

# Valoración de la masa grasa en futbolistas jóvenes de alto rendimiento: comparación de métodos antropométricos con absorciometría dual de rayos X (DEXA)

Nicolás García<sup>1</sup>, Daniel Zapata<sup>2</sup>, Cristóbal Sáez<sup>3</sup>, Roberto Yáñez<sup>3</sup>, Luis Peñailillo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Ciencias del Ejercicio, Escuela de Kinesiología, Facultad de Medicina, Universidad FinisTerra, Santiago, Chile. <sup>2</sup>Laboratorio de Ciencias del Ejercicio, Clínica Meds, Santiago, Chile. <sup>3</sup>Cuerpo Médico de las Selecciones Menores de Fútbol de Chile y de Clínica Meds, Santiago, Chile.

**Recibido:** 27.06.2014  
**Aceptado:** 06.02.2015

## Resumen

Existen múltiples ecuaciones antropométricas descritas en la literatura para estimar el porcentaje de masa grasa corporal. Sin embargo, no existe un consenso acerca de la mejor ecuación para estimar la masa grasa en futbolistas. El objetivo de este estudio fue comparar los porcentajes de masa grasa corporal obtenidos a partir de ecuaciones antropométricas habitualmente utilizadas para estimar composición corporal, con la absorciometría dual de rayos X (DEXA), en futbolistas jóvenes de élite. Se evaluaron 43 futbolistas seleccionados nacionales jóvenes (edad:  $16,9 \pm 1,3$  años), a los cuales se les estimó el porcentaje de grasa corporal utilizando nueve ecuaciones, y se comparó con el porcentaje de grasa obtenido con la evaluación de DEXA. El porcentaje de masa grasa corporal estimado por las ecuaciones antropométricas de Faulkner (% grasa:  $11,1 \pm 1,6\%$ ) y Slaughter ( $11,5 \pm 3,2\%$ ), además de las ecuaciones para estimar densidad corporal (y luego masa grasa a través de la ecuación de Brozek) de Wilmore & Behnke ( $11,7 \pm 1,7\%$ ), Jackson & Pollock ( $11,8 \pm 3,7\%$ ), Durnin & Womersley ( $12,9 \pm 2,9\%$ ) y Withers ( $10,4 \pm 2,5\%$ ) no mostraron diferencias significativas con DEXA ( $12,9 \pm 4,1\%$ ). De todas ellas, la ecuación de Durnin & Womersley mostró menor diferencia intermétodo con DEXA ( $0,06 \pm 2,0\%$ ), aunque sin diferencias significativas con las diferencias intermétodo de las ecuaciones de Slaughter ( $-1,3 \pm 2,5\%$ ), Wilmore & Behnke ( $-1,2 \pm 3,0\%$ ) y Jackson & Pollock ( $-1,1 \pm 2,8\%$ ). Al correlacionar todas las ecuaciones antropométricas con DEXA se obtuvieron coeficientes de Spearman entre 0,45 y 0,88 ( $p < 0,05$ ). En conclusión, las ecuaciones de Durnin & Womersley, Slaughter, Wilmore & Behnke y Jackson & Pollock son las más cercanas al método de referencia cuando son utilizadas en futbolistas jóvenes.

## Palabras clave:

Ecuaciones antropométricas.  
Composición corporal.  
Pliegues cutáneos. Adiposidad.

## Fat mass assessment in young elite football players: comparison of anthropometric methods with dual X-ray absorptiometry (DEXA)

### Summary

There are multiple anthropometric equations described in the literature to estimate the body fat mass, but there are some variations between them, with no consensus on which one is the best equation for estimating fat mass for specific populations. The aim of this study was to compare the percentages of body fat mass obtained from anthropometric equations commonly used to estimate body fat, with dual X-ray absorptiometry (DEXA) as gold standard, in young Chilean elite soccer players. 43 soccer players from young national teams were assessed (age:  $16.9 \pm 1.3$  y). The percentage of body fat using nine equations was estimated and compared with the percentage of fat obtained from DEXA. The percentage of body fat estimated by the anthropometric equations from Faulkner ( $11.1 \pm 1.6\%$ ) and Slaughter ( $11.5 \pm 3.2\%$ ), plus body density equations (and fat mass estimated through Brozek equation) from Wilmore & Behnke ( $11.7 \pm 1.7\%$ ), Jackson & Pollock ( $11.8 \pm 3.7\%$ ), Durnin & Womersley ( $12.9 \pm 2.9\%$ ) and Withers ( $10.4 \pm 2.5\%$ ) showed no significant difference with the measurement performed with DEXA ( $12.9 \pm 4.1\%$ ). Of these, the equation of Durnin & Womersley, showed less inter-method difference with DEXA ( $0.06 \pm 2.0\%$ ), although no significant differences with inter-method differences from the equations of Slaughter ( $-1.3 \pm 2.5\%$ ), Wilmore & Behnke ( $-1.2 \pm 3.0\%$ ) and Jackson & Pollock ( $-1.1 \pm 2.8\%$ ) were found. The correlations of the equations with DEXA measurement showed that the Spearman coefficient resulted between 0.45 and 0.88, all statistically significant. In conclusion, the equations of Durnin & Womersley, Slaughter, Wilmore & Behnke and Jackson & Pollock are those that come closest to the reference method to be used in young soccer players.

