

ORIGINAL

Validación de ecuaciones y propuesta de valores referenciales para estimar la masa grasa de jóvenes universitarios chilenos



Rossana Gómez Campos^{a,b}, Jaime Pacheco Carrillo^c,
Alejandro Almonacid Fierro^a, Camilo Urra Albornoz^d y Marco Cossío-Bolaños^{a,e,f,*}

^a Universidad Autónoma de Chile, Talca, Chile

^b Facultad de Educación Física, Universidad Estadual de Campinas, Sao Paulo, Brasil

^c Departamento de Ciencias de la Educación, Profesor de Educación Física, Universidad del Bio Bio, Chillán, Chile

^d Escuela de Kinesiología, Facultad de Salud, Universidad Santo Tomás, Talca, Chile

^e Departamento de Ciencias de la Actividad Física, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile

^f Instituto de Deporte Universitario, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú

Recibido el 30 de mayo de 2017; aceptado el 8 de noviembre de 2017

Disponible en Internet el 1 de febrero de 2018

PALABRAS CLAVE

Masa grasa;
Ecuaciones;
Jóvenes
universitarios;
Percentiles

Resumen

Objetivos: a) Proponer ecuaciones basadas en índices antropométricos para estimar la masa grasa (MG) utilizando como método de referencia la absorciometría de rayos X de doble energía (DXA), y b) establecer normas de referencia para valorar la MG estimada.

Material y métodos: Estudio transversal en 6.713 jóvenes universitarios (3.354 hombres y 3.359 mujeres) de Chile con un rango de edad comprendido entre los 17,0 y los 27,0 años. Se obtuvieron medidas antropométricas (peso, talla y perímetro cintura) en todos los participantes. Se realizó una DXA en 683 participantes. Un total de 478 sujetos fueron seleccionados para desarrollar ecuaciones de regresión y 205 para su validación cruzada. Los percentiles se desarrollaron con los datos de 6.030 participantes. Para generar las ecuaciones se utilizó el análisis de regresión múltiple por pasos. Para desarrollar los percentiles se utilizó el método LMS.

Resultados: Las ecuaciones para hombre fueron: 1) $MG = -35.997,486 + 232,285 * \text{Peso} + 432,216 * CC$ ($R^2 = 0,73$, $EEE = 4,1$); 2) $MG = -37.671,303 + 309,539 * \text{Peso} + 66.028,109 * ICE$ ($R^2 = 0,76$, $EEE = 3,8$), y para mujeres fueron: 3) $MG = -13.216,917 + 461,302 * \text{Peso} + 91,898 * CC$ ($R^2 = 0,70$, $EEE = 4,6$), y 4) $MG = -14.144,220 + 464,061 * \text{Peso} + 16.189,297 * ICE$ ($R^2 = 0,70$, $EEE = 4,6$). Los percentiles propuestos son: p10, p50, p85 y p95.

Conclusión: Las ecuaciones desarrolladas proporcionan predicciones válidas y exactas para estimar la MG de jóvenes universitarios de ambos sexos. Los valores obtenidos mediante la aplicación de estas ecuaciones pueden ser analizados a partir de percentiles que permiten categorizar los niveles de adiposidad corporal por rango de edad y sexo.

© 2017 SEEN y SED. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: mccossio1972@hotmail.com (M. Cossío-Bolaños).

KEYWORDS

Fat mass;
Equations;
University students;
Percentiles

Validation of equations and proposed reference values to estimate fat mass in Chilean university students

Abstract

Objectives: (i) To propose regression equations based on anthropometric measures to estimate fat mass (FM) using dual energy X-ray absorptiometry (DXA) as reference method, and (ii) to establish population reference standards for equation-derived FM.

Material and methods: A cross-sectional study on 6,713 university students (3,354 males and 3,359 females) from Chile aged 17.0 to 27.0 years. Anthropometric measures (weight, height, waist circumference) were taken in all participants. Whole body DXA was performed in 683 subjects. A total of 478 subjects were selected to develop regression equations, and 205 for their cross-validation. Data from 6,030 participants were used to develop reference standards for FM. Equations were generated using stepwise multiple regression analysis. Percentiles were developed using the LMS method.

Results: Equations for men were: (i) $FM = -35,997.486 + 232.285 * Weight + 432.216 * CC$ ($R^2 = 0.73$, $SEE = 4.1$); (ii) $FM = -37,671.303 + 309.539 * Weight + 66,028.109 * ICE$ ($R^2 = 0.76$, $SEE = 3.8$), while equations for women were: (iii) $FM = -13,216.917 + 461,302 * Weight + 91.898 * CC$ ($R^2 = 0.70$, $SEE = 4.6$), and (iv) $FM = -14,144.220 + 464.061 * Weight + 16,189.297 * ICE$ ($R^2 = 0.70$, $SEE = 4.6$). Percentiles proposed included p10, p50, p85, and p95.

Conclusion: The developed equations provide valid and accurate estimation of FM in both sexes. The values obtained using the equations may be analyzed from percentiles that allow for categorizing body fat levels by age and sex.

© 2017 SEEN y SED. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

Actualmente existe un interés creciente por encontrar métodos sencillos para categorizar la masa grasa (MG) y sus cambios^{1,2}, ya que los índices generalmente usados como marcadores de exceso de grasa corporal están sujetos a limitaciones³.

El tejido adiposo desempeña un papel regulador complejo y ejerce múltiples efectos sobre la masa libre de grasa². El exceso de MG está asociado con un riesgo incrementado de desarrollar enfermedades cardiovasculares, diabetes mellitus tipo 2, hipertensión y otras enfermedades⁴. Igualmente, niveles disminuidos de masa muscular se han relacionado con antecedentes de fracturas en niños, jóvenes y adultos^{5,6}.

Chile es el país de Latinoamérica donde la población en general presenta los mayores índices de sobrepeso y obesidad^{7,8}. Algunos estudios describen, además, cambios en la distribución de la MG y en algunos factores de riesgo cardiovascular en los últimos años entre poblaciones jóvenes de esta misma área geográfica^{9,10}. Cabe destacar que Cossio-Bolaños et al.¹⁰ observaron un incremento significativo en el perímetro de la cintura, sin cambios en el índice de masa corporal (IMC) y para todos los rangos de IMC en población joven universitaria chilena en el periodo comprendido entre 2007 y 2014.

Recientemente el CDC-2012¹¹ ha propuesto algunos indicadores antropométricos para valorar la adiposidad, entre los que se incluyen el IMC, los pliegues cutáneos y la circunferencia de la cintura, para todas las etapas de la vida. Estas referencias internacionales permiten la comparación y vigilancia de la salud en el mundo, pero pueden estar sujetas a limitaciones, ya que existen importantes diferencias

genotípicas, fenotípicas y socioculturales entre regiones y países distintos.

Muchos gobiernos y las agencias de la Naciones Unidas confían en las referencias internacionales para medir el bienestar general de las poblaciones, para la formulación de políticas relacionadas con la salud, para la planificación de las intