del porcentaje de grasa y que los jugadores no fueran evaluados en diferentes periodos del macrociclo de entrenamiento. Adicionalmente, las medidas no fueron tomadas por un mismo investigador. Sin embargo, todos contaban con certificación ISAK y, además, los equipos utilizados fueron de la misma referencia. Dada la multiculturalidad presentada en los distintos equipos, una fortaleza de este estudio fue la inclusión de jugadores de diferentes regiones del país.

Cabe destacar que este estudio utilizó el método considerado como criterio de referencia para la evaluación de la composición

corporal —la DXA— y que el personal encargado de realizar las evaluaciones contaba con la certificación necesaria para llevar a cabo este tipo de procedimientos radiológicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Giulianotti R, Robertson R. The globalization of football: a study in the globalization of the 'serious life'. *Br J Sociol* 2004;55(4):545-68. DOI: 10.1111/j.1468-4446.2004.00037.x
- Fédération Internationale de Football Association. 2.65 billion play football worldwide | CONMEBOL [Internet]. Confederación Sudamericana de Fútbol (CONMEBOL). [citado 12 de noviembre de 2018]. Disponible en: <http://www.conmebol.com/en/content/265-billion-play-football-worldwide>
- Gerosa-Neto J, Rossi FE, Silva CB da, Campos EZ, Fernandes RA, Freitas Júnior IF. Análise da composição corporal de atletas da elite do futebol brasileiro. *Motricidade* [Internet] 2014 [citado 29 de octubre de 2018];10(4). Disponible en: <http://revistas.rcaap.pt/motricidade/article/view/3567>. DOI: 10.6063/motricidade.10(4).3567
- Fédération Internationale de Football Association. FIFA Marketing Research [Internet]. FIFA.com 2010 [citado 29 de octubre de 2018]. Disponible en: <http://www.fifa.com/about-fifa/news/y=2010/m=12/news=fifa-marketing-research-1354721.html>
- Ackland TR, Lohman TG, Sundgot-Borgen J, Maughan RJ, Meyer NL, Stewart AD, et al. Current Status of Body Composition Assessment in Sport. *Sports Med* 2012;42(3):227-49. DOI: 10.2165/11597140-000000000-00000
- Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. *Med Sci Sports Exerc* 2016;48(3):543-68. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000852
- Nikolaidis PT, Ruano MAG, de Oliveira NC, Portes LA, Freiwald J, Leprêtre PM, et al. Who runs the fastest? Anthropometric and physiological correlates of 20 m sprint performance in male soccer players. *Res Sports Med* 2016;24(4):341-51. DOI: 10.1080/15438627.2016.1222281
- Quinchia AE, Gonzalez BJ, Díaz CM, Marino FE, Mazza JC, Jauregui G. Evaluación cineantropométrica del atleta. En: *Lineamientos de Política Pública en Ciencias del Deporte en Nutrición*. Bogotá; 2015. p. 143-276.
- Cunningham JJ. Body composition as a determinant of energy expenditure: a synthetic review and a proposed general prediction equation. *Am J Clin Nutr* 1991;54(6):963-9. DOI: 10.1093/ajcn/54.6.963
- Loucks AB, Kiens B, Wright HH. Energy availability in athletes. *J Sports Sci* 2011;29(supl.1):S7-15. DOI: 10.1080/02640414.2011.588958
- Milsom J, Naughton R, O'Boyle A, Iqbal Z, Morgans R, Drust B, et al. Body composition assessment of English Premier League soccer players: a comparative DXA analysis of first team, U21 and U18 squads. *J Sports Sci* 2015;33(17):1799-806. DOI: 10.1080/02640414.2015.1012101
- Medina D, Lizarra A, Barcelona F, Drobnic F. *Injury Prevention And Nutrition In Football* 2014;27(132):5.
- División Mayor del Fútbol Colombiano (DIMAYOR). *Resena historica de la Dimayor* [Internet]. [Citado 20 de noviembre de 2018]. Disponible en: <http://dimayor.com.co/resena-historica-de-dimayor/>
- Marfell-Jones M, Stewart A, Olds T. *Kinanthropometry IX: Proceedings of the 9th International Conference of the International Society for the Advancement of Kinanthropometry*. Routledge; 2006. 161 p. DOI: 10.4324/9780203970157
- Lohman TG. *Advances in Body Composition Assessment*. *Med Sci Sports Exerc* [Internet] 1993 [citado 22 de noviembre de 2018];25(6). Disponible en: <https://insights.ovid.com/medicine-science-sports-exercise/mes-pex/1993/06/000/advances-body-composition-assessment/21/00005768>. DOI: 10.1249/00005768-199306000-00021
- Carter JEL. 7. *Body Composition of Montreal Olympic Athletes*. *Phys Struct Olymp Athletes* 1982;16:107-16.
- Durnin JV, 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
- Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr* 1978;40(3):497-504. DOI: 10.1079/BJN19780152
- Faulkner JA. *Physiology of swimming and diving*. En: *Exercise Physiology* (H. B. Falls, ed.). New York: Academic Press; 1968.
- Reilly T, George K, Marfell-Jones M, Scott M, Sutton L, Wallace J. How Well do Skinfold Equations Predict Percent Body Fat in Elite Soccer Players? *Int J Sports Med* 2009;30(08):607-13. DOI: 10.1055/s-0029-1202353

