

Article

# Ecuaciones para Predecir el Porcentaje de Grasa Corporal en Jóvenes Chilenos Jugadores de Fútbol

Rossana Gómez-Campos<sup>1,2,3</sup>, Camilo Urrea-Albornoz<sup>4</sup>, Cynthia Lee Andruske<sup>5</sup>, Alejandro Almonacid-Fierro<sup>1</sup>, Jaime Pacheco-Carrillo<sup>6</sup> y Marco Cossio-Bolaños<sup>2,7,8</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Actividad Física y Salud. Universidad Autónoma de Chile, Chile

<sup>2</sup>Facultad de Educación Física, Universidad Estatal de Campinas

<sup>3</sup>Instituto de Actividad Física y Salud. Universidad Autónoma de Chile, Chile

<sup>4</sup>Universidad Nacional San Antonio de Abad, Cusco, Perú

<sup>5</sup>Escuela de Kinesiología, Facultad de Salud, Universidad Santo Tomás, Talca, Chile,

<sup>6</sup>Universidad de Talca, Linares, Chile, <sup>6</sup>Universidad del Bio Bio, Chillán, Chile

<sup>7</sup>Departamento de Ciencias de la Actividad Física, Universidad Católica de Maule, Talca, Chile

<sup>8</sup>Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú

## RESUMEN

El propósito de este estudio fue desarrollar ecuaciones para predecir el porcentaje de grasa corporal en jóvenes jugadores de fútbol chilenos. Noventa y cuatro futbolistas de 13,0 a 17,9 años de edad fueron estudiados. Las variables antropométricas que se registraron fueron peso, altura, altura de sentado y cinco pliegues cutáneos (bicipital, tricípital, subescapular, cresta ilíaca y abdominal). El método de referencia utilizado fue la absorciometría de rayos X de energía dual. La madurez biológica se estimó por la edad de máxima velocidad en el crecimiento (EMVC). Se generaron tres ecuaciones de porcentaje de grasa corporal para jugadores jóvenes de fútbol: (a)  $7,86 + (0,51 *TR) + (0,165 *SB) + (0,56 *I) - (1,33 * EMVC)$ ; (b)  $8,834 + (0,47 *TR) + (0,017 *SB) + (0,29 *I) + (0,27 *AB) (1,21 * EMVC)$ ; y (c)  $8,677 - (0,008 *BI) + (0,502 *TR) + (0,051 *SB) + (0,24 *I) + (0,28 *AB) - (1,29 * EMVC)$ . Las tres ecuaciones mostraron resultados similares en comparación con el método de referencia ( $P > 0,001$ ). Las correlaciones variaron entre ( $R = 0,85 - 0,86$ ). Los resultados indican que los pliegues cutáneos junto con la EMVC pueden ayudar a estimar con precisión el porcentaje de grasa corporal en jóvenes chilenos jugadores de fútbol. Los resultados sugieren que estas ecuaciones pueden usarse para predecir el porcentaje de grasa corporal en otros jugadores jóvenes de fútbol con características similares.

**Palabras Clave:** Absorciometría; Antropometría; Madurez Biológica; Porcentaje de Grasa Corporal; Rayos X de Energía Dual; Jugadores de Fútbol Jóvenes

# INTRODUCCIÓN

---

La composición corporal se puede organizar de acuerdo con un modelo amplio que consta de cinco niveles que aumentan en complejidad (I, atómico; II, molecular; III, celular; IV, histológico; y V, cuerpo entero) (28). De hecho, en estos estudios, los investigadores enfocan su estimación en la descripción de los compartimientos del cuerpo para el cuerpo entero. En general se examinan de dos a seis componentes del cuerpo (22) que permiten estimar la salud general de las poblaciones atléticas como las no atléticas (18).

La evaluación de la composición corporal independiente de la población está sujeta al uso del método indirecto (físico-químico, imagen y densitometría) y al método indirecto doble (conductividad eléctrica total del cuerpo, impedancia eléctrica del cuerpo, reactancia del infrarrojo cercano, y antropometría). Las evaluaciones en los deportes profesionales se realizan comúnmente utilizando métodos prácticos tales como pliegues cutáneos, impedancia bioeléctrica (IBE), pletismografía de desplazamiento de aire y absorciometría de rayos X de energía dual (DXA) (1).

Si bien estos métodos pueden variar en precisión y nivel de comprensión, implican contar con personal altamente calificado cuyas tarifas pueden requerir altos presupuestos (19). Por otra parte, a esto se puede agregar, el uso indiscriminado de ecuaciones de regresión que no son específicas para el fútbol. Según Faulkner (8), Durnin y Wormersley (5), Boileau (2) y Slaughter (24), estas preocupaciones pueden crear sesgos en el análisis de la composición corporal (dado que las ecuaciones tienen más de 27 años de antigüedad y deberían ser actualizadas).

