

Evaluación de la exactitud de distintas fórmulas de predicción de la composición corporal en comparación con DEXA en el Fútbol Profesional Femenino Colombiano

Evaluation of the accuracy of different body composition prediction formulas compared to DXA in Colombian Women's Professional Soccer

Santiago Gómez Velásquez¹ 

Bryan Fidel Sarmiento Sánchez¹ 

Vanessa Castañeda Ramírez¹ 

Carol Susana Zapata Arango¹ 

Maximiliano Kammerer López¹ 

¹ Grupo de Investigación NUTRAL, Universidad CES, Colombia

Autor para la correspondencia:

Bryan Fidel Sarmiento Sánchez
bryanfsarmientos@gmail.com

Título abreviado:

Exactitud de Fórmulas de Composición Corporal vs. DEXA en Fútbol Femenino

Cómo citar el artículo:

Gómez Velásquez, S., Sarmiento Sánchez, B., Castañeda Ramírez, V., Zapata Arango, S. y Kammerer López, M. (2024). Evaluación de la exactitud de distintas fórmulas de predicción de la composición corporal en comparación con DEXA en el Fútbol Profesional Femenino Colombiano. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 19(59), 103-121. <https://doi.org/10.12800/ccd.v19i59.2007>

Recepción: 12 diciembre 2022 / Aceptación: 16 enero 2024

Resumen

El objetivo fue comparar diferentes fórmulas de predicción de composición corporal con el método de referencia DEXA en el contexto del Fútbol Profesional Femenino Colombiano durante la temporada competitiva. Esto se hizo para determinar cuáles de estas fórmulas se acercan más al estándar de referencia y pueden ser utilizadas para evaluar el porcentaje (%) de grasa y la masa magra en ausencia de métodos más precisos. Para hallar % de grasa en dos componentes se usaron Yuhasz 15.17% (13.98 - 16.72%), Durnin y Rahaman 25,57% (24.95 - 28.07%), Jackson y Pollock 16.71% (14.33 - 19.33%) y Durnin y Womersley 24.90% (24.02 - 27.01%), para cinco componentes se calculó masa lipídica del peso 19.80% (17.80 - 22.30%) y en DEXA los datos del % de grasa (23.94 ± 3.51%). Se llevó a cabo un estudio analítico transversal con muestreo no probabilístico por conveniencia en 24 futbolistas de dos equipos de primera división usando 26 variables antropométricas, se realizó un análisis descriptivo en el *SPSS v.21*; y un análisis de correlaciones (*SP*), índices de concordancia de Lin y método de Bland y Altman. La menor diferencia intermétodo con DEXA la obtuvo Durnin y Womersley con valor de - 0.70, así que porcentajes de grasa hallados sobreestimarían DEXA en promedio 0.7 puntos. Los porcentajes de grasa calculados mediante la fórmula de Durnin y Womersley, fueron los más parecidos a los valores de porcentaje de grasa arrojados por el método de referencia DEXA.

Palabras clave: Antropometría, rendimiento, deporte, mujer, músculo.

Abstract

The objective was to compare different body composition prediction formulas with the reference method DEXA in the context of Colombian Professional Women's Soccer during the competitive season. This was done to determine which of these formulas come closest to the reference standard and can be used to evaluate body fat percentage (%) and lean mass in the absence of more precise methods. To calculate body fat percentage using two components, the Yuhasz 15.17% (13.98 - 16.72%), Durnin and Rahaman 25,57% (24.95 - 28.07%), Jackson and Pollock 16.71% (14.33 - 19.33%) and Durnin and Womersley 24.90% (24.02 - 27.01%) formulas were used. For five components, the lipid mass of body weight was calculated 19.80% (17.80 - 22.30%) and DEXA provided body fat percentage data (23.94 ± 3.51%). A cross-sectional analytical study was conducted with non-probabilistic convenience sampling of 24 female soccer players from two first-division teams using 26 anthropometric variables. A descriptive analysis was performed using *SPSS v.21*, as well as correlation analysis (*SP*), Lin's concordance indices, and Bland and Altman method. The lowest inter-method difference with DEXA was obtained with the Durnin and Womersley formula, with a value of - 0.70, indicating that fat percentage estimates would, on average, overestimate DEXA by 0.7 points. The body fat percentage calculated using the Durnin and Womersley formula were the closest to the values of body fat percentage obtained by the reference method DEXA.

Keywords: Anthropometry, Performance, Sports, Women, Muscle.



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Introducción

La composición corporal cuantifica los componentes corporales, y permite evidenciar la relación entre estos y los cambios relacionados con los factores externos (González, 2013). En el siglo XX se inició la evaluación de la composición corporal mediante la disección de cadáveres, denominado método directo. No obstante, evolucionó a métodos como pesaje hidrostático, dos, cinco componentes, entre otros (Costa et al., 2015), lo que permite que los valores varíen ampliamente dependiendo del método utilizado para su evaluación (Merrigan et al., 2018) sin embargo, se ha descrito la absorciometría dual de rayos X (DEXA) como el método criterio (Zulet et al., 2019), teniendo en cuenta que otros métodos como la impedancia bioeléctrica y la antropometría muestran amplio % de error, por lo que los resultados varían ampliamente en el mismo sujeto (Cumberledge et al., 2018).