## Key words:

Anthropometric equations.  
Body composition.  
Skinfolds. Adiposity.

**Correspondencia:** Nicolás García  
E-mail: nicolasgarciaa@gmail.com

## Introducción

En el deporte de élite, existen múltiples variables que influyen en el rendimiento deportivo, dentro de las cuales se encuentra la composición corporal. Específicamente en el fútbol, aquellos deportistas con mayor masa muscular y menor masa grasa son capaces de recorrer mayores distancias por partido, además obtienen mayores valores en pruebas de salto, facilitando el rendimiento intermitente de alta intensidad por periodos prolongados, que caracteriza al fútbol competitivo<sup>1</sup>. Un estudio mostró que la masa grasa se correlaciona negativamente ( $r = -0,49$ ) con la fuerza explosiva de los miembros inferiores en futbolistas<sup>2</sup>, mientras que Silvestre *et al.*<sup>3</sup>, analizó la correlación de variables antropométricas con el rendimiento deportivo en futbolistas jóvenes (edad promedio = 19,9 años), obteniendo una correlación negativa ( $r = -0,67$ ) entre la masa grasa y el consumo máximo de oxígeno. Por lo tanto, es posible asumir que la composición corporal juega un rol relevante en el fútbol.

Existen diversos métodos indirectos que se pueden utilizar para estimar la composición corporal. Los métodos más frecuentemente utilizados para la medición de la composición corporal son los modelos bicompartimentales, que agrupan la composición corporal en masa grasa y masa libre de grasa<sup>4</sup>. Estos modelos asumen una proporción fija de la densidad de la masa grasa y libre de grasa de 0,9 y 1,1 g·ml<sup>-1</sup>, respectivamente<sup>5</sup>. Por lo tanto, se estima la densidad corporal y luego la masa grasa y masa libre de grasa. Estos métodos tienen gran popularidad debido a su bajo costo y fácil aplicación. Dentro de éstos se encuentran los modelos antropométricos, que utilizan la medición de pliegues cutáneos para obtener un valor de densidad corporal y subsecuentemente la masa grasa, o bien estimar directamente la masa grasa<sup>4</sup>.

En la actualidad, varios autores señalan que la absorciometría dual de rayos X (DEXA) podría utilizarse como método de referencia para la estimación de la composición corporal<sup>6,7</sup>. Esta utiliza dos fuentes de rayos X con energías diferentes, los que son atenuados por los distintos tejidos del organismo de diferente manera según su densidad<sup>8</sup>. De esta forma, el DEXA produce un fraccionamiento corporal en 3 componentes: masa grasa, masa magra no ósea y masa ósea. Actualmente es considerada como el método de referencia, ya que muestra niveles de correlación mayores al 98% con métodos más invasivos de valoración de la composición corporal, como la dilución isotópica, pero tiene la desventaja de que es de mayor costo y menor accesibilidad que los métodos antropométricos<sup>6,7</sup>.

Existen diversas ecuaciones derivadas de las mediciones antropométricas que estiman la masa grasa, y la selección de la ecuación más apropiada está sujeta a la población en estudio<sup>9</sup>. En el caso del fútbol profesional, se han reportado el uso de múltiples métodos para determinar la masa grasa. Por ejemplo, Sutton *et al.*<sup>10</sup> evaluó a 64 futbolistas de la Primera División Inglesa, utilizando DEXA como método de medición, obteniendo un promedio de masa grasa de un 10,6%. Por otro lado, Gil *et al.*<sup>11</sup>, midió la masa grasa de 241 futbolistas juveniles de España, utilizando la ecuación antropométrica de Faulkner, mostrando un 11,7% de masa grasa en promedio. Finalmente, le Gall *et al.*<sup>12</sup>, reportó 12,3% de masa grasa promedio en futbolistas juveniles seleccionados de Francia, utilizando la ecuación de Durnin & Womersley. Si bien se tratan de valores relativamente cercanos, no es posible contrastar los grupos de cada estudio, debido a que es desconocido si los valores

de las diferentes ecuaciones son comparables entre sí. Así, en nuestro conocimiento, no existe un consenso acerca del método antropométrico más apropiado para la determinación de grasa corporal en los futbolistas jóvenes de élite.

El objetivo del presente estudio fue comparar los valores estimados de masa grasa a partir de nueve diferentes ecuaciones antropométricas con el método DEXA como referencia en futbolistas jóvenes de élite.

