

Asociación entre ecuaciones predictivas para estimar el porcentaje de grasa en deportistas

Corvos-Hidalgo César

Instituto Superior de Educación Física, Universidad de la República, Rivera, Uruguay.
Grupo de Investigación en Análisis del Rendimiento Humano, Universidad de la República, Rivera, Uruguay.

Rangel Rubén.

Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Carabobo, campus bárbula, Venezuela.
prof.rubendariorangel@gmail.com

Salazar-Guillén Armando

Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Carabobo, campus bárbula, Venezuela.
armandodavidsalazar@hotmail.com

Pintos-Toledo Enrique

Instituto Superior de Educación Física, Universidad de la República, Rivera, Uruguay.
Grupo de Investigación en Análisis del Rendimiento Humano, Universidad de la República, Rivera, Uruguay.
PDU EFISAL, Centro Universitario Regional Noreste, Universidad de la República, Rivera, Uruguay.
isef.enriquepintos@gmail.com

De Souza-Marabotto Franco

Instituto Superior de Educación Física, Universidad de la República, Rivera, Uruguay.
Grupo de Investigación en Análisis del Rendimiento Humano, Universidad de la República, Rivera, Uruguay.
franco.desouza@cur.edu.uy

Fernández-Gimenez Sofía.

Instituto Superior de Educación Física, Universidad de la República, Rivera, Uruguay.
Grupo de Investigación en Análisis del Rendimiento Humano, Universidad de la República, Rivera, Uruguay.
PDU EFISAL, Centro Universitario Regional Noreste, Universidad de la República, Rivera, Uruguay.
fergimsofia@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La evaluación de la composición corporal (CC) es un aspecto importante de la evaluación del estado nutricional en varios campos, como la medicina, la antropología, las ciencias de la actividad física, el deporte y la nutrición, donde ha sido particularmente útil para monitorear el crecimiento de los niños, el desarrollo de los adolescentes, los cambios fisiológicos en los ancianos. También es útil para diagnosticar y controlar algunas enfermedades relacionadas con la nutrición (Sardinha, 2012) y las modificaciones que se producen como consecuencia de la actividad física y el equilibrio energético (Ortega et al, (2018).

En base al planteo anterior, la antropometría consiste en la determinación del peso, la estatura, los pliegues subcutáneos, perímetros, diámetros y longitudes corporales y, en función de estas mediciones, se podrá estimar parámetros como el porcentaje de grasa corporal por medio de la densidad corporal o por medio de ecuaciones. En el mismo orden de ideas, en la población general se ha planteado una relación invariable entre el tejido adiposo subcutáneo y la grasa corporal total (González et al, 2003), de ésta manera, la medida de los pliegues subcutáneos permite estimar con una gran validez la grasa corporal total (Aguilar et al, 2011), donde se han desarrollado ecuaciones de regresión en las que combinando diferentes variables y parámetros antropométricos es posible estimar el porcentaje de grasa corporal total (% GC) (Tovar et al, 2017), tomando también en consideración ecuaciones específicas de acuerdo a la edad, el género (Durnin, 1974) y hasta el tipo de población al que pertenezca el individuo (deportista, sedentario, etc.).

Seguidamente, se ha demostrado que las ecuaciones elaboradas en la población general no son acordes con los compartimientos corporales de los deportistas de élite, motivo por el cual se han desarrollado modelos predictivos para atletas de disciplinas deportivas que utilizan combinaciones de pliegues subcutáneos de diferentes regiones corporales, así como de los empleados en las ecuaciones que se aplican en población general (Faulkner, 1968; Carter et al, 2005; Siri, 1961).

En otro orden de ideas, la CC ha sido relacionada siempre con un rendimiento óptimo (Nikolaidis, 2103), mientras un elevado porcentaje de grasa corporal puede afectar el rendimiento de un corredor de 100 m en donde se enfatiza en la masa muscular disminuyendo la generación de potencia y velocidad (Urrea et al, 2019), una elevada masa muscular podría también afectar el rendimiento de un atleta de salto largo, y así, un atleta de natación puede verse beneficiado en mantener un determinado nivel de grasa corporal para aumentar así el índice de flotabilidad.