También es importante señalar que en Chile no existen ecuaciones de regresión para predecir el porcentaje de grasa corporal en jóvenes jugadores de fútbol. Hasta la fecha, incluso a nivel internacional no hay propuestas para crear ecuaciones que permitan evaluar el porcentaje de grasa corporal en jóvenes jugadores de fútbol. Sin embargo, el uso y la aplicación de las ecuaciones de porcentaje de grasa corporal son esenciales para optimizar el rendimiento deportivo y verificar los efectos del entrenamiento (23). Esto es especialmente cierto cuando se trata de jóvenes jugadores de fútbol en medio del desarrollo y la madurez biológica. Aún más importante, no existen estudios que hayan validado ecuaciones teniendo en cuenta la madurez biológica. Incluir este factor tiene el potencial de contribuir a las marcadas variaciones interindividuales en la composición corporal y las capacidades funcionales de los atletas jóvenes (16).

En consecuencia, es común utilizar métodos no invasivos de bajo costo para analizar con rapidez y precisión el porcentaje de grasa corporal. En este sentido, los pliegues cutáneos se consideran la variable antropométrica más efectiva para predecir el porcentaje de grasa corporal tanto en deportistas como en no deportistas (29). El uso de pliegues cutáneos ha llevado incluso a derivaciones de ecuaciones de regresión múltiple en poblaciones diversas (15). Así, el propósito de este estudio fue desarrollar ecuaciones para predecir el porcentaje de grasa corporal en jóvenes chilenos jugadores de fútbol utilizando el método de absorciometría de rayos X de energía dual como referencia.

## MÉTODOS

---

### Sujetos y Diseño del Estudio

El estudio fue descriptivo-comparativo. Noventa y cuatro jóvenes futbolistas fueron seleccionados (no probabilísticamente) de un club chileno de primera división al comienzo de la temporada competitiva. La edad de los jugadores osciló entre 13,0 y 17,9 años ( $15,62 \pm 1,45$  años). El estudio incluyó 12 arqueros, 15 defensores centrales, 16 defensores laterales, 27 mediocampistas, y 24 delanteros para un total de 94 sujetos con  $4,3 \pm 3,1$  años de experiencia en el fútbol.

Las medidas antropométricas y el método de absorciometría de rayos X de energía dual (DXA) se llevaron a cabo de acuerdo con las normas éticas de la Declaración de Helsinki. Además, el estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Autónoma de Chile.

Todos los padres y/o tutores de los menores fueron informados sobre las metas y los riesgos del estudio. Los responsables de los menores dieron su consentimiento informado por escrito. El estudio incluyó a hombres jóvenes que estaban clínicamente sanos. Se excluyeron del estudio a hombres jóvenes que perdieron el día de la evaluación debido a excusas médicas, y aquellos con implantes de metal debido a cirugía o a una lesión relacionada con el deporte.

La recolección de datos se realizó en un laboratorio cerrado ubicado en la Universidad Autónoma de Chile. Las evaluaciones se llevaron a cabo de lunes a viernes durante las mañanas de noviembre de 2014 entre las 9:00 y las 11:00 de la mañana. Todos los jóvenes asistieron a la evaluación con ropa ligera (remera, short y descalzos). La antropometría se realizó al comienzo seguida de un escaneo de DXA.

## Procedimientos

Para calcular la edad decimal se utilizó la edad de nacimiento registrada para cada sujeto. La edad se calculó por fecha de nacimiento (día, mes y año) y la fecha en que se tomaron las medidas antropométricas (día, mes y año).

La masa corporal (kg) se evaluó descalzo en una balanza (Tanita, Kewdale, Australia) con una precisión de 0,1 kg. La altura se midió con un estadiómetro (SECA, Hamburg) con una precisión de 0,1 cm con la cabeza del sujeto en el plano de Frankfurt. La altura de sentado se midió con el sujeto sentado erguido sobre un banco de madera (caja plana de 50 cm de largo), utilizando un estadiómetro (SECA, Hamburg) con una precisión de 0,1 cm. Se evaluaron cinco pliegues cutáneos (bicipital, tricipital, subescapular, cresta ilíaca y abdominal) en el lado derecho del cuerpo utilizando un calibrador Harpenden (Harpenden, Inglaterra), cuyos resortes ejercieron una presión constante de 10 g·mm<sup>-2</sup>.

La evaluación antropométrica se realizó utilizando el protocolo de la Sociedad Internacional para el Avance de la Kinantropometría (13) para medir las variables antropométricas. Todo el proceso de evaluación antropométrica fue llevado a cabo por un antropometrista experimentado. El error técnico de medición del observador en todas las variables fue inferior al 1,8%.

## Madurez Biológica

La madurez biológica se evaluó a través de indicadores somáticos. Se usó la técnica propuesta por Mirwald et al. (17). La adopción de este procedimiento permitió a los investigadores calcular la máxima velocidad en el crecimiento (MVC) de forma transversal. Este procedimiento se basa en la interacción de variables antropométricas: peso, altura, altura de sentado y edad decimal. La técnica especificada permite la clasificación en ocho niveles (-4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, y 3). Cero (0) marca el momento en que la MVC se manifiesta. La interacción de la longitud del miembro inferior (LMI) se determinó mediante el cálculo de la diferencia entre la altura de sentado y la altura de pie:

Compensación de la Madurez =  $- 9,236 + 0,0002708 \times \text{Interacción de la Longitud de la Pierna y de la Altura de Sentado} - 0,001663 \times \text{Interacción de la Edad y de la Longitud de la Pierna} + 0,007216 \times \text{Interacción de la Edad y Altura de Sentado} + 0,02292 \times \text{Relación del Peso por la Altura}$ .