## Material y método

### Participantes

Se realizó un estudio transversal en futbolistas profesionales de la Selección Chilena que participaron de los procesos preparatorios para los Campeonatos Sudamericanos Sub 17 y Sub 20 del año 2013, estableciendo como criterio de inclusión que tengan un mínimo de dos años de antigüedad entrenando en las divisiones menores de un club profesional. Utilizando un 2,6% de diferencias entre diversas ecuaciones antropométricas con la medición por DEXA reportadas en estudios similares realizados en deportistas<sup>13,14</sup>, y usando valores  $\alpha = 0,05$  y  $\beta = 0,2$  se estimó que 38 participantes serían necesarios para esta investigación.

Las mediciones fueron realizadas en el mismo lugar, bajo las mismas condiciones para todos los jugadores (en la mañana, sin sesión de entrenamiento en el día previo a la evaluación). Esta investigación contó con la aprobación del comité de ética institucional de la Clínica Meds (Santiago, Chile). La participación fue voluntaria, todos los deportistas fueron informados de la finalidad del estudio y firmaron el correspondiente consentimiento informado.

### Mediciones antropométricas

Para las mediciones antropométricas se siguió el protocolo establecido por la *International Society for Advancement of Kinanthropometry* (ISAK, 2006)<sup>15</sup>, y fueron obtenidas por el mismo evaluador, el cual está certificado por la ISAK (nivel II). Se midieron los pliegues cutáneos del tríceps, bíceps, subescapular, cresta ilíaca, supraespal, abdominal, muslo frontal, pantorrilla medial y pectoral, utilizando el kit Rosscraft SRL® (Canadá) y el caliper Harpenden HSB-BI® (Baty International Ltd, Sussex, UK). El pliegue pectoral, no incluido en el protocolo ISAK, se obtuvo utilizando una línea corriendo desde la punta del pliegue axilar anterior hasta el pezón. El pliegue cutáneo es tomado lo más alto posible en el pliegue axilar anterior, y el espesor del pliegue es medido 1 cm por debajo de los dedos a lo largo del eje<sup>16</sup>.

La masa corporal se midió con la balanza manual SECA® (SECA, Vogel & Halke GmbH, Hamburg, Germany; precisión de 0,1 kg), mientras que la talla fue obtenida a través del estadiómetro incluido en la balanza (SECA, Vogel & Halke GmbH, Hamburg, Germany; precisión de 0,1 cm).

### Cálculo del porcentaje de masa grasa a partir de mediciones antropométricas

Según experiencias previas similares en deportistas<sup>13</sup> y recomendaciones de la Federación Española de Medicina del Deporte<sup>9</sup>, se estimó la densidad corporal a partir de medición de pliegues cutáneos utilizando las fórmulas para estimar densidad corporal presentadas en la Tabla 1.

**Tabla 1. Ecuaciones utilizadas para estimar la densidad corporal (DC) a partir de los pliegues corporales del tríceps (TR), bíceps (BI), subescapular (Sesc), supraespinal (SEsp), abdominal (AB), muslo frontal (MF), pantorrilla medial (PM) y pectoral (PE).**

Autores	Ecuación
Sloan <sup>17</sup>	$DC = 1,1043 - 0,001327 \times (MF) - 0,001310 \times (Sesc)$
Wilmore & Behnke <sup>18</sup>	$DC = 1,08543 - 0,000886 \times (AB) - 0,00040 \times (PM)$
Katch & McArdle <sup>19</sup>	$DC = 1,09665 - 0,00103 \times (TR) - 0,00056 \times (Sesc) - 0,00054 \times (AB)$
Durnin & Womersley <sup>20</sup>	$DC = 1,162 - 0,063 \times (\log_{10} \Sigma 4 \text{ pliegues})$ * $\Sigma 4 \text{ pliegues: TR + BI + Sesc + CI (mm)}$
Jackson & Pollock <sup>21</sup>	$DC = 1,1093800 - 0,0013125 \times (\Sigma 3 \text{ pliegues}) + 0,0000012 \times (\Sigma 3 \text{ pliegues})^2 - 0,0002574 \times (\text{edad})$ * $\Sigma 3 \text{ pliegues: PE + AB + MF (mm)}$
Withers et al. <sup>22</sup>	Densidad = $1,0988 - 0,0004 (\Sigma 7 \text{ pliegues})$ * $\Sigma 7 \text{ pliegues: TR + Sesc + BI + Sesp + AB + MF + PM (mm)}$

**Tabla 2. Ecuaciones utilizadas para estimar directamente el porcentaje de masa grasa a partir de los pliegues cutáneos del tríceps (TR), subescapular (Sesc), supraespinal (SEsp), abdominal (AB), muslo frontal (MF) y pantorrilla medial (PM).**

Autores	Ecuación
Faulkner <sup>23</sup>	% masa grasa = $0,153 \times (TR + Sesc + Sesp + AB) + 5,783$
Carter <sup>24</sup>	% masa grasa = $0,1051 \times (TR + Sesc + Sesp + AB + MF + PM) + 2,58$
Slaughter et al. <sup>25</sup>	% masa grasa = $0,735 \times (TR + PM) + 1,0$

Una vez estimada la densidad corporal con cada ecuación, se estimó el porcentaje de grasa a través de la ecuación de Brozek<sup>5</sup>:

$$- \% \text{grasa corporal: } ((4,57/\text{densidad corporal}) - 4,142) \times 100$$

También se calculó directamente el porcentaje de masa grasa con las fórmulas presentadas en la Tabla 2.