Por tanto, el estudio de la CC en deportistas, además de ser una herramienta propia de la valoración del estado nutricional, permite la detección de potenciales talentos de acuerdo a sus características morfológicas (proporcionalidad, somatotipo, etc.) (Martínez y Urdampillieta, 2012). Esta técnica también permite la evaluación y seguimiento a lo largo de la temporada deportiva, adecuando el entrenamiento y la pauta de alimentación para conseguir un mejor rendimiento del deportista.

Por otra parte, las ecuaciones para la estimación del %GC más empleadas para deportistas son aquellas en donde se consideran entre cuatro a seis pliegues siendo éstas las de Faulkner (1968) y Carter (1982) respectivamente y, de hecho, son las propuestas por el Grupo Español de Cineantropometría (GREC) y la Federación Española de Medicina del Deporte (FEMEDE) (Alvero et al, 2009). Por su parte, el que un antropometrista considere cuatro pliegues en lugar de seis, podría representar un tiempo importante en la ejecución de las mediciones y dar celeridad al proceso de medición, ahorro de tiempo para tener más posibilidad de medir a más sujetos, asimismo, se han identificado correlaciones entre métodos de pliegues cutáneos con otro más sofisticados para, precisamente para validar los primeros (Alvero et al, 2009).

De acuerdo a lo anterior, se plantea como objetivo de esta investigación conocer el nivel de asociación entre el %GC obtenido por medio de dos ecuaciones antropométricas específicas para deportistas de alto rendimiento: Faulkner (1968) y Carter (1982).

MÉTODOS

Participantes

La muestra fue seleccionada intencionalmente y estuvo conformada por 147 deportistas universitarios de competición (previo consentimiento informado), que corresponden a 60 mujeres y 87 hombres, siendo promedio de edad de 18.7 años para ambos sexos. Todos los deportistas de las selecciones de baloncesto, fútbol, kikimbol y voleibol de la Universidad de Carabobo, así destacando el hecho de que los deportistas se encontraban fuera de la temporada de competición.

Mediciones antropométricas

Se consideraron las variables e índices tales como la talla (m) y el peso (kg), los pliegues tricpital (mm), subescapular (mm), supraespinal (mm), abdominal (mm), muslo anterior (mm) y pantorrilla medial (mm).

Todas las medidas se llevaron a cabo mediante las directrices de la Sociedad Internacional para el Avance de la Kineantropometría (Stewart et al, 2011) en la cual se utilizaron los siguientes instrumentos: una báscula y un estadiómetro marca SECA®; los pliegues adiposos se midieron empleando un calibrador de pliegues cutáneos marca Slinguide. Los sujetos fueron convocados a primeras horas de la mañana en el consultorio de enfermería de Dirección de Deportes de la Universidad en grupos de cuatro individuos por dos evaluadores y sus anotadores respectivos, pasando a ser medidos de dos en dos en short y descalzos en posición de atención antropométrica y en un ambiente cómodo y fresco.

Para la determinación del %GC se tomaron en consideración las ecuaciones seleccionadas por el GREC y la FEMEDE13, donde se sugieren los protocolos de Carter (1982) y el de Faulkner (1968):

Deportistas hombres: $0,1051 * (\Sigma 6\text{pan}) + 2,58\text{CARTER}$

Deportistas mujeres: $0,1548 * (\Sigma 6\text{pan}) + 3,58.$

Deportistas hombres: $5,783 + (\Sigma 4\text{pan}) * 0,153 \text{ FAULKNER}$

Deportistas mujeres: $7,9 + (\Sigma 4\text{pan}) * 0,213.$

Para la clasificación del porcentaje graso se utilizaron los valores referenciales indicados por Lohman (1987) y verificar así la existencia de diferencias entre cada categoría de acuerdo al sexo.

Análisis estadísticos

La concordancia entre las mediciones obtenidas se estudió mediante el coeficiente de correlación intraclase (CCI) y completado con los gráficos de Bland y Altman, también se empleó test de Kappa de Cohen para establecer el grado de acuerdo entre categorías, así como la t de Student para diferencias entre promedios, todo esto manejando el paquete estadístico SPSS 21.0 y considerando significativo con una $p < 0,05$.