Se ha descrito que la masa muscular puede variar entre deportistas y es uno de los componentes más relacionados con el rendimiento deportivo, cobrando gran importancia en el fútbol profesional, que es uno de los deportes más populares del mundo según la Federación Internacional de Fútbol Asociado, (2018). Además, la composición corporal varía según la posición de juego (Holway, 2008; López et al., 2021; Rodríguez et al., 2019); así, los métodos para evaluar la composición corporal se han empleado dentro de diversos deportes como el fútbol (Pons et al., 2015), ya que al conocer estas variables se puede obtener información útil para el direccionamiento de cargas de entrenamiento (Almājan et al., 2015), planificación alimentaria y nutricional, prevención de lesiones, entre otros aspectos importantes (Ceballos et al., 2021; García et al., 2014).

Las investigaciones en fútbol profesional se han inclinado principalmente hacia el sexo masculino, por lo tanto, el conocimiento y la información sobre la población femenina es limitada. Por lo que se plantea como objetivo principal evaluar los diferentes métodos utilizados para la estimación de la composición corporal, en comparación con DEXA en el Fútbol Profesional Femenino Colombiano en periodo competitivo.

Con el fin de conocer la precisión de los métodos de campo cuando no se disponga del método criterio.

Metodología

Tipo de estudio y muestra

Se realizó un estudio analítico transversal y la direccionalidad de los datos fue prospectiva. El método de selección de la población participante en el estudio fue a través de un muestreo no probabilístico por conveniencia. La población total de referencia del estudio fueron 24 futbolistas profesionales colombianas en periodo competitivo de primera división de dos equipos del fútbol profesional femenino colombiano, evaluadas entre septiembre de 2021 y marzo de 2022. Dentro del periodo de estudio, las futbolistas

presentaron un nivel de hidratación óptimo debido a que durante los entrenamientos y competencias consumieron bebidas deportivas isotónicas, además del agua; es importante mencionar que el nivel de hidratación de cada una de las participantes en el estudio fue a necesidad personal.

Las futbolistas participantes en el estudio fueron mayores de 18 años y, previo al comienzo del estudio, todas firmaron un consentimiento informado acerca de las evaluaciones a desarrollar; no se incluyeron en el estudio las jugadoras lesionadas, con marcapasos, en estado de gestación o lactancia. Además, no se presenta ningún tipo de relación financiera o personal por parte de los autores que pudiera dar lugar a un conflicto de interés.

Esta investigación siguió los principios éticos internacionales, la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (1975), las directrices nacionales y la Resolución 8430 de octubre de 1993, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia (1993), clasificándose con riesgo mínimo, y adicionalmente fue avalado por el Comité de ética de la Universidad CES mediante el acta No. 0031 del nueve de febrero de 2021 y bajo el código: Acta0031Proy117TG.

Recolección de datos: técnicas utilizadas e instrumentos

Todos los datos fueron recolectados en una única sesión con una duración de una hora por jugadora, donde se incluyeron características demográficas e información antropométrica y se evaluaron por método de dos y cinco componentes, así como DEXA.

El equipo con el que se evaluó la densitometría dual de rayos X fue el Lunar Prodigy de General Electric Healthcare (Estados Unidos); para la toma de dos y cinco componentes, se utilizaron una báscula y tallímetro de marca SECA (Hamburgo-Alemania/Cali-Colombia); los pliegues se midieron con un adipometro Harpenden Skinfold (Holtain Ltd., Gales, Reino Unido); para los diámetros, segmómetros y antropómetros (CESCORF, Porto Alegre, Brasil); y para los perímetros, una cinta métrica Lufkin (LUFKIN INDUSTRIES, Texas, Estados Unidos). Todos los equipos estaban calibrados y contaban con sus respectivos certificados.

Las medidas antropométricas fueron tomadas de acuerdo con el Protocolo de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK) y los antropometristas que realizaron las mediciones estaban certificados en ISAK I y II (Marfell y Steward, 2006).

Todos los datos se recolectaron en el Centro de Estudios Avanzados CESNUTRAL de la Universidad CES entre septiembre de 2021 y marzo de 2022.

Análisis de datos

Se elaboró una base de datos con la información recolectada para analizar el índice de masa corporal (IMC), los porcentajes (%) y las masas en kilogramos (kg) de adiposidad,

masa muscular, masa ósea, masa piel y tejido residual, por el modelo antropométrico de cinco componentes planteado por Kerr (1988). También se analizó la masa grasa y la masa libre de grasa, por el modelo bicompartimental, empleando la fórmula Yuhasz modificada por Carter (1982), Durnin y Womersley (1974), Jackson y Pollock (1978), Faulkner (1968), Reilly et al. (2009) y Pariskova y Buskova (1971).

Adicionalmente, se analizaron los resultados obtenidos por DEXA: masa grasa, masa magra y contenido mineral óseo. Para comparar la masa adiposa del método de cinco componentes y el % de grasa obtenido con DEXA se obtuvo la fracción lipídica del % de adiposidad por medio de la ecuación de Martin et al. (1994): Fracción lipídica (%) = $0.327 + (0.0124 \times \%$ de adiposidad) y posteriormente este valor se multiplicó por el total de kg pertenecientes a la masa adiposa.

El análisis de los datos se realizó mediante los softwares estadísticos *SPSS versión 21.0*, *Excel* y *R*. Para las variables cualitativas se empleó un análisis univariado con frecuencias absolutas y relativas, teniendo en cuenta variables como sexo, posición de juego, índice de masa corporal e índice córico. Las variables cuantitativas tales como edad, talla y peso, así como las variables de composición corporal por método de dos y cinco componentes y DEXA, se analizaron mediante medidas de tendencia central y dispersión (media, mediana, desviación estándar, rango intercuartil), con el fin de describir las características generales y antropométricas de las deportistas.