## Medición DXA

Antes de la evaluación, los sujetos fueron informados de que necesitaban llevar ropa ligera y eliminar cualquier objeto de metal. Con el fin de asegurar que se adopte una posición estándar supina durante los escáneres, las rodillas de los sujetos y los tobillos fueron atados con una correa de Velcro, mientras que sus brazos fueron extendidos a los costados. La duración típica de los exámenes fue de 8 a 10 min, dependiendo de la altura del sujeto. La exposición estimada a la radiación fue de 2,2 Sv por examen. Los datos fueron recolectados del cuerpo entero: porcentaje de grasa, masa ósea, masa muscular y masa grasa. Los escáneres se realizaron con la absorciometría de rayos X de energía dual (DXA) (Lunar Prodigy, General Electric, Fairfield, CT). Un técnico experimentado se encargó del proceso de escaneo. El error técnico de medición (ETM) fue inferior al 2%. El equipo se calibró diariamente de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

## Análisis Estadísticos

Todas las variables mostraron un patrón satisfactorio después de la verificación con el test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. Los datos se analizaron mediante estadísticas descriptivas de la media aritmética, la desviación estándar, el rango y el coeficiente de variación (CV). Las relaciones entre las variables se verificaron mediante el coeficiente de correlación producto-momento de Pearson. Se desarrollaron tres modelos de regresión para predecir el porcentaje de grasa en jugadores jóvenes de fútbol. El procedimiento consistió en llevar a cabo un análisis de regresión múltiple en etapas. El objetivo fue identificar la mejor combinación de variables predictivas del porcentaje de grasa corporal. La inflación de la varianza del factor realizada por R<sup>2</sup>, EEE y colinearidad se utilizó para analizar las tres ecuaciones. Las tres ecuaciones mostraron resultados similares en comparación con el método de referencia ( $P > 0,001$ ). Las correlaciones variaron entre ( $R = 0,85 - 0,86$ ). Los resultados indican que los pliegues cutáneos junto con la EMVC pueden ayudar a estimar con precisión el porcentaje de grasa corporal en jóvenes chilenos jugadores de fútbol. El análisis estadístico completo se llevó a cabo utilizando los formularios SPSS 18.0, Sigma Esta 8.0 y Excel. En todos los casos se adoptó una probabilidad de  $P < 0,001$ .

# RESULTADOS

La Tabla 1 muestra las variables antropométricas: edad cronológica, edad biológica y composición corporal de los jóvenes jugadores de fútbol según su posición de juego. Los delanteros y los mediocampistas presentaron menos tejido adiposo en la región subescapular y abdominal en comparación con los arqueros. No se observaron diferencias entre la edad

cronológica y biológica, el peso, la altura, la altura de sentado, los pliegues cutáneos bicipital, tricipital y de la cresta ilíaca, entre las posiciones de juego, así como en la composición corporal (porcentaje de grasa, masa grasa, masa muscular y masa ósea)  $P > 0.001$ .

**Tabla 1.** Características Generales de las Variables Antropométricas y Composición Corporal de los Jóvenes Jugadores de Fútbol.