En referencia al coeficiente de correlación intraclase se consideró: $\text{CCI} \geq 0,91$, lo que indica una concordancia muy buena; de 0.71 a 0.90, buena; de 0.51 a 0.70, moderada; de 0.31 a 0.50, mediocre y por debajo de 0.31, mala (Latour et al, 1997).

RESULTADOS

Se proporciona información (tabla 1) acerca de los promedios del %GC tanto del grupo femenino como del grupo masculino que, de acuerdo a tablas de referencia de Lohman (1987) clasifica al grupo femenino con ligero sobrepeso empleando el protocolo de Carter (1982), mientras que, de acuerdo al protocolo de Faulkner (1968) el promedio alcanzó 26.18%,

clasificando a las universitarias en la categoría de sobrepeso y, ambos promedios sin diferencias estadísticamente significativas ($P=0,28$); así mismo, el %GC para el grupo masculino obtuvo un valor de 13.77% y 17.26% de promedio acuerdo a los protocolos de Carter (1982) y Faulkner (1968) respectivamente, clasificando así al grupo con un %GC óptimo empleando la ecuación de Carter (1982) y clasificación de ligero sobrepeso utilizando la fórmula de Faulkner (1968), destacando el hecho de que se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los dos protocolos ($P<0,000$). Por otra parte, los protocolos de Carter (1982) y Faulkner (1968) en el grupo femenino obtuvieron un nivel de concordancia muy bueno en relación al análisis de correlación intraclase, en tanto que en el grupo de hombres se presenta una buena concordancia.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos y de correlación intraclase para el porcentaje de grasa estimado con los 2 protocolos

Variable	N	Media	SD	Valor mínimo	Valor máximo
% grasa Carter (1982) (f)	60	24,97	5,22	11	31,8
% grasa Faulkner (1968) (f)	60	26,18 ^{a, b}	4,47	10,3	31,7
% grasa Carter (1982) (m)	87	13,77	5,86	6,4	31,9
% grasa Faulkner (1968) (m)	87	17,26 ^{a, c}	6,67	9	39,2

(f) femenino, (m) masculino.

*Carter (1982) vs Faulkner (1968) (f): t de student para $\alpha= p=0,28$.

a Carter (1982) vs Faulkner (1968) (m): t de student para $\alpha= p=0,0001$.

b Índice de correlación intraclase Carter (1982) vs Faulkner (1968) (f): 0,93.

c Índice de correlación intraclase Carter (1982) vs Faulkner (1968) (m): 0,83.

Seguidamente, se muestra el análisis de concordancia (gráfico 1) entre los dos protocolos en donde se evidencia que no hay error sistemático en el grupo femenino por cuanto, los puntos se distribuyen de forma aleatoria a uno y otro lado de la recta correspondiente a la diferencia “0” entre medidas, al tiempo que se nota una cierta homogeneidad de las diferencias a lo largo del eje horizontal en torno a los porcentajes estimados entre 17 y 30%, sucediendo lo contrario en el grupo de hombres en donde ha de ser notorio el error sistemático ya que los puntos han de estar distribuidos a un solo lado de la recta correspondiente a la diferencia “0” entre medidas y, presentando uno de los dos protocolos valores siempre mayores en las medidas, observándose también una cierta homogeneidad de las diferencias a lo largo del eje horizontal en torno a los porcentajes estimados entre 8 y 16%.

Tabla 2. Análisis Kappa de acuerdo al nivel para % de grasa por sexo.

Clasificación	Femenino				Masculino			
	Protocolo Carter (1982)		Protocolo Faulkner (1968)		Protocolo Carter (1982)		Protocolo Faulkner (1968)	
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
Delgado	1	1,67	0	0,00 ^a	10	11,49	0	0,00 ¹
Óptimo	17	28,33	10	16,67 ^a	48	55,17	38	43,68 ²
Ligero sobrepeso	11	18,33	17	28,33 ^{**}	15	17,24	25	28,74 ¹
Sobrepeso	24	40,00	23	38,33 ^a	10	11,49	14	16,09 [*]
Obeso	7	11,67	10	16,67 ^a	4	4,60	10	11,49 [*]
Total	60	100	60	100	87	100	87	100

1 Muy baja concordancia 0,00 – 0,19. 2 Baja concordancia 0,20 – 0,39. * Moderada concordancia 0,40 – 0,59. ** Buena concordancia 0,60 – 0,79. a Muy alta concordancia $\geq 0,80$.

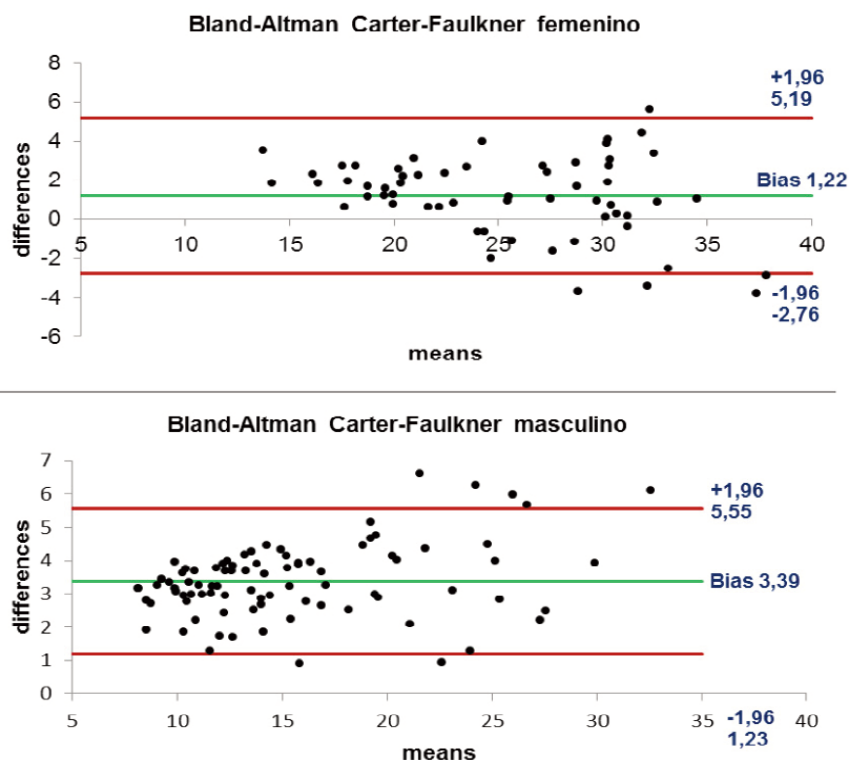


Gráfico 1. Análisis Bland Altman de acuerdo al sexo.

De igual manera, se analiza el nivel de concordancia entre categorías cualitativas por medio del análisis Kappa (tabla 2), en donde se muestra un nivel alto y muy alto de concordancia en las categorías del grupo femenino, sucediendo lo contrario en el grupo de hombres, en donde

se han obtenido índices Kappa muy bajos a moderados (delgado = 0,12; Óptimo = 0,27, Lig. Sobrepeso = 0,08; Sobrepeso= 0,23; Obesidad = 0,54).

DISCUSIÓN

De acuerdo a nuestro conocimiento, este es el primer estudio que investiga el nivel de acuerdo entre los protocolos de Carter (1982) y Faulkner (1968) en población universitaria de nivel competitivo tanto mujeres como hombres, lo que dificulta a la hora de poder comparar y discutir nuestros resultados con los de otros estudios.

En relación a la estimación del %GC en el grupo femenino, está la posibilidad de disponer de una herramienta más asequible para calcular este parámetro, ya que ambas ecuaciones obtuvieron buena concordancia a nivel de diferencias de promedios así como en cada una de las categorías, todo esto dentro de las limitaciones que conlleva la medición de los pliegues cutáneos (Ulijaszek y Kerr, 1999), por su parte, para el grupo masculino habría que escoger una de las 2 ecuaciones para realizar las mediciones respectivas y, a éste respecto se ha evidenciado que mientras sean seleccionados pliegues cutáneos sobre todo del miembro inferior (muslo anterior y pantorrilla medial) habrá más posibilidad de una mejor estimación del parámetro a medir ya que se ha visto una mayor correlación con el DXA (Eston et al, 2005) y asimismo tal y como plantean los estudios clásicos de Lohman (1981) que analizaban la asociación entre la masa grasa y diferentes medidas corporales, encontraron mayor correlación con los pliegues tricípital, abdominal y anterior del muslo, mientras que Martin et al. (1984), en estudios similares, observaron mayor correlación con los pliegues del tren inferior.