Posteriormente, se realizó un análisis bivariado para relacionar variables como la posición de juego según las

características antropométricas de las deportistas, esto con la finalidad de comparar los diferentes métodos de medición de la composición corporal. Respecto al DEXA, se realizó un análisis de correlación mediante la prueba de Pearson o Spearman, según la distribución de las variables y el análisis de concordancia con coeficiente de correlación intraclase y método gráfico de Bland y Altman.

Resultados

Se evaluaron 24 mujeres futbolistas profesionales colombianas, de las cuales, dos eran arqueras, tres centrales, tres delanteras, cuatro laterales y doce volantes, cuyo promedio de edad fue de 24 ± 3.7 años, su peso de 57 ± 5.2 kg, talla de 161 ± 5.2 cm, e IMC de 22 ± 1.8 kg/m².

A partir del método de cinco componentes se observó que las arqueras son quienes poseen más adiposidad (18.73 ± 2.04 kg), seguidas de las delanteras (17.95 ± 2.52 kg) y las centrales (16.44 ± 2.96 kg), y que la adiposidad es menor en las volantes y las laterales (15.85 ± 2.49 kg y 14.92 ± 2.58 kg, respectivamente). Con respecto a la masa muscular, fue mayor en las delanteras seguida de las arqueras (28.94 ± 1.82 kg, y 26.14 ± 1.03 kg, respectivamente), y menor en las centrales y las laterales (25.38 ± 1.83 kg; y 22.48 ± 1.68 kg, respectivamente); el peso de la masa ósea fue muy similar en todas las deportistas, sin embargo, fue mayor en las delanteras (6.23 ± 0.55 kg) y menor en las laterales (5.26 ± 0.53 kg) tal y como puede observarse en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos de la composición corporal calculados a partir del método de cinco componentes según posición de juego

Variable	Arquera	Central	Delantera	Lateral	Volante	
Masa Adiposa (Kg)	18.73 ± 2.04	16.44 ± 2.96	17.95 ± 2.52	14.92 ± 2.58	15.85 ± 2.49	
Masa Muscular (Kg)	26.14 ± 1.03	25.38 ± 1.83	28.94 ± 1.82	22.48 ± 1.68	25.60 ± 2.86	
Kg Masas	Masa Ósea (Kg)	6.02 ± 0.82	5.94 ± 1.286	6.23 ± 0.55	5.26 ± 0.53	6.17 ± 0.61
	Masa Piel (Kg)	3.40 ± 0.17	3.22 ± 0.25	3.55 ± 0.24	3.17 ± 0.12	3.28 ± 0.20
Masa Residual (Kg)	5.54 ± 0.36	5.73 ± 0.51	6.28 ± 0.53	4.60 ± 0.50	5.42 ± 0.77	
Masa Adiposa (%)	31.26 ± 1.29	28.85 ± 2.60	28.48 ± 3.65	29.49 ± 3.94	28.15 ± 3.80	
Masa Muscular (%)	43.73 ± 1.26	44.94 ± 2.95	45.99 ± 3.02	44.62 ± 2.83	45.40 ± 2.97	
% Masas	Masa Ósea (%)	10.04 ± 0.68	10.39 ± 1.12	9.89 ± 0.69	10.44 ± 0.98	10.99 ± 1.12
	Masa Piel (%)	5.71 ± 0.68	5.70 ± 0.43	5.64 ± 0.38	6.29 ± 0.39	5.83 ± 0.34
	Masa Residual (%)	9.26 ± 0.03	10.13 ± 0.73	9.99 ± 1.06	9.16 ± 1.18	9.63 ± 1.24

Nota: Los estadísticos reportados corresponden a Media \pm DS.

A través de DEXA, se encontró un promedio en el % de masa grasa de 23.90 ± 3.51 ; de igual manera fueron obtenidos los datos de masa magra, contenido mineral óseo y masa grasa que se expresan en kg o % según corres-

ponda; estos resultados se observan detalladamente en la Tabla 2.

Tabla 2. Promedio y desviación estándar (\pm) de composición corporal a través de DEXA

	Variable	\bar{X}	DS	ME	RI
Kg Masas	Masa grasa (Kg)	13.60	2.65	13.40	(12.00 - 15.50)
	Masa Magra* (Kg)	40.70	3.88	39.90	(38.40 - 44.10)
	CMO** (Kg)	2.46	0.21	2.41	(2.29 - 2.61)
% Masas	Masa grasa (%)	23.90	3.51	24.10	(22.10 - 26.00)
	Masa Magra* (%)	71.70	3.39	71.90	(69.70 - 73.60)
	CMO** (%)	4.34	0.32	4.29	(4.14 - 4.47)

Nota: *Músculo + residual; **CMO: Contenido mineral óseo; \bar{X} : Media; DS: Desviación estándar; ME: Mediana; RI: Rango intercuartil.

Al analizar los datos obtenidos del cálculo de % de grasa aplicando las fórmulas de Yuhasz, Durnin y Rahaman, Jackson y Pollock, Durnin y Womersley para dos componentes y hallando el % de masa lipídica del peso de cinco componentes, se evidenció que el % hallado con la fórmula de

Yuhasz siempre fue más bajo que el arrojado por las otras fórmulas, con una mediana de 15.17% y un rango intercuartil (RI) (13.98% - 16.72%), y que el % más alto fue dado por la fórmula de Durnin y Rahaman con una mediana de 25.57% y un RI (24.95% - 28.07%) (Tabla 3).

Tabla 3. Datos del porcentaje de grasa medido con las distintas fórmulas de predicción de la composición corporal para el método dos componentes según posición de juego

Posición	Yuhasz (%)	Durnin y Rahaman (%)	Jackson y Pollock (%)	Durnin y Womersley (%)	Masa lipídica del peso (%) 5 componentes
Arquera (n = 2)	17.37 \pm 4.05 17.37 (15.94 - 18.80)	27.51 \pm 4.58 27.51 (25.89 - 29.12)	19.24 \pm 2.74 19.24 (18.27 - 20.21)	26.92 \pm 2.58 26.92 (26.01 - 27.83)	22.35 \pm 1.42 22.35 (21.85 - 22.85)
Central (n = 3)	16.30 \pm 2.88 16.12 (14.82 - 17.70)	28.27 \pm 3.14 27.90 (26.62 - 29.74)	17.74 \pm 3.48 17.82 (16.02 - 19.50)	27.21 \pm 3.11 26.84 (25.57 - 28.66)	19.81 \pm 2.67 20.78 (18.79 - 21.32)
Delantera (n = 3)	16.19 \pm 3.88 15.81 (14.16 - 18.02)	27.06 \pm 3.19 25.30 (25.21 - 28.02)	17.14 \pm 4.84 17.52 (14.82 - 19.65)	26.00 \pm 3.17 24.26 (24.17 - 26.96)	19.48 \pm 3.78 19.35 (17.56 - 21.34)
Lateral (n = 4)	13.67 \pm 2.32 14.69 (13.48 - 14.88)*	23.89 \pm 2.76 25.02 (23.58 - 25.33)*	14.95 \pm 3.13 15.68 (13.47 - 17.16)	22.86 \pm 2.74 23.98 (22.55 - 24.29)*	20.57 \pm 4.13 20.90 (18.17 - 23.30)
Volante (n = 12)	14.80 \pm 2.63 15.30 (13.67 - 16.72)	25.02 \pm 4.46 26.45 (23.61 - 27.99)	16.38 \pm 3.39 15.45 (14.68 - 19.33)	23.86 \pm 4.33 25.40 (22.15 - 26.92)	19.19 \pm 3.73 19.44 (17.83 - 21.66)
Total	15.19 \pm 2.82 15.17 (13.98 - 16.72)	25.70 \pm 3.92 25.57 (24.95 - 28.07)	16.64 \pm 3.39 16.71 (14.33 - 19.33)	24.63 \pm 3.79 24.90 (24.02 - 27.01)	19.80 \pm 3.42 19.80 (17.80 - 22.30)

Nota: Los estadísticos reportados corresponden a Media \pm DS y Mediana (Q1 - Q3); *Valores que no presentaron distribución normal.

Para que la comparación de % de grasa fuera adecuada y se pudieran comparar los resultados de las fórmulas aplicadas a dos componentes con cinco componentes, se halló primero la fracción lipídica del peso que arrojó el cálculo de cinco componentes, evidenciando así que estos resultados eran más parecidos y que no se estaba sobrestimando el valor del % de grasa por cinco componentes; que incluso se ubicaba aproximadamente 14 puntos por encima de los % de grasa calculados con la fórmula de Yuhasz y tres puntos por encima de los % de grasa calculados con Durnin y Rahaman.

Con respecto a los coeficientes de correlación de Pearson o Spearman, según la distribución de las variables (Tabla 4), todos los % de grasa de dos y cinco componentes tienen correlación con los datos arrojados por DEXA, que para efectos del presente estudio es usado como método criterio (García et al., 2014). Se destacan los % de Yuhasz, y Durnin y Rahaman con correlación muy alta de 0.825 y 0.809 respectivamente y $p < .001$. Los demás datos tuvieron una correlación alta ($p > 0.6 - 0.8$), siendo la fracción lipídica del % de adiposidad por el método de cinco componentes la que tuvo la menor correlación ($r < .616$) ($p < .001$).

Tabla 4. Coeficientes de correlación entre porcentajes de grasa medidos con las distintas fórmulas de predicción de la composición corporal con respecto al DEXA

Prueba	Parámetro 1	Parámetro 2	r	IC	p
Pearson	DEXA	% masa lipídica del peso	.616	.282 - .826	.345
	DEXA	% grasa Jackson y Pollock	.757	.509 - .889	.237
	DEXA	% grasa Yuhasz	.825	.632 - .922	.653
	DEXA	% grasa Durnin & Rahaman	.809	.601 - .914	.055
Spearman	DEXA	% grasa Durnin y Womersley*	.749	.559 - .903	.042
	DEXA	% grasa Slaughter*	.679	.542 - .898	.035

Nota: *Se utilizó el coeficiente de Spearman conforme a la distribución de la variable, los demás coeficientes corresponden a Pearson

** $p < .05$.

En los coeficientes de concordancia de Lin (Tabla 5), el método con mayor coeficiente de correlación intraclase fue el % de grasa, hallado con la fórmula de Durnin y Womers-

ley, seguido de los % hallados por Durnin y Rahaman con 0.768 y 0.719 respectivamente. El método con la menor correlación-concordancia fue Yuhasz con 0.163.