### Absorciometría dual de rayos X (DEXA)

Se utilizó un scanner DEXA de cuerpo completo (Lunar Prodigy Advance®, GE Medical Systems Lunar, Madison, WI, USA). Un técnico asistió a los participantes para ser ubicados en la posición decúbito supino, según las guías del fabricante. Se analizó todo el cuerpo, en un tiempo aproximado de 20 minutos por participante. Se estimó la masa grasa, masa mineral y masa magra utilizando el *software* incluido en el equipo (enCORE® versión 15.0, GE Healthcare, Madison, WI, USA).

### Análisis estadístico

Los valores son presentados como medianas  $\pm$  error estándar. Se evaluó la distribución normal de las variables dependientes con la prueba de Shapiro-Wilk, la cual mostró que las variables no se distribuyeron en forma normal. Además, se compararon varianzas a través del test de Levene<sup>26</sup>, para evaluar la homocedasticidad. La comparación entre los porcentajes de masa grasa obtenidos a partir de cada método se realizó a través del test Kruskal Wallis. Se utilizó el *post hoc* test de Dunns para determinar cuáles son los métodos que tienen diferencias significativas en comparación al DEXA. Posteriormente, se evaluó el grado de concordancia de los métodos antropométricos con DEXA a través de

la prueba de Bland y Altman<sup>27</sup>, obteniéndose la diferencia intermétodo con el DEXA. Una vez calculada la diferencia de cada método con el DEXA, se evaluó si las magnitudes de estas diferencias eran significativas entre ellas a través de un test de análisis de varianza (ANOVA) de una vía, usando el *post hoc* test de Tukey.

Además, se calculó el coeficiente de correlación de Spearman para evaluar la correlación de porcentajes de masa grasa estimados por los distintos métodos con los valores obtenidos con el DEXA. Se utilizó un nivel de significancia de  $p < 0,05$ . Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el *software* GraphPad Prism® 5.0 (Graphpad Software, USA).

## Resultados

Se midieron 43 deportistas provenientes de las categorías sub 20 y sub 17. En la Tabla 3 se resumen las características generales de los futbolistas evaluados, y el promedio de la sumatoria de 6 y 8 pliegues obtenidos.

Los valores obtenidos no distribuyen en forma normal. Además, las varianzas no son iguales, evaluadas a través de la prueba de Levene, mostrando diferencias estadísticamente significativas entre ellas ( $p < 0,001$ ). Es decir, existe heterocedasticidad en los datos obtenidos de porcentajes de masa grasa a partir de las distintas ecuaciones.

La Tabla 4 muestra los resultados del porcentaje de masa grasa (mediana) obtenidos en la evaluación con DEXA y cada una de las ecuaciones antropométricas evaluadas. Se encontraron diferencias entre las mediciones de la masa grasa entre los diferentes métodos ( $p < 0,001$ ). Al aplicar el *post hoc* test, los valores de masa grasa obtenidos con las

**Tabla 3. Características generales de la muestra analizada.**

Característica	Valor
Edad $\pm$ DE (rango) (años)	16,9 $\pm$ 1,3 (15 – 19)
Masa corporal $\pm$ DE (kilos)	70,3 $\pm$ 6,9 (58,2 – 86,1)
Talla $\pm$ DE (cm)	175 $\pm$ 7 (160 – 187)
Sumatoria 6 pliegues $\pm$ DE (rango) (mm)	49 $\pm$ 14,4 (30,5 – 93)
Sumatoria 8 pliegues $\pm$ DE (rango) (mm)	65,2 $\pm$ 19,3 (39 – 122)

ecuaciones de Faulkner y Slaughter, además de las ecuaciones para estimar densidad corporal (y luego masa grasa a través de la ecuación de Brozek) de Wilmore & Benke, Jackson & Pollock, Withers y Durnin & Womersley no mostraron diferencias significativas al compararlas con los resultados de masa grasa obtenidos por DEXA.

De los métodos antropométricos que no tienen diferencias estadísticamente significativas con la medición con DEXA, la ecuación de Durnin & Womersley es la que tiene la menor diferencia en la magnitud del porcentaje calculado con la medición con DEXA (Tabla 4). En la Figura 1 se presentan los gráficos de la diferencia de cada ecuación antropométrica con DEXA, a través del método de Bland y Altman.

Al comparar las diferencias intermétodo entre aquellas mediciones de porcentaje de masa grasa que fueron similares a los resultados de DEXA (diferencia intermétodo de la ecuación de Faulkner = -1,7%; ecuación de Slaughter = -1,3%; ecuación de Wilmore & Behnke = -1,2%; ecuación de Jackson & Pollock = -1,1%; ecuación de Withers = -2,5%; ecuación de Durnin & Womersley = 0,06%) mediante ANOVA de una vía, se demuestra que sólo las diferencias intermétodo de las ecuaciones de Faulkner (-1,7  $\pm$  2,8%) y de Withers (-2,5  $\pm$  2,1%) tienen diferencias estadísticamente significativas con la obtenida con la ecuación de Durnin & Womersley (0,06  $\pm$  2,0%).