Siguiendo con la idea anterior, Drobnic et al. (2012) han obtenido correlaciones muy altas con los modelos de Faulkner (1968) y la sumatoria de pliegues cutáneos al compararla con la DEXA, los autores por su parte, no recomiendan el uso de la bioimpedancia eléctrica para la determinación de la masa grasa por obtener correlaciones apenas moderadas con la DEXA como método de referencia (Drobnic et al, (2012).

Por otro lado, también se encontró el trabajo de Lozano et. al, en donde los autores plantean que las ecuaciones empleadas en su investigación, incluidas las de Carter (1982) y Faulkner (1968) no fueron precisas para estimar el %GC en jugadores de fútbol adolescentes, ya que la ecuación desarrollada específica para el fútbol no mostró diferencias ni heterogeneidad en comparación con DXA, sugiriendo el uso de ésta para evaluar el %GC en jugadores de fútbol adolescentes (Lozano et al, 2018).

CONCLUSIONES

Los modelos empleados para este trabajo se basan en diferentes combinaciones de pliegues cutáneos a saber, así el protocolo de Faulkner (1968) utiliza cuatro pliegues localizados en el tronco y en el tren superior (tricipital, subescapular, supraespinal y abdominal), en cambio, el protocolo de estimación de Carter (1982) añade, además de los incluidos en el protocolo de Faulkner (1968), dos pliegues localizados en la extremidad inferior (muslo anterior y pantorrilla medial).

La concordancia de las mediciones obtenidas en la población femenina de acuerdo al análisis de correlación intraclase, el método de concordancia de Bland-Altman y los niveles de concordancia entre las distintas categorías evidencia que el protocolo de Faulkner (1968) y el protocolo de Carter (1982) pueden ser intercambiables. Por su parte, de acuerdo al análisis de correlación intraclase, en donde se evidenció una concordancia buena, un nivel de concordancia bajo y muy bajo entre las categorías y al mismo tiempo diferencias significativas entre ambos protocolos, para la población masculina se recomienda el uso de cada ecuación dentro del grupo específico de donde se desarrolló.

Para finalizar, mencionar que los modelos antropométricos específicos para deportistas se han obtenido con muestras de estos sujetos: la ecuación de Faulkner (1968) se desarrolló a partir de un grupo de nadadores de 18-25 años, mientras que la de Carter (1982) se obtuvo con atletas olímpicos, así, al aplicar modelos predictivos, a excepción para el grupo femenino de universitarias de competición, deben utilizarse aquellos desarrollados en poblaciones similares, tanto en edad y sexo.

LIMITACIONES

Finalmente, consideramos necesarios desarrollar más estudios utilizando métodos patrón como el pesaje hidrostático y/o DEXA para identificar los protocolos que realmente se adaptan a atletas universitarios de competición. De la misma forma, hay que enfatizar en el hecho de que los resultados obtenidos en el presente estudio se limitan a nuestra muestra.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la participación de todos los atletas universitarios mujeres y hombres que decidieron participar en la investigación, así como a la Dirección de Deportes de la Universidad de Carabobo por su colaboración en la logística.