Tabla 5. Coeficientes de correlación - concordancia de Lin entre porcentajes de grasa medidos con las distintas fórmulas de predicción de la composición corporal con respecto al DEXA

Parámetro 1	Parámetro 2	rho	IC
DEXA	% masa lipídica del peso	.352	.119 - .548
	% grasa Jackson y Pollock	.227	.093 - .352
	% grasa Yuhasz	.163	.069 - .254
	% grasa Durnin & Rahaman	.719	.491 - .855
	% grasa Durnin y Womersley	.768	.543 - .891
	% grasa Slaughter	.633	.385 - .796

Por último, se compararon los datos de % de grasa obtenidos mediante diferentes métodos y fórmulas con el método de referencia (DEXA), mediante la diferencia intermétodos (DIM) por el sistema de Bland y Altman (Tabla 6). De esta comparación, se obtuvo que la menor DIM fue

dada por la fórmula de Durnin y Womersley, con un valor de - 0.70, lo que significa que los % de grasa hallados con este método arrojarían en promedio 0.7 puntos más que los datos obtenidos por el DEXA (Figura 1).

Tabla 6. Diferencia intermétodo (DIM) y límites de concordancia entre porcentajes de grasa medidos con distintas fórmulas de predicción de la composición corporal con respecto al DEXA

Método de composición corporal	% grasa (X- DS)	DIM con respecto al DEXA (X- DS)*	Límites de concordancia	
			Inferior	Superior
DEXA	23.94 ± 3.507	-	-	-
% masa lipídica del peso	19.80 ± 3.417	4.14	2.86	5.43
% grasa Jackson y Pollock	16.64 ± 3.389	7.30	6.28	8.31
% grasa Yuhasz	15.19 ± 2.816	8.75	7.91	9.59
% grasa Durnin & Rahaman	25.70 ± 3.921	- 1.76	- 2.75	- 0.78
% grasa Durnin y Womersley	24.63 ± 3.793	- 0.70	- 1.71	0.32
% grasa Slaughter	26.27 ± 3.580	- 2.33	- 3.33	- 1.3

*Diferencia obtenida por el método de Bland y Altman

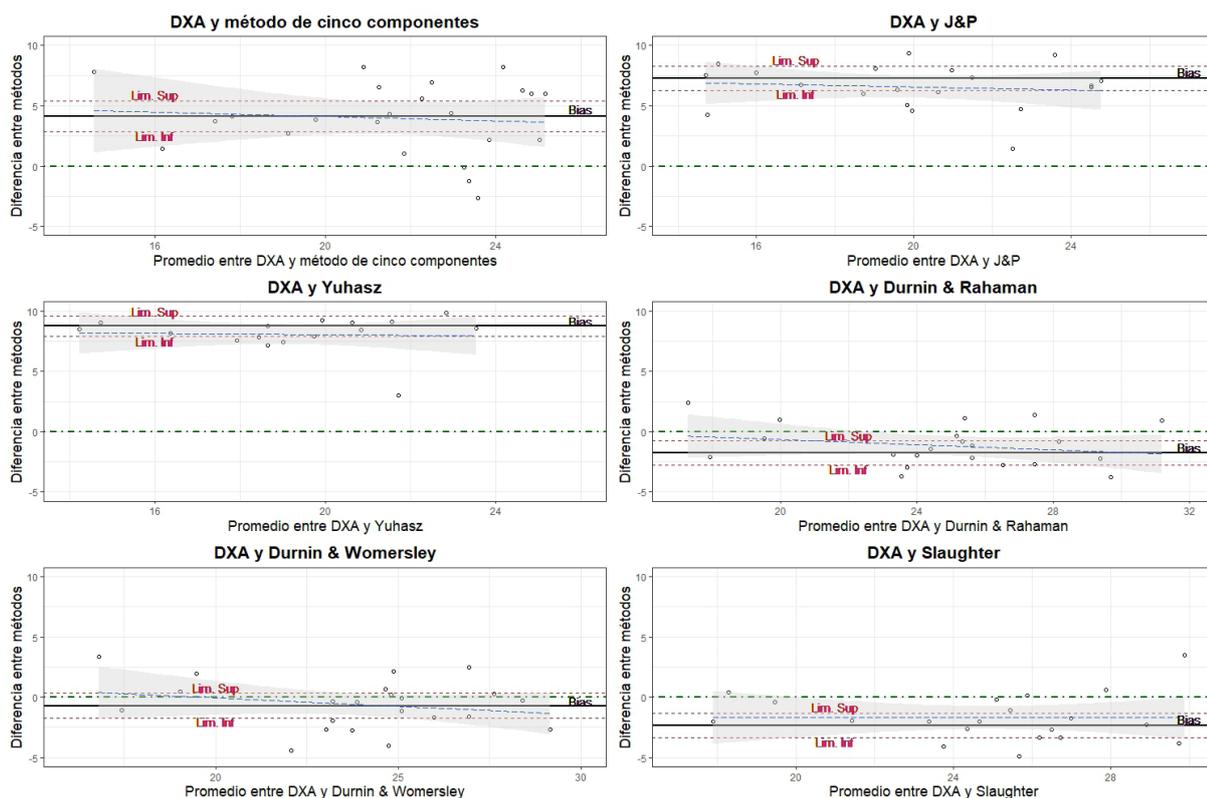


Figura 1. Comparación del porcentaje de masa grasa medido con fórmulas de predicción de composición corporal y DEXA en gráficos de Bland y Altman

Discusión

La importancia de determinar de manera adecuada la composición corporal reside en que esta se relaciona con diferentes aspectos como la agilidad, la potencia de los miembros inferiores, la flexibilidad y en general con el rendimiento de los deportistas (Zanini et al., 2020); no obstante, los valores de la composición corporal varían ampliamente dependiendo del método o de las fórmulas empleadas, observándose mayores diferencias en variables como el % de grasa, masa grasa y masa libre de grasa (Merrigan et al., 2018; Vaquero, 2023), además, el % de grasa es un indicador que presenta grandes variaciones según el sexo y la edad de los sujetos (López et al., 2018; Reilly et al., 2009; Santos y Tavares, 2007).