En cuanto al coeficiente de correlación de Spearman entre los modelos antropométricos y la medición por DEXA, se obtuvieron coeficientes de correlación entre 0,45 y 0,88, siendo en su mayoría mayores a 0,70, todos estadísticamente significativos (Tabla 5).

## Discusión

Este estudio comparó la estimación de la masa grasa de nueve diferentes ecuaciones antropométricas con la medición realizada a través de DEXA. Los principales resultados de este estudio fueron que el porcentaje de grasa obtenidos por las ecuaciones de Faulkner (11,1%) y Slaughter (11,5%), además de las ecuaciones para estimar densidad corporal (y luego masa grasa a través de la ecuación de Brozek) de Wilmore & Behnke (11,7%), Jackson & Pollock (11,8%), Durnin & Womersley (12,9%) y Withers (10,4%) no mostraron diferencias significativas al compararlas con los resultados de masa grasa obtenidos por DEXA (12,9%). De ellas, la ecuación de Durnin & Womersley es la que mostró menor diferencia intermétodo con DEXA (0,06  $\pm$  2,0%). Sin embargo, al comparar entre sí la magnitud de las diferencias intermétodos, se encontró que las ecuaciones de Slaughter (diferencia intermétodo -1,3%), Wilmore & Behnke (-1,2%), Jackson & Pollock (-1,1%) y Durnin & Womersley (0,06%) no tienen diferencias estadísticamente significativas entre ellas. Es decir, aunque la ecuación de Durnin & Womersley es la que más se acerca a la medición con DEXA, las mediciones realizadas con las ecuaciones de Slaughter, Wilmore & Behnke y Jackson & Pollock también serían factibles de ser utilizadas en una población de futbolistas jóvenes de élite.

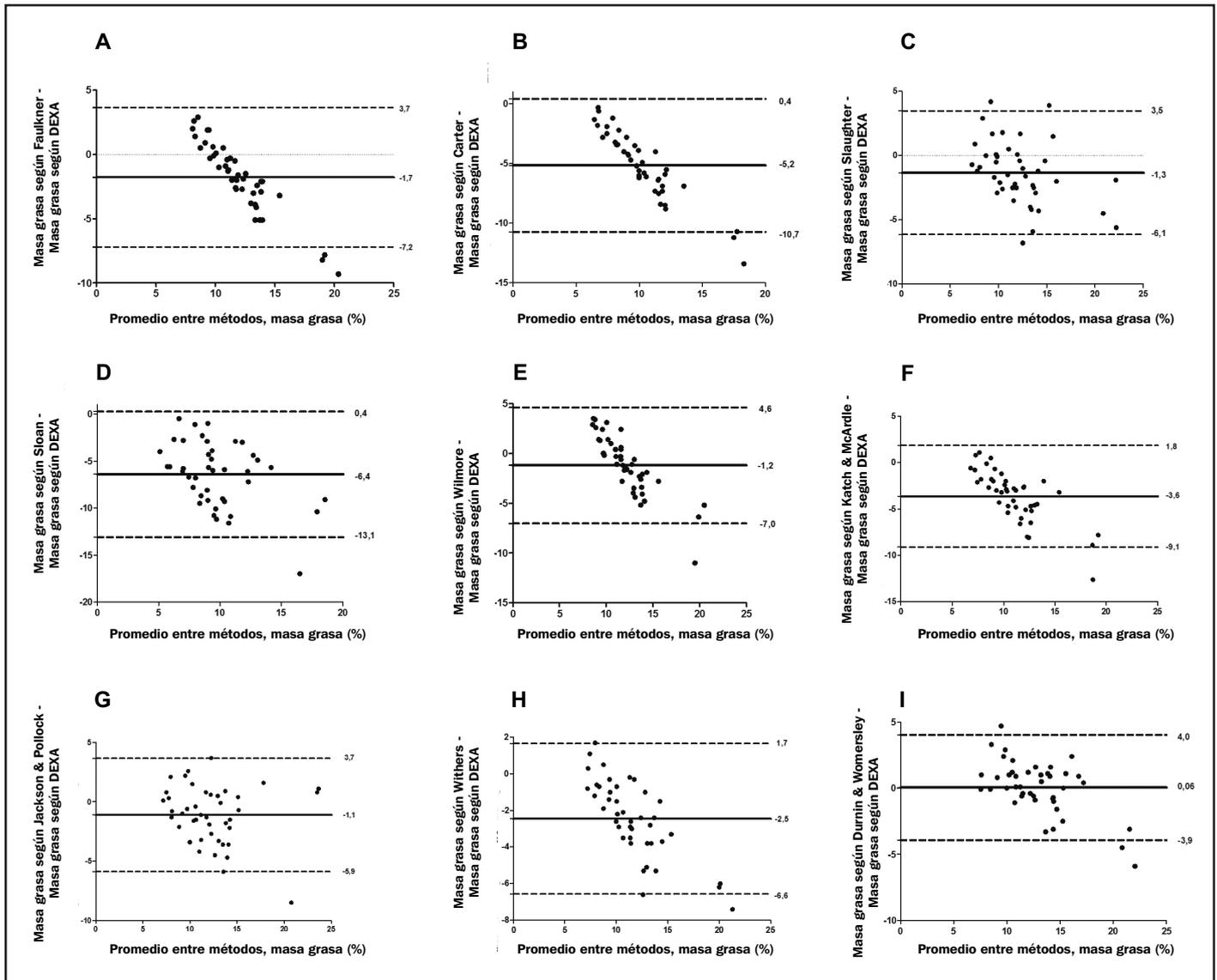
En un estudio similar, realizado en 19 escaladores profesionales<sup>13</sup>, se mostró que la ecuación de Durnin & Womersley para densidad corporal, y luego utilizando tanto la ecuación de Siri o Brozek para el porcentaje de grasa, es la que tiene menor diferencia (-0,57% y -0,29% respectivamente) con la medición con DEXA, lo cual está alineado con los resultados del presente estudio. Otra experiencia, esta vez en 22 luchadores profesionales<sup>28</sup>, demostró que la ecuación de Katch & McArdle es la más apropiada al compararla con DEXA. Rodríguez *et al.*<sup>29</sup>, reportó la masa grasa en hombres y mujeres adolescentes utilizando 14 ecuaciones antropométricas diferentes, y las comparó con la medición obtenida a