21. Pařízková J, Bůžková P. Relationship between skinfold thickness measured by Harpenden caliper and densitometric analysis of total body fat in men. *Hum Biol* 1971;43(1):16-21.
22. Brozek J, Henschel A. Techniques for Measuring Body Composition: Proceedings of a Conference, Quartermaster Research and Engineering Center, Natick, Massachusetts, January 22-23, 1959. National Academies; 1961. 312 p.
23. Kerr DA. An anthropometric method for fractionation of skin, adipose, bone, muscle and residual tissue masses, in males, females age 6 to 77. [Thesis]. Burnaby: Simon Fraser University; 1988.
24. Martin A, Daniel M, Drinkwater D, Clarys J. Adipose tissue density, estimated adipose lipid fraction and whole body adiposity in male cadavers. *Int J Obes* 1994;18(2):79-83.
25. Fonseca PHS da, Marins JCB, Silva AT da. Validation of anthropometric equations for the estimation of body density in professional soccer players. *Rev Bras Med Esporte* 2007;13(3):153-6.
26. 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;2018:1-7. DOI: 10.1155/2018/6843792
27. Jorquera Aguilera C, Rodríguez Rodríguez F, Torrealba Vieira MI, Campos Serrano J, Gracia Leiva N, Holway F. Características Antropométricas de Futbolistas Profesionales Chilenos. *Int J Morphol* 2013;31(2):609-14. DOI: 10.4067/S0717-95022013000200042
28. Rodríguez Rodríguez F, López-Fuenzalida A, Holway F, Jorquera-Aguilera C. Diferencias antropométricas por posición de juego en futbolistas profesionales chilenos. *Nutr Hosp* [Internet] 2019 [citado 15 de noviembre de 2019];36(4). Disponible en: <https://www.nutricionhospitalaria.org/articulos/02474/show>. DOI: 10.20960/nh.02474
29. Holway F, Boullosa M, Peniche Z. Composición corporal en nutrición deportiva. Primera edición. España: McGraw Hill; 2011.
30. Sutton L, Scott M, Wallace J, Reilly T. Body Composition of English Premier League soccer players: Influence of playing position, international status, and ethnicity. *J Sports Sci* 2009;27(10):1019-26. DOI: 10.1080/02640410903030305
31. Altman DG, Bland JM. Measurement in medicine: the analysis of method comparison studies. *J R Stat Soc Ser Stat* 1983;32(3):307-17.
32. Dagnino J. Coeficiente de correlacion lineal de pearson. *Chil Anest* 2014;43:150-3.
33. Cardemil F. Análisis de comparación y aplicaciones del método de Bland-Altman: ¿concordancia o correlación? *Medwave* [Internet] 2017 [citado 4 de junio de 2020];17(01). Disponible en: [/link.cgi/Medwave/Series/TyC-Estadistica/6852](http://link.cgi/Medwave/Series/TyC-Estadistica/6852). DOI: 10.5867/medwave.2016.01.6852
34. Rodríguez G, Moreno LA, Blay MG, Blay VA, Fleta J, Sarria A, et al. Body fat measurement in adolescents: comparison of skinfold thickness equations with dual-energy X-ray absorptiometry. *Eur J Clin Nutr*. octubre de 2005;59(10):1158-66.
35. Lean ME, Han TS, Deurenberg P. Predicting body composition by densitometry from simple anthropometric measurements. *Am J Clin Nutr* 1996;63(1):4-14. DOI: 10.1093/ajcn/63.1.4
36. Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Van Loan MD, et al. Skinfold Equations for Estimation of Body Fatness in Children and Youth. *Hum Biol* 1988;60(5):709-23.
37. Deurenberg P, Weststrate JA, Seidell JC. Body mass index as a measure of body fatness: age- and sex-specific prediction formulas. *Br J Nutr* 1991;65(2):105-14. DOI: 10.1079/BJN19910073
38. Cui Z, Truesdale KP, Cai J, Stevens J. Evaluation of Anthropometric Equations to Assess Body Fat in Adults: NHANES 1999–2004. *Med Sci Sports Exerc* 2014;46(6):1147-58. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000213
39. Romero V, Ruiz J, Ortega F, Artero E, Vicente-Rodríguez G, Moreno LA, et al. Body fat measurement in elite sport climbers: Comparison of skinfold thickness equations with dual energy X-ray absorptiometry. *J Sports Sci* 2009;27(5):469-77. DOI: 10.1080/02640410802603863
40. García N, Zapata D, Sáez C, Yáñez R, Peñailillo L. Valoración de la masa grasa en futbolistas jóvenes de alto rendimiento: comparación de métodos antropométricos con absorciometría dual de rayos X (DEXA). *Arch Med Deporte* 2015;208-14.
41. Munguia-Izquierdo D, Suarez-Arrones L, Di Salvo V, Paredes-Hernandez V, Alcazar J, Ara I, et al. Validation of Field Methods to Assess Body Fat Percentage in Elite Youth Soccer Players. *Int J Sports Med* 2018;39(05):349-54. DOI: 10.1055/s-0044-101145