Los resultados de la presente investigación coinciden con los encontrados en un estudio realizado en futbolistas profesionales chilenos en el que se evidenció que la masa adiposa de porteros (18 ± 2.1 kg), es mayor que la de defensas (16.2 ± 2.8 kg), delanteros (15.5 ± 2.4 kg) y volantes (15.0 ± 2.0 kg) (López, 2018; Rodríguez et al., 2019). De la misma manera, otros estudios describen que los volantes tienen menor peso corporal, masa adiposa y masa muscular, asociado a que son quienes apoyan y enlazan a los defensas y delanteros, con características físicas como resistencia, velocidad y potencia, y presentan mayores niveles de consumo máximo de oxígeno (Ochoa, 2008).

En estudios que emplearon la técnica de DEXA para analizar la composición corporal, como el llevado a cabo con una muestra de 175 jugadoras universitarias de fútbol femenino, se observó que el % de masa grasa fue del 25.7% durante la pretemporada (Roelofs, 2020), similar a los resultados arrojados en la presente investigación, en los que el promedio fue de 23.9%; sin embargo, la particularidad de los estudios es que el % de grasa varía dependiendo de la fórmula empleada (Randell, 2021) y de la población estudiada. Por otra parte, vale la pena resaltar que el método de dos componentes solo mide la parte lipídica químicamente definida, mientras que el método de cinco componentes mide la masa adiposa anatómicamente definida, o sea, sus adipocitos con lípidos, agua, electrolitos y proteínas; por lo que fue necesario ajustar el valor de la masa grasa arrojada por el modelo de cinco componentes, mediante la fórmula propuesta por Alan Martin (Fracción lipídica (%)) = $0.327 + (0.0124 \times \%$ de adiposidad) para que estos valores se pudieran comparar con el % de grasa arrojado con las fórmulas de dos componentes, teniendo en cuenta que el método de cinco componentes genera valores mayores (Holway, 2008).

En el presente estudio, los % de grasa calculados por el método de dos componentes mediante la fórmula de Durnin y Womersley fueron los más parecidos a los valores de % de grasa arrojados por el método de referencia DEXA. Resultados similares se encontraron en otro estudio rea-

lizado en futbolistas masculinos en el que el % de grasa corporal presentó menor *DIM* por la fórmula de Durnin y Womersley (coeficiente de correlación (ρ) = 0.66) (Kammerer et al., 2021), comparado con el presente estudio con un ρ de 0.77. A su vez, otros estudios concluyeron que los resultados de % de grasa calculado mediante la ecuación de Durnin y Womersley son más cercanos al método de referencia en futbolistas jóvenes y otros deportistas de élite, y podría utilizarse para evaluar el % de grasa corporal si no se dispone de métodos más precisos (Blue et al., 2018; España et al., 2015); por otro lado, la variabilidad del % de grasa va a depender del método empleado. Resultados similares se encontraron en un estudio realizado en individuos con sobrepeso u obesidad donde, comparando el DEXA con el modelo de cuatro componentes (4C) se encontró que existía una alta correlación entre ambos métodos, sin embargo, el % de grasa fue significativamente mayor mediante el DEXA con respecto al modelo de 4C (García et al., 2015).

Otro hallazgo importante fue que aunque la antropometría ha sido utilizada a lo largo de los años como método doblemente indirecto para evaluar la composición corporal de deportistas, al comparar la ecuación de Yuhasz con el método criterio (Hind et al., 2018), presentó la menor correlación-concordancia con valores de ρ de 0.163 y la mayor *DIM* con valores de 8.75, lo que significa que al calcular con la fórmula de Yuhasz se estaría subestimando el % de grasa en casi nueve puntos, impidiendo la realización de intervenciones nutricionales efectivas.

En un estudio realizado en jugadores de rugby sub-élites tanto la ecuación de Yuhasz como la de Faulkner tendieron a subestimar el % de grasa en comparación con la ecuación de Reilly, siendo la ecuación de Yuhasz la que proporcionó un mayor error sistemático (Escrivá et al., 2021), encontrando resultados similares a la presente investigación, donde esta fórmula subestimaba el % de grasa corporal comparado con el método criterio.

Teniendo en cuenta las conclusiones anteriores y que múltiples trabajos han demostrado la importancia de generar información sobre el nivel de composición corporal para futbolistas profesionales, así como su utilidad para los procesos de formación por parte de entrenadores y directivos (Randell et al., 2021), se considera importante resaltar que el método antropométrico que mejor concordancia presenta con el método criterio (DEXA) es la fórmula de Durnin y Womersley; significando que la fórmula de Yuhasz debe entrar en obsolescencia para calcular % de grasa en deportistas, ya que presenta muy baja concordancia con el método criterio tal como lo muestra la evidencia. A partir de lo anterior, se resalta también la necesidad de determinar unos parámetros y rangos con objetivos antropométricos y de composición corporal para las futbolistas profesionales por posiciones de juego, considerando que actualmente no están establecidos en ninguno de los estudios en los que se evalúa la influencia de la composición corporal en el alto rendimiento (Sedano et al., 2009) en el fútbol femenino.