Variables	Arquero (n = 12)		Defensor Central (n = 15)		Delantero (n = 24)		Medio-campista (n = 27)		Defensor Lateral (n = 16)		Total (n = 94)		F	P
	X	±DE	X	±DE	X	±DE	X	±DE	X	±DE	X	±DE		
<b>Edad Cronológica</b> (años)	15.2	1.35	15.5 <sub>5</sub>	1.51	15.6 <sub>3</sub>	1.52	15.8 <sub>7</sub>	1.27	15.5 <sub>6</sub>	1.7	15.6 <sub>2</sub>	1.4 <sub>5</sub>	0.465	0.761
<b>Edad Biológica</b> (EMVC)	0.63	1.36	0.77	1.16	0.71	1.25	0.69	1.06	0.54	1.44	0.68	1/2 <sub>1</sub>	0.079	0.367
<b>Peso (kg)</b>	66.5 <sub>6</sub>	11.0 <sub>2</sub>	63.3 <sub>9</sub>	6.21	60.8 <sub>4</sub>	8.95	62.1 <sub>9</sub>	7.71	60.2 <sub>9</sub>	11.3 <sub>1</sub>	62.2 <sub>7</sub>	9.0 <sub>0</sub>	1.088	0.218
<b>Altura (cm)</b>	172.2	9.53	170.3	4.8	167.6	6.68	167.8	7.29	166.7	6.99	168.5	7.1 <sub>5</sub>	1.471	0.989
<b>Altura de Sentado</b> (cm)	90.1 <sub>3</sub>	5.50	89.5 <sub>2</sub>	4.07	89.2 <sub>1</sub>	4.67	88.1 <sub>6</sub>	4.67	88.0 <sub>2</sub>	5.34	88.9 <sub>5</sub>	4.7 <sub>9</sub>	0.698	0.596
<b>Pliegues Cutáneos</b> (mm)														
<b>Bicipital</b>	4.78	1.31	7.23	10.2 <sub>3</sub>	3.98	1.04	4.47	1.09	4.23	0.94	4.78	4.2 <sub>3</sub>	1.616	0.177
<b>Tricipital</b>	8.33	4.1	9.4	2.01	7.74	1.64	8.79	2.44	8.29	1.66	8.47	2.3 <sub>8</sub>	1.299	0.277
<b>Subscapular</b>	9.13	2.37	7.54	1.77	6.93	1.84 <sub>a</sub>	7.44	1.27 <sub>a</sub>	7.76	1.9	7.59	1.8 <sub>5</sub>	3.210	0.016
<b>Cresta Ilíaca</b>	10.6 <sub>2</sub>	4.89	10.4 <sub>4</sub>	3.57	8.8	3.23	8.86	2.13	9.14	3.05	9.37	3.2 <sub>6</sub>	1.222	0.307
<b>Abdominal</b>	15.1 <sub>5</sub>	7.95	11.9 <sub>5</sub>	3.42	9.72	4.17 <sub>a</sub>	9.76	3.03 <sub>a</sub>	10.0 <sub>4</sub>	3.63 <sub>a</sub>	10.8 <sub>3</sub>	4.6 <sub>5</sub>	4.114	0.004
<b>Composición Corporal</b>														
<b>Porcentaje de grasa</b> (%)	19.4	5.9	18.2 <sub>2</sub>	2.83	16.5 <sub>2</sub>	2.26	18.0 <sub>6</sub>	4	17.1 <sub>1</sub>	3.16	17.7	3.6 <sub>8</sub>	1.541	0.197
<b>Masa Grasa</b> (kg)	12.3 <sub>1</sub>	3.98	11.1 <sub>3</sub>	2.15	9.66	1.98	14.0 <sub>5</sub>	17.1 <sub>5</sub>	9.88	2.64	11.5 <sub>3</sub>	9.5 <sub>0</sub>	0.852	0.496
<b>Masa Muscular</b> (kg)	51.1 <sub>5</sub>	9.7	49.9	5.05	48.8 <sub>5</sub>	7.27	48.8 <sub>9</sub>	6.59	48.0 <sub>2</sub>	9.02	49.1 <sub>8</sub>	7.3 <sub>6</sub>	0.36 <sub>1</sub>	0.836
<b>Masa Ósea</b> (kg)	2.84	0.55	2.66	0.36	2.64	0.43	2.68	0.40	4.35	7.16	2.97	2.9 <sub>7</sub>	1.060	0.38 <sub>1</sub>

EMVC = Edad de la Máxima Velocidad en el Crecimiento; DE = Desviación Estándar; **a** = Diferencia Significativa en Relación con los Arqueros; **b** = Diferencia Significativa en relación con los Defensores Centrales

La Tabla 2 ilustra las ecuaciones de regresión desarrolladas para los jóvenes jugadores de fútbol. Las tres ecuaciones presentaron un poder explicativo entre un 72% y un 75%. El  $R^2$  varió de 1,86 a 1,95. El valor de inflación del factor (VIF) para las variables predictoras fue inferior a 4,50. En todos los casos, la probabilidad fue menor que 0,0001. Además, la Figura 1 muestra la conexión de los residuos observados y los valores predictores obtenidos por las tres nuevas ecuaciones.

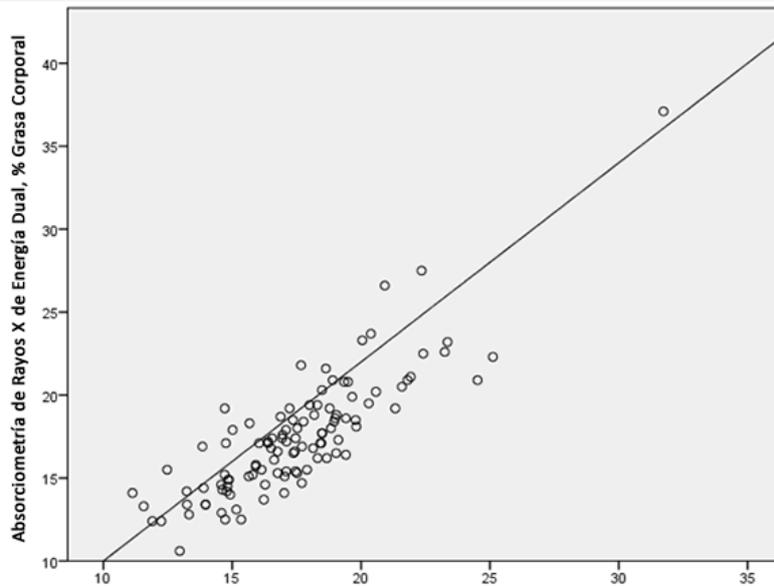
**Tabla 2.** Ecuaciones de Regresión para el Porcentaje de Grasa Corporal Basado en Pliegues Cutáneos