**Tabla 4. Porcentaje de masa grasa medido con los distintos métodos antropométricos y diferencia intermétodo con los límites de concordancia calculados a través del método de Bland & Altman.**

Método composición corporal	% grasa (mediana $\pm$ error estándar)	Diferencia intermétodo vs. DEXA (media $\pm$ DE) (Bland & Altman)	Límites de concordancia
DEXA	12,7 $\pm$ 0,6	-	-
Faulkner (1968)	10,8 $\pm$ 0,2	-1,7 $\pm$ 2,8	-7,2 – 3,7
Carter (1982)*	7,5 $\pm$ 0,2*	-5,2 $\pm$ 2,8	-10,7 – 0,4
Slaughter (1988)	11,3 $\pm$ 0,5	-1,3 $\pm$ 2,5	-6,1 – 3,5
Sloan (1967)*	5,7 $\pm$ 0,4*	-6,4 $\pm$ 3,4	-13,1 – 0,3
Wilmore & Behnke (1969)	11,3 $\pm$ 0,3	-1,2 $\pm$ 3,0	-7,0 – 4,6
Katch & McArdle (1973)*	8,8 $\pm$ 0,3*	-3,6 $\pm$ 2,8	-9,1 – 1,8
Jackson & Pollock (1985)	11,1 $\pm$ 0,6	-1,1 $\pm$ 2,4	-5,9 – 3,7
Withers (1987)	9,7 $\pm$ 0,4	-2,5 $\pm$ 2,1	-6,6 – 1,7
Durnin & Womersley (1974)	12,2 $\pm$ 0,4	0,06 $\pm$ 2,0	-3,9 – 4,0

\*Valores de % grasa con diferencias estadísticamente significativas en el post hoc test al compararlas con el DEXA

Figura 1. Comparación del porcentaje de masa grasa entre las ecuaciones antropométricas derivadas de pliegues cutáneos y DEXA en gráficos de Bland y Altman.



La línea central representa la diferencia intermétodos, mientras que la línea punteada superior e inferior representa los límites de concordancia en 95%. a: ecuación Faulkner; b: Carter; c: Slaughter; d: Sloan; e: Wilmore; f: Katch & McArdle; g: Jackson & Pollock; h: Withers; i: Durnin & Womersley.

partir de DEXA, siendo la ecuación de Slaughter la que mostró menor diferencia entre métodos con DEXA (diferencia intermétodo -0,77%). Cui *et al.*<sup>30</sup>, comparó los datos de adultos sometidos a medición de masa grasa con DEXA y diversas ecuaciones antropométricas, reportando que la ecuación con menor diferencia intermétodo con DEXA fue la ecuación de Slaughter (n = 591 hombres adultos < 29 años; diferencia intermétodos = -0,9%). La ecuación de Durnin & Womersley aplicada en 1.945 hombres adultos mostró una diferencia intermétodo de -1,2%, demostrando diferencias intermétodos mayores que los encontrados en el presente estudio. Esto puede tener relación con el mayor número y variedad de participantes analizados en dicho estudio. La amplia

diversidad de resultados encontrados en la literatura muestra que las ecuaciones antropométricas son dependientes de las características propias de la población que se esté analizando. Por este motivo, es importante la comparación de los métodos de composición corporal en poblaciones específicas. Los resultados del presente estudio ayudan a resolver la problemática que se produce en futbolistas jóvenes de élite, entregando datos precisos de las ecuaciones antropométricas más apropiadas para utilizar en dicha población.