Limitaciones

Uno de los factores limitantes fue el tamaño de la muestra y que la misma se hizo a conveniencia. No obstante, es importante tener en cuenta que el fútbol femenino en Colombia sigue experimentando un crecimiento significativo, y a pesar de estas limitaciones, la muestra analizada logró de manera adecuada incorporar las diferentes posiciones de juego. Como otra limitante se reconoce que el evaluador no fue el mismo para todas las futbolistas, sin embargo, cada evaluador contaba con su certificación ISAK, y cada medición se realizó bajo el mismo protocolo con los mismos equipos para todas las mediciones.

Referencias

- Almăjan, B., Rusu, A., Nagel, A., y Avram, C. (2015). Injury frequency and body composition of elite Romanian rugby players. *Timisoara Physical Education and Rehabilitation Journal*, 8(15),17-21. <https://doi.org/10.1515/tperj-2015-0011>
- Blue, M., Hirsch, K., Trexler, E., y Smith-Ryan, A. (2018). Validity of the 4-compartment model using dual energy X-ray absorptiometry-derived body volume in overweight individuals. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 43(7), 742-746. <https://doi.org/10.1139/apnm-2017-0804>
- Carter, J. (1982). *Body Composition of Montreal Olympic Athletes*. Medicine and Sport Science. <https://doi.org/10.1159/000406783>
- Ceballos, O., Bernal, F., Jardón, M., Enríquez, M., Durazo, J., y Ramírez, M. (2021). Body composition and physical performance of college soccer by player's position. *Retos*, 39(2021), 52-7. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.75075>
- Costa, O., Alonso-Aubin, D., Patrocinio de Oliveira, C., Candia-Luján, R., y De Paz, J. (2015). Métodos de evaluación de la composición corporal: una revisión actualizada de descripción, aplicación, ventajas y desventajas. *Archivos de Medicina del Deporte*, 32(6), 387-394. https://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/rev1_costa_moreira.pdf
- Cumberledge, E., Myers, C., Venditti, J., Dixon, C., y Andreacci, J. (2018). The Effect of the Menstrual Cycle on Body Composition Determined by Contact-Electrode Bioelectrical Impedance Analyzers. *International Journal of Exercise Science*, 11(4), 625-32. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5841670/pdf/ijes-11-4-625.pdf>
- Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial. Recomendaciones para guiar a los médicos en la investigación biomédica en personas. Adoptada por la 18 Asamblea Médica Mundial, Helsinki, Finlandia, junio de 1964 y enmendada por la 29 Asamblea Médica Mundial, Tokio, Japón, octubre de 1975, la 35

- Asamblea Médica Mundial, Venecia, Italia, octubre de 1983 y la 41 Asamblea Médica Mundial, Hong Kong, septiembre de 1989.
- Durnin, J., y Womersley J. (1974). 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. *British Journal of Nutrition*, 32(1), 77-97. <https://doi.org/10.1079/BJN19740060>
- Escrivá, D., Caplliure-Llopis, J., Benet, I., Mariscal, G., Mampel, J., y Barrios, C. (2021). Differences in Adiposity Profile and Body Fat Distribution between Forwards and Backs in Sub-Elite Spanish Female Rugby Union Players. *Journal of Clinical Medicine*, 10(23), 5713. <https://doi.org/10.3390/jcm10235713>
- España, V., Rúiz, J., Ortega, F., y Artero, E. (2015). Medición de la grasa corporal en escaladores deportivos de élite: comparación de las ecuaciones del grosor de los pliegues cutáneos con absorciometría de rayos X de energía dual. *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, 32(168), 208-214.
- Faulkner, J. (1966). Physiology of swimming. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 37(1), 41-54. <https://doi.org/10.1080/10671188.1966.10614734>
- Federación Internacional de fútbol asociado. (2018). Historia del fútbol: los orígenes [Internet]. FIFA.com. Disponible en: <https://www.fifa.com/es>
- Figueredo, D., Dourado, A., Stanganelli, L., y Gonçalves, H. (2021). Evaluation of body composition and its relationship with physical fitness in professional soccer players at the beginning of pre-season. *Retos*, 40, 117-25. <https://doi.org/10.47197/retos.v1i40.82863>
- García, N., Zapata, D., Sáez, C., Yáñez, R., y Peñailillo, L. Valoración de la masa grasa en futbolistas jóvenes de alto rendimiento: comparación de métodos antropométricos con absorciometría dual de rayos X (DEXA). *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, 27(5), 469-77.
- García, J., López, J., Ogando, H., Fernández, A., Padrón, A., y Prieto, J. (2014). Utilidad de la cineantropometría y la bioimpedancia para orientar la composición corporal y los hábitos de los futbolistas. / Utility kinanthropometry and bioimpedance to guide body composition and habits of the players. *Retos Nuevas Perspectivas en Educación Física Deporte y Recreación*, 25(2014), 117-9. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i25.34493>
- González, E. (2013). Composición corporal: estudio y utilidad clínica. *Endocrinología y Nutrición*, 60(2), 69-75.
- Hind, K., Slater, G., Oldroyd, B., Lees, M., Thurlow, S., Barlow, M., y Shepherd, J. (2018). Interpretation of Dual-Energy X-Ray Absorptiometry-Derived Body Composition Change in Athletes: A Review and Recommendations for Best Practice. *Journal of Clinical Densitometry*, 21(3), 429-443. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2018.01.002>
- Holway, F. (2008). Composición corporal en nutrición deportiva. Principios básicos de nutrición en el deporte, p. 195-226.
- López García, R., Lagunes Carrasco, J.O., Carranza García, L.E., Ródenas Cuenca, L.T. y Morales Corral, P.G. (2021). Morphological Characteristics in Professional Soccer Referees in Mexico; Anthropometry and DEXA. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 21(81), 117-129. <https://doi.org/10.15366/rimcafd2021.81.008>
- Jackson, A., y Pollock, M. (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*, 40(3), 497-504. <https://doi.org/10.1079/BJN19780152>
- Kammerer, M., Ceballos, N., Mayor, M., Hoyos, H., y Gómez, S. (2021). 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. *Nutrición Hospitalaria*, 38(2), 290-297. <https://doi.org/10.20960/nh.03206>
- Kerr, D. (1988). *An anthropometric method for fractionation of skin, adipose, bone, muscle and residual tissue masses, in males, females age 6 to 77* [Tesis de Doctorado, University of Technology, Western Australia]. University of Technology.
- López, J., González, R., Gaytán, A., Jiménez, J., Villegas, M., Jáuregui, E., y Torres, F. (2018). Accuracy of Anthropometric Equations for Estimating Body Fat in Professional Male Soccer Players Compared with DXA. *Journal of Sports Medicine*, 2018, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2018/6843792>
- Marfell, M., Stewart, A., y Olds, T. (2006). *Kinanthropometry IX: Proceedings of the 9th International Conference of the International Society for the Advancement of Kinanthropometry*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203970157>
- Martin, A., Daniel, M., Drinkwater, D., y Clarys, J. (1994). Adipose tissue density estimated adipose lipid fraction and whole body adiposity in male cadavers. *International Journal of Obesity*, 18(2), 79-83. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8148928/>
- Merrigan, J., Gallo, S., Fields, J., y Jones, M. (2018). Foot-to-Foot Bioelectrical Impedance, Air Displacement Plethysmography, and Dual Energy X-ray Absorptiometry in Resistance-Trained Men and Women. *International Journal of Exercise Science*, 11(4),