	<b>Ecuaciones</b>	<b>VIF</b>	<b>R</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>EEE</b>	<b>P</b>
1	<b>7.86+(0.51*TR)+(0.165*SB) +(0.56*I)-(1.33*EMVC)</b>		0.85	0.72	1.95	0.000
	Tricipital	1.59				
	Subescapular	1.76				
	Cresta Ilíaca	1.76				
	EMVC	1.44				
2	<b>8.834+(0.47*TR)+(0.017*SB) +(0.29*I)+(0.27*AB)-(1.21*EMVC)</b>		0.87	0.75	1.86	0.000
	Tricipital	1.62				
	Subescapular	1.99				
	Cresta Ilíaca	3.85				
	Abdominal	4.16				
	EMVC	1.51				
3	<b>(0.008*BI)+(0.502*TR)+(0.051*SB) +(0.24*I)+(0.28*AB)-(1.29*EMVC)</b>		0.86	0.74	1.95	0.000
	Bicipital	1.09				
	Tricipital	1.68				
	Subescapular	1.85				
	Cresta Ilíaca	4.50				
	Abdominal	4.39				
	EMVC	1.39				

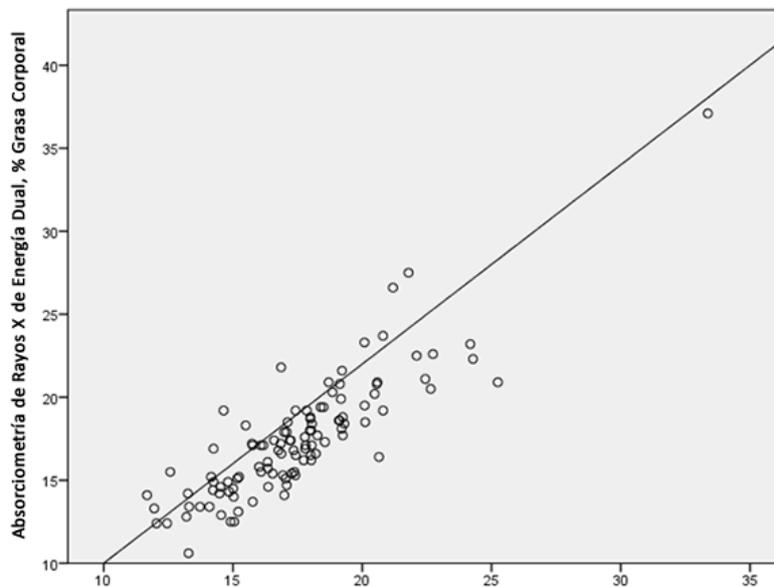
**BI** = Bicipital; **TR** = Tricipital; **SB** = Subescapular; **I** = Cresta Ilíaca; **AB** = Abdominal; **EMVC** = Edad de Máxima Velocidad de Crecimiento; **R** = Coeficiente de Correlación; **R<sup>2</sup>** = Coeficiente de Determinación; **EEE** = Error Estándar de Estimación; **P** <0,0001



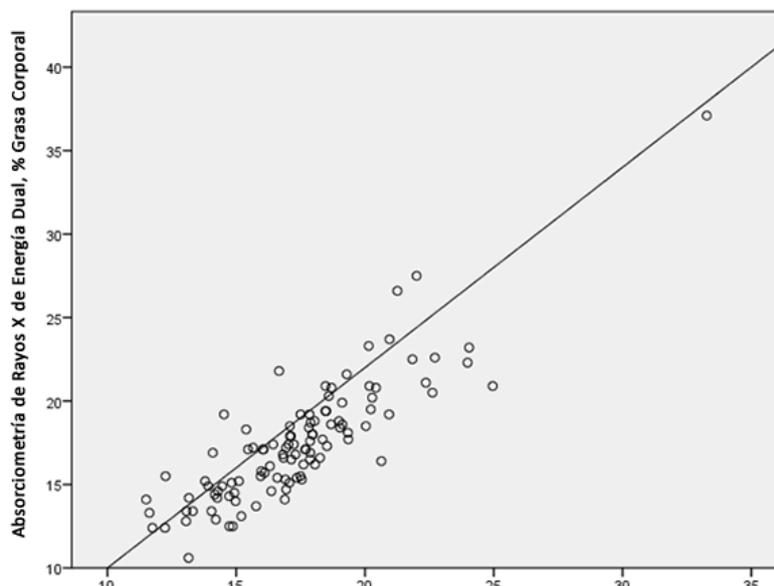




Ecuación 1:  $7.86+(0.51*TR)+(0.165*SB)+(0.56*I)-(1.33*EMVC)$



Ecuación 2:  $8.834+(0.47*TR)+(0.017*SB)+(0.29*I)+(0.27*AB)-(1.21*EMVC)$



Ecuación 3:  $8.677-(0.008*BI)+(0.502*TR)+(0.051*SB)+(0.24*I)+(0.28*AB)-(1.29*EMVC)$

**Figura 1.** Diagrama de Dispersión de Valores Observados en el Método de Referencia (DXA) y Valores Previstos para las Tres Ecuaciones de Regresión.