Respecto a la correlación entre la medición con DEXA y los distintos métodos antropométricos, todas las correlaciones resultaron significativas, siendo las ecuaciones de Durnin & Womersley junto

**Tabla 5. Coeficiente de correlación entre los diferentes modelos antropométricos y la medición con DEXA.**

Método antropométrico	Coeficiente de correlación	IC 95%	p value
Faulkner (1968)	0,88	0,8 - 0,9	< 0,001
Carter (1982)	0,84	0,7 - 0,9	< 0,001
Slaughter (1988)	0,70	0,5 - 0,8	< 0,001
Sloan (1967)	0,45	0,2 - 0,7	0,0022
Wilmore & Behnke (1969)	0,70	0,5 - 0,8	< 0,001
Katch & McArdle (1973)	0,71	0,5 - 0,8	< 0,001
Jackson & Pollock (1985)	0,74	0,6 - 0,9	< 0,001
Withers (1987)	0,86	0,7 - 0,9	< 0,001
Durnin & Womersley (1974)	0,88	0,8 - 0,9	< 0,001

IC : Intervalos de confianza.

con la de Faulkner las que mostraron correlaciones más altas ( $r = 0,88$  para ambas ecuaciones). En general, la correlación entre el DEXA y los métodos antropométricos es buena, con coeficientes sobre 0,70 en su mayoría. Los resultados obtenidos en el presente estudio siguen la línea de publicaciones previas. Por ejemplo, Cui *et al.*<sup>30</sup> comparó en población adulta la masa grasa estimada con diversas ecuaciones antropométricas con la masa grasa estimada con DEXA, encontrando coeficientes de correlación de  $r = 0,71$  para la ecuación de Slaughter,  $r = 0,73$  para la ecuación de Durnin & Womersley y  $r = 0,74$  para la ecuación de Wilmore & Behnke. Los resultados son similares a los obtenidos en este estudio, lo que demuestra que en general las ecuaciones antropométricas tienen coeficientes de correlación moderados a altos, incluso en poblaciones con una mayor variabilidad de sujetos. Dicho dato pudiera ser relevante al momento del seguimiento de la composición corporal, siendo importante en este caso utilizar siempre la misma ecuación antropométrica, asumiendo un error sistemático que va a cambiar dependiendo de la ecuación a utilizar, pero teniendo una correlación conocida de cada método con el *gold standard*.

Llama la atención que de las ecuaciones sin diferencias con el método de referencia (Slaughter, Durnin & Womersley, Wilmore & Behnke y Jackson & Pollock), la mayoría incluye en su cálculo preferentemente pliegues de miembros superiores y tronco, cuando se podría pensar que deberían incluir una mayor cantidad de pliegues de miembros inferiores debido al tipo de trabajo físico que realizan los futbolistas. La razón de que probablemente la mayor proporción de pliegues de tronco y miembros superiores no interfiera en el cálculo de la masa grasa en una población de futbolistas es que el efecto fisiológico del ejercicio realizado en el fútbol en cuanto a la composición corporal es sistémico, no solamente localizado en miembros inferiores<sup>31,32</sup>. Algunas limitaciones deben de ser reconocidas en el presente estudio. Si bien uno de los objetivos planteados fue realizar el estudio en una población deportista de alto rendimiento, este mismo hecho pudiera resultar en un sesgo, ya que se trata de una población de edades muy cercanas y de condición física similar, por lo que la variabilidad de los resultados es menor, lo que pudiera haber afectado los análisis posteriores y debe considerarse al momento de realizar comparaciones con investigaciones previas.

Para concluir, los resultados del presente estudio sugieren que, de las diferentes ecuaciones antropométricas disponibles para estimar

el porcentaje de masa grasa, la ecuación de Slaughter, además de las ecuaciones para estimar densidad corporal (y luego masa grasa a través de la ecuación de Brozek) de Durnin & Womersley, Wilmore & Behnke y Jackson & Pollock son las que más se acercan al método de referencia al ser utilizada en futbolistas jóvenes de élite.