- 1145-1155. <https://digitalcommons.wku.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2294&context=ijes>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (octubre de 1993). *Resolución 8430 de 1993*. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>
- Ochoa, A. (2008). *Fútbol: El juego de todos*. <https://conadeb.conade.gob.mx/Documentos/Publicaciones/Futbol.pdf>
- Pařízková, J., y Bůžková, P. (1971). Relationship between skinfold thickness measured by Harpenden caliper and densitometric analysis of total body fat in men. *American Journal of Human Biology*, 43(1), 16-21. <https://www.jstor.org/stable/41462269>
- Pons, V., Riera, J., Galilea, P., Drobnic, F., Banquells, M., y Ruiz, O. (2015). Características antropométricas, composición corporal y somatotipo por deportes. Datos de referencia del CAR de Sant Cugat, 1989-2013. *Apunts Medicina de l'Esport*, 50(186), 65-72. <https://doi.org/10.1016/j.apunts.2015.01.002>
- Randell, R., Clifford, T., Drust, B., Moss, S., Unnithan, V., De Ste Croix, M., Datson, N., Martin, D., Mayho, H., Carter, J., y Rollo, I. (2021). Physiological Characteristics of Female Soccer Players and Health and Performance Considerations: A Narrative Review. *Sports Medicine*, 51(7), 1377-1399. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01458-1>
- Reilly, T., George, K., Marfell-Jones, M., Scott, M., Sutton, L., y Wallace, J. (2009). How Well Do Skinfold Equations Predict Percent Body Fat in Elite Soccer Players? *International Journal of Sports Medicine*, 30(08), 607-13. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1202353>
- Rodríguez, F., López, A., Holway, F., y Jorquera, C. (2019). Diferencias antropométricas por posición de juego en futbolistas profesionales chilenos. *Nutrición Hospitalaria*, 36(4), 846-853. <https://doi.org/10.20960/nh.02474>
- Roelofs, E., Bockin, A., Bosch, T., Oliver, J., Bach, C., Carbuhn, A., Stanforth, P., y Dengel, D. (2020). Body Composition of National Collegiate Athletic Association (NCAA) Division I Female Soccer Athletes through Competitive Seasons. *International Journal of Sports Medicine*, 41(11), 766-770. <https://doi.org/10.1055/a-1177-0716>
- Santos, P., Bouzas, J., y Tavares, A. (2007). Validation of anthropometric equations for the estimation of body density in professional soccer players. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 13(3), 153-6. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922007000300005>
- Sedano, S., Vaeyens, R., Philippaerts, R., Redondo, J., y Cuadrado, G. (2009). Perfil de condición física anaeróbica y antropométrica de jugadoras de fútbol de élite y no élite. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 49(4), 387-394.
- Zanini, D., Kuipers, A., Somensi, I., Pasqualotto, J., Quevedo, J., Teo, J., y Ledur, D. (2020). Relationship between body composition and physical capacities in junior soccer players. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 22, e60769. <https://doi.org/10.1590/1980-0037.2020v22e60769>
- Vaquero Cristóbal, R. (2023). Evaluación de la masa grasa desde la perspectiva de la composición corporal: un análisis crítico. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 18(56), 4-13. <https://doi.org/10.12800/ccd.v18i56.2033>
- Zulet, P., Lizancos, A., Andía, V., González, C., Monereo, S., y Calvo, S. (2019). Relationship of body composition measured by DEXA with lifestyle and satisfaction with body image in university students. *Nutrición Hospitalaria*, 36(4), 919-25. <https://doi.org/10.20960/nh.02103>