Las comparaciones del porcentaje de grasa corporal en las tres nuevas ecuaciones y el método de referencia (DXA) se muestran en la Tabla 3. No hubo diferencias en la significación estadística en ninguno de los casos ( $P > 0,001$ ). Los valores medios y  $\pm$  DE del %G fueron similares al método de referencia (DXA). Los porcentajes de coeficiente de variación de las tres ecuaciones generadas representaron una fuerte correlación positiva con el método de referencia (DXA).

**Tabla 3.** Comparación del Porcentaje de Grasa Corporal (%G) Estimado con Ecuaciones de Regresión de Pliegue Cutáneo y DXA.

	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b><math>\pm</math>DE</b>	<b>Rango</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>CV</b>	<b>R</b>	<b>t-test</b>	<b>P</b>
<b>%GC (Referencia)</b>	94	17.44	3.62	26.50	10.60	37.1	20.80			
<b>Ecuación 1</b>	94	17.45	3.09	20.61	11.13	31.74	17.70	0.85*	0.0204	0.904
<b>Ecuación 2</b>	94	17.37	3.00	20.56	11.87	32.42	17.27	0.86*	0.1444	0.885
<b>Ecuación 3</b>	94	16.98	3.13	21.43	11.18	32.61	18.43	0.86*	0.9319	0.353

**%GC** = Porcentaje de Grasa Corporal; **I** = Estimación DXA; **DE** = Desviación Estándar; **r** = Coeficiente de Correlación de Pearson; **CV** = Coeficiente de Variación; \* = Correlación Positiva Fuerte ( $P < 0.001$ ).

## DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio confirmaron que los pliegues cutáneos y la madurez biológica (determinada por la edad de máxima velocidad de crecimiento, EMVC) fueron los mejores predictores del porcentaje de grasa corporal en jugadores de fútbol jóvenes. Hasta donde sabemos, este es el primer estudio de porcentaje de grasa corporal en el que la madurez biológica fue controlada en jóvenes jugadores de fútbol entre las edades de 13,0 a 17,9 años. Las tres nuevas ecuaciones generadas son ampliamente aceptadas ya que el método de referencia (criterio) utilizado para validar cada uno de ellos fue la absorciometría de rayos X de energía dual (DXA).

De hecho, la técnica mencionada se ha convertido en uno de los métodos más ampliamente aceptados para evaluar la composición corporal en niños y adolescentes atletas (2,27) y no atletas (7,26). Su uso y aplicación es relevante ya que proporciona estimaciones exactas mientras que valida otros métodos como el pesaje hidrostático (14).

Los resultados de las tres ecuaciones de regresión desarrolladas en el presente estudio son similares a otros estudios de investigación con objetivos similares (20, 21, 30). En las tres ecuaciones, los factores de inflación de la varianza (FIV) mostraron rangos inferiores en comparación con los valores normales ( $>0,10$  y  $<10,0$  respectivamente) según descripciones de Slinker y Glantz (25). Además, varios estudios enfatizan que la precisión de los coeficientes de regresión puede ser identificada usando  $R^2$  (4,9), FIV (25) y análisis de significancia estadística (31). Finalmente, las ecuaciones generadas cumplen los cuatro requisitos mencionados anteriormente que garantizan la solidez. Además, los pliegues cutáneos como simples medidas del segmento antropométrico son buenos predictores confiables de tejido blando *in vivo* (12).

Este estudio ofrece importantes contribuciones mediante el uso de pliegues cutáneos de miembros superiores (bicipital y tricipital) y de la región central del cuerpo (subescapular, cresta ilíaca y abdominal). Además, el control de la variable de madurez mediante el uso de una técnica no invasiva (EMVC) ofrece otra contribución a la predicción del porcentaje de grasa corporal. Además, para la participación en deportes de equipo, las categorías se basan principalmente en grupos de edad cronológicos (9). Esto representa diferentes ritmos de madurez biológica en jóvenes jugadores de fútbol. Las ecuaciones desarrolladas pueden contribuir a los campos de orientación, específicamente en relación con la práctica y el entrenamiento, donde el objetivo principal es mejorar la habilidad y el dominio (6) en los jugadores de fútbol jóvenes.

En cuanto a la validación cruzada, no se encontraron diferencias entre el método de criterio (DXA) y las tres ecuaciones desarrolladas. Los resultados confirman la eficacia de las nuevas ecuaciones. Esto garantiza una alta validez interna ( $R = 0,85 - 0,86$ ) a pesar de la tercera ecuación que muestra una pequeña variación no significativa al método de criterio (DXA).

A pesar de que las ecuaciones son de utilidad para los jóvenes jugadores de fútbol estudiados, es necesario que los futuros investigadores orienten sus esfuerzos en validar externamente las ecuaciones. También se sugiere incluir otros segmentos del cuerpo, como las circunferencias del cuerpo para el brazo, el tronco y las piernas. Por otra parte, es necesario el control para el consumo óptimo de energía de los deportistas jóvenes de esta modalidad deportiva ya que el entrenamiento, las demandas competitivas (3) y las etapas de entrenamiento, en general, pueden afectar la composición corporal de los jóvenes jugadores de fútbol.