REFERENCIAS

- Aguilar Cordero MJ, González-Jiménez E, García García CJ, García López PA, Álvarez Ferre J, Padilla López CA, et al. (2011). Obesidad de una población de escolares de Granada: evaluación de la eficacia de una intervención educativa. *Nutr Hosp*, 26(3). p. 636-641.
- Alvero C, Cabañas M, Herrero de Lucas A, Martínez L, Moreno C, Porta J, et al. (2009). Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. Documento de consenso del grupo español de cineantropometría de la federación española de medicina del deporte. *Archivos de medicina del deporte*, 26(131). p. 166-179.
- Carter L, Ackland T, Kerr D, Stapff A. (2005). Somatotype and size of elite female basketball players. *Journal of Sports Sciences*, 23. p.1057-1063.
- Carter L. (1982). Body composition of Montreal Olympic athletes. In (ed.) ICL. *Physic Struct of Olympic Athl*, Pt.I, Motreal Olympic Games Anthropological Project. Brasil: Karger; p. 107-116.
- Drobnic Drobnic F, Pons Sala V, Galilea Ballarini P, Girsene C, Sant C. (2012). Estimación de la masa grasa en deportistas: Técnica antropométrica, densitometría corporal y bioimpedancia. In *Comunicación en posters*, p.905-908.
- Durnin JV. WJ. (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thick-ness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr*, 32. p.77-97.
- Eston R, Rowlands A, Charlesworth S, Davies a, Hoppitt T. (2005). Prediction of DXA-determined whole body fat from skinfolds: importance of including skinfolds from the thigh and calf in young, healthy men and women. *Eur J Clin Nutr*, 59(5). p.695-702.
- Faulkner J. (1968). Physiology of swimming and diving. In (ed). FH. *Exercise Physiology*. Baltimore: Academic Press.
- González-Gross M, Castillo MJ, Moreno L, Nova E, González-Lamuño D, Pérez Llamas F, et al. (2003). Alimentación y valoración del estado nutricional de los adolescentes españoles (estudio AVENA). *Nutr Hosp*, 23(1). p.15-28.
- Latour J, Abraira V, Cabello J, López J. (1997). Métodos de Investigación en Cardiología (IV). Las Mediciones clínicas en cardiología: validez y errores de medición. *Rev Esp Cardiol*, 50. p.117-128.
- Lohman (1987). The Use of Skinfold to Estimate Body Fatness on Children and Youth, *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 58:9, 98-103.
- Lohman T. (1981). Skinfolds and body density and their relation to body fatness: a review. *Human Biol*, 53. p.181-225.
- Lozano Berges G, Matute Llorente A, Gómez Bruton A, González Agüero A, Vicente Rodríguez G, Casajús J. (2018). Accurate Prediction Equation to Assess Body Fat in Male and Female Adolescent Football Players. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, p.1-23.
- Martin A. (1984). An anatomical basis for assessing human body composition: evidence from 25 dissections. In *PhD Thesis*; Canadá.
- Martínez-Sanz J, Urdampilleta A. (2012). Antropometría y control de peso. *Sport Training Magazine*, 41. p. 54-57.
- Nikolaidis PT. (2013). Body mass index and body fat percentage are associated with decreased physical fitness in adolescent and adult female volleyball players. *J Res Med Sci*, 18. p. 22-26.

- Ortega González JA, Vázquez Tlalolini FE, Vélez Pliego M, Cortés Romero CE, Barrios Espinosa C, Cueto Ameca K, Anaya Arroyo EA, Bilbao Reboredo T. (2018). Comparación de los métodos de antropometría clásica e impedancia bioeléctrica a través de la determinación de la composición corporal en jóvenes universitarias. *Nutr. clín. diet. Hosp*, 38(4). P.164-171
- Sardinha L. (2012). Functional body composition. *Arch Exerc Health Dis*, (3). p.183-187.
- Siri W. (1961). Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. In Brozek J HAe. *Techniques for measuring body composition*. Washington DC: National Academy of Sciences. Natural Resourcer Council, p. 223-244.
- Stewart A, Marfell-Jones M, Olds T, de Rider H. (2011). *International protocol for anthropometric assessment*. Portsnngdom: ISAK.
- Tovar M, González J, Martíá C, Schmidt J. (2017). Composición corporal en escolares: comparación entre métodos antropométricos simples e impedancia bioeléctrica. *Endocrinol Diabetes Nutr*, 84. p1-8.
- Ulijaszek S, Kerr D. (1999). Anthropometric measurement error and the assessment of nutritional status. *Br J Nutr*, 82. p.165-177.
- Urta C, Pezoa P, Alvear F, Cruz I, Gómez R, Valenzuela Pacheco J, Cossio M. (2019). Concordancia de ecuaciones que predicen el porcentaje de grasa en jóvenes futbolistas. *Nutr. clín. diet. Hosp*, 39(1). P.76-82.