## Bibliografía

- Krustrup P, Bangsbo J. Physiological demands of top-class soccer refereeing in relation to physical capacity: Effect of intense intermittent exercise training. *J Sport Sci.* 2001; 19:881-91.
- Baldari C, Di Luigi L, Emerenziani G, Gallotta M, Sgrò P, Guidetti L. Is explosive performance influenced by androgen concentrations in young male soccer players? *Br J Sports Med.* 2009;43(3):191-4.
- Silvestre R, West C, Maresh C, Kraemer W. Body composition and physical performance in men's soccer: a study of a National Collegiate Athletic Association Division I team. *J Strength Cond Res.* 2006;20(1):177-83.
- Ellis K. Human body composition: in vivo methods. *Physiol Rev.* 2001;80:649-80.
- Brozek J, Grande F, Anderson J, Keys A. Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Ann NY Acad Sci.* 1963;110:113-40.
- Wang Z, Heymsfield SB, Chen Z, Zhu S, Pierson RN. Estimation of percentage body fat by dual-energy x-ray absorptiometry: evaluation by in vivo human elemental composition. *Phys Med Biol.* 2010;55:2619-35.
- Andreoli A, Scalzo G, Masala S, Tarantino U, Guglielmi G. Body composition assessment by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). *Radiol Med.* 2009;114:286-300.
- Bellido D, Carreira J. Análisis por absorciometría de rayos X de doble energía y composición corporal. *Nutr Clin Med.* 2008;2:85-108.
- Alvero Cruz J, Cabañas MD, Herrero A, Martínez L, Moreno C, Porta J, *et al.* Body composition assessment in sports medicine. Statement of Spanish Group of kinanthropometry of spanish federation of sports medicine. *Arch Med Deporte.* 2009;26(131):166-79.
- 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.
- Gil SM, Gil J, Ruiz F, Irazusta A, Irazusta J. Physiological and anthropometric characteristics of young soccer players according to their playing position: relevance for the selection process. *J Strength Cond Res.* 2007;21(2):438-45.
- le Gall F, Carling C, Williams M, Reilly T. Anthropometric and fitness characteristics of international, professional and amateur male graduate soccer players from an elite youth academy. *J Sci Med Sport.* 2010;13(1):90-5.
- España Romero V, Ruiz J, Ortega F, Artero E, Vicente-Rodriguez G, Moreno L, *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.
- De Lorenzo A, Bertini I, Iacopino L, Pagliato E, Testolin C, Testolin G. Body composition measurement in highly trained male athletes. A comparison of three methods. *J Sports Med Phys Fitness.* 2000;40(2):178-83.

15. Marfell-Jones MJ, Olds T, Stewart AD, Carter L. International standards for anthropometric assessment. Potchefstroom, South Africa, International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK), 2006.
16. Lohman T, Roche A, Martorell R. Anthropometric standardization reference manual. Champaign, IL: Human Kinetics Books 1988.
17. Sloan A. Estimation of body fat in young men. *J Appl Physiol.* 1967;23(3):311-5.
18. Wilmore J, Behnke A. An anthropometric estimation of body density and lean body weight in young men. *J Appl Physiol.* 1969;27(1):25-31.
19. Katch F, McArdle W. Prediction of body density from simple anthropometric measurements in college-age men and women. *Hum Biol.* 1973;45(3):445-55.
20. Durnin J, 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.
21. Jackson A, Pollock M. Practical assessment of body composition. *Phys Sportsmed.* 1985; 13:75-90.
22. Withers R, Craig N, Bourdon P, Norton K. Relative body fat and anthropometric prediction of body density of male athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1987; 56(2):191-200.
23. Faulkner J. Physiology of swimming and diving. En: Falls H (ed). *Exercise Physiology.* Baltimore: Academic Press 1968;415-45.
24. Carter J. Body composition of Montreal Olympic athletes. En: Carter J (ed). *Physical structure of Olympic athletes Part I. The Montreal Olympic Games Anthropological Project.* Basel, Switzerland: Karger 1982;107-16.
25. Slaughter M, Lohman T, Boileau R, Horswill C, Stillman R, Van Loan M, et al. Skinfold equation for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol.* 1988; 60:709-23.
26. Levene, H. Essays in Honor of Harold Hotelling, I. En: Olkin, et al. (ed). *Contributions to Probability and Statistics.* California, USA: Stanford University Press. 1960;278-92.
27. Bland J, Altman D. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986;1:307-310.
28. Carey D. The validity of anthropometric regression equations in predicting percent body fat in collegiate wrestlers. *J Sports Med Phys Fitness.* 2000;40(3):254-9.
29. Rodriguez G, Moreno L, Blay M, Blay V, 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.* 2005;59:1158-66.
30. Cui Z, Truesdale K, Cai J, Stevens J. Evaluation of Anthropometric Equations to Assess Body Fat in Adults: NHANES 1999-2004. *Med Sci Sports Exerc* 2014 Feb. Publish Ahead of Print. Disponible en: [http://journals.lww.com/acsm-msse/Abstract/publishahead/Evaluation\\_of\\_Anthropometric\\_Equations\\_to\\_Assess.98100.aspx](http://journals.lww.com/acsm-msse/Abstract/publishahead/Evaluation_of_Anthropometric_Equations_to_Assess.98100.aspx) (consultado el 05/04/2014).
31. Krstrup P, Aagaard P, Nybo L, Petersen J, Mohr M, Bangsbo J. Recreational football as a health promoting activity: a topical review. *Scand J Med Sci Sports.* 2010;20 Suppl 1:1-13.
32. Andersen T, Schmidt J, Thomassen M, Hornstrup T, Frandsen U, Randers M, et al. A preliminary study: effects of football training on glucose control, body composition, and performance in men with type 2 diabetes. *Scand J Med Sci Sports.* 2011;24 Suppl 1:43-56.