Aunque este estudio muestra fortalezas, como el tamaño de muestra grande, pocos errores técnicos de medición observados (ETM) en las variables antropométricas durante el escaneo DXA, la eficacia observada y la firmeza en las ecuaciones, es necesario enfatizar ciertas limitaciones. Por ejemplo, el estudio se realizó en una muestra transversal de jóvenes jugadores de fútbol chilenos con edades comprendidas entre 13,0 y 17,9 años. En consecuencia, el uso y aplicación de las ecuaciones se limita a esta población específica de atletas jóvenes. Además, se propuso y se validó el uso de la técnica para evaluar la madurez biológica (EMVC) para jóvenes belgas. Como resultado, esto puede introducir un ligero sesgo en el análisis de los resultados del porcentaje de grasa corporal. Sin embargo, también es cierto que el uso de otras técnicas para evaluar la madurez biológica en atletas jóvenes puede ser rechazado por los padres, las organizaciones deportivas y los comités de ética (16). Debido a esto, la técnica propuesta por Mirdwal et al. (17) resulta atractiva y sirve como medio de clasificación y estratificación de los grupos de trabajo para homogeneizar a los niños y adolescentes en situaciones deportivas (11).

## CONCLUSIONES

---

Los resultados de este estudio indican que los pliegues bicipitales, tricipitales, subescapulares, de la cresta ilíaca y abdominales, y la EMVC pueden ayudar en la estimación precisa del porcentaje de grasa corporal en jóvenes jugadores de fútbol chilenos. Los resultados sugieren que dado que este es un método de campo no invasivo, fácil de usar y de bajo costo, las tres ecuaciones propuestas pueden aplicarse a grupos con características similares. Los cálculos se pueden realizar usando el enlace: <http://www.reidebihu.net/>

## AGRADECIMIENTOS

---

Proyecto Fondo Interno DIP115–16 Universidad Autónoma de Chile.

**Dirección de correo:** Marco Cossio Bolaños PhD, Department of Physical Activity Sciences, Catholic University of Maule, Talca, Chile. Av. San Miguel s/n, Talca, Chile. Email: [mcossio1972@hotmail.com](mailto:mcossio1972@hotmail.com)

## REFERENCIAS

---

1. Bilborough JC, Greenway K, Opar D, Livingstone S, Cordy J, Coutts AJ. (2014). The accuracy and precision of DXA for assessing body composition in team sport athletes. *J Sports Sci.* 2014;32(19):1821-1828.
2. Boileau RA, Lohman TG, Slaughter MH. (1985). Exercise and body composition in children and youth. *Scand J Med Sci Sports.* 1985;7:17-27.
3. Briggs MA, Rumbold PLS, Cockburn E, Russell M, Stevenson EJ. (2015). Agreement between two methods of dietary data collection in male adolescent academy-level soccer players. *Nutrients.* 2015;7(7):5948-5960.
4. Cameron N, Griffiths PL, Wright MM, Blencowe C, Davis NC, Pettifor JM, Norris SA. (2004). Regression equations to estimate percentage body fat in African prepubertal children aged 9 y. *Am J Clin Nutr.* 2004;80(1):70-75.
5. Durnin JVGR, Wormersley 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. *Bri J Nutr.* 1974;32:77-97.
6. Dweck CS, Leggett EL. (1988). A socialcognitive approach to motivation and personality. *Psychol Rev.* 1988; 95, 256-273.
7. Figueiredo A, Goncalves CE, Coelho e Silva M, Malina R. (2009). Youth soccer players, 1114 years: Maturity, size, function, skill and goal orientation. *Ann Hum Biol.* 2009;36(1): 60-73.
8. Ellis KJ, Shypailo RJ, Wong WW. (1999). Measurement of body water by multifrequency bioelectrical impedance spectroscopy in a multiethnic pediatric population. *Am J Clin Nutr.* 1999;70:847-853.
9. Faulkner JA. (1968). Physiology of swimming and diving. In: *Human Exercise Physiology. H. Falls, (Editor). Baltimore, MD:*

Academic Press, 1968, pp. 87-95.

10. Figueiredo A, Goncalves CE, Coelho e Silva M, Malina R. (2009). Youth soccer players, 1114 years: Maturity, size, function, skill and goal orientation. *Ann Hum Biol.* 2009;36 (1):60-73
11. Gartner A, Dioum A, Delpuch F, Maire B, Schutz Y. (2004). Use of hand-to-hand impedancemetry to predict body composition of African women as measured by air displacement plethysmography. *Eur J Clin Nutr.* 2004;58:523-531.
12. Gómez-Campos R, Arruda M, Hobold E, Abella CP, Camargo C, Martínez C, Cossio-Bolaños MA. (2013). Valoración de la maduración biológica: Usos y aplicaciones en el ámbito escolar. *Rev Andal Med Deporte.* 2013;6(4):151-160.
13. Holmes JD, Andrews DM, Durkin JL, Dowling JJ. (2005). Predicting in vivo soft tissue masses of the lower extremity using segment anthropometric measures and DXA. *J Appl Biomech.* 2005;21:371-382.
14. International Society for Advancement of Kinanthropometry. (2001). International Standards for Anthropometric Assessment. *Potchefstroom, RSA: ISAK*
15. Johansson AG, Forslund A, Sjodin A, et al. (1993). Determination of body composition: A comparison of dual-energy x-ray absorptiometry and hydrodensitometry. *Am J Clin Nutr.* 1993;57:323-326.
16. Knechtle B, Wirth A, Knechtle P, Rosemann T, Rüst CA, Bescós R. (2011). A comparison of fat mass and skeletal muscle mass estimation in male ultra-endurance athletes using bioelectrical impedance analysis and different anthropometric methods. *Nutr Hosp.* 2011;26(6):1420-1427.
17. Malina RM, Cumming SP, Morano PJ, Barron M, Miller SJ. (2005). Maturity status of youth football players: A noninvasive estimate. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(6):1044-1052.
18. Malina RM, Bouchard C, Bar-Or B. (2004). Growth, Maturation, and Physical Activity. (2nd Edition). *Champaign, IL: Human Kinetics.* 2004, pp. 277-365, 382-384, 623-649.
19. Mirwald RL, Baxter-Jones AB, Bailey AD, Beunen GP. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34:689-694.
20. Moon JR, Eckerson JM, Tobkin SE, Smith AE, Lockwood CM, Walter AA, Cramer JE, Beck TW, Stout JR. (2009). Estimating body fat in NCAA Division I female athletes: A five-compartment model validation of laboratory methods. *Eur J Appl Physiol.* 2009;105: 119-130.
21. Oliver JM, Lambert BS, Martin SE, Green JS, Crouse SF. (2012). Predicting football players' dual-energy X-ray absorptiometry body composition using standard anthropometric measures. *J Athl Train.* 2012;47(3):257-263.
22. Quiterio AL, Carnero EA, Gartner A, Dioum A, Delpuch F, Maire B, Schutz Y. (2004). Use of hand-to-hand impedancemetry to predict body composition of African women as measured by air displacement plethysmography. *Eur J Clin Nutr.* 2004;58:523-531.
23. Reilly T, George K, Marfell-Jones M, Scott M, Sutton L, Wallace JA. (2009). How well do skinfold equations predict percent body fat in elite soccer players? *Inter J Sports Med.* 2009;30:607-613.
24. Shen W, St-Onge M, Wang Z, Heymsfield SB. (2005). Study of Body Composition: An Overview. In: *Heymsfield SB, Lohman TG, Wang Z, Going SB. (Editors). Human Body Composition. Champaign, IL: Human Kinetics.* 2005, pp. 3-14.
25. Silva AM, Bright BC, Sardinha LB. (2009). Anthropometric models to predict appendicular lean soft tissue in adolescent athletes. *Med Sci Sport Exer.* 2009;41:828-836.
26. Silva AM, Minderico CS, Teixeira PJ, Pietrobelli A, Sardinha LB. (2006). Body fat measurement in adolescent athletes: Multicompartment molecular model comparison. *Eur J Clin Nutr.* 2006;60:955-964.
27. Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Van Loan MD, Bemben DA. (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol.* 1988;60(5):709-723.
28. Slinker BK, Glantz SA. (1985). Multiple regression for physiological data analysis: the problem of multicollinearity. *Am J Physiol.* 1985;249:R1-12.
29. Stevens J, Cai J, Truesdale CP, Cuttler L, Robinson TN, Roberts AL. (2013). Percent body fat prediction equations for 8- to 17-year-old American children. *Pediatr Obes.* 2013;9: 260-271.
30. Valente-dos-Santos J, Coelho-e-Silva MJ, Machado-Rodrigues AM, Elferink-Gemser MT, Malina RM, Petroski EL, Minderico CS, et al. (2014). Prediction equation for lower limbs lean soft tissue in circumpubertal boys using anthropometry and biological maturation. *PLoS ONE.* 2014;9(9):e107219.
31. Wang Z, Pierson RN, Jr. Heymsfield SB. (1992). The five-level model: A new approach to organizing body-composition research. *Am J Clin Nutr.* 1992;56:19-28.
32. Warner ER, Fornetti WC, Jallo JJ, Pivarnik JM. (2004). A skinfold model to predict fat-free mass in female athletes. *J Athl Train.* 2004;39(3):259-262.
33. Withers RT, Craig NP, Bourdon PC, Norton KI. (1987). Relative body fat and anthropometric prediction of body density of male athletes. *Eur J Appl Physiol.* 1987;56:191-200.
34. Yavari R, McEntee E, McEntee M, Brines M. (2011). Anthropometric variables accurately predict dual energy x-ray absorptiometric-derived body composition and can be used to screen for diabetes. *PLoS ONE.* 2011;6:e24017.

## Cita Original

Gómez-Campos R, Urra-Albornoz C, Andruske CL, Almonacid-Fierro A, Pacheco-Carrillo J, Cossio-Bolaños M. Ecuaciones para Predecir el Porcentaje de Grasa Corporal en Jóvenes Chilenos Jugadores de Fútbol. *JEPonline* 2017;20(4):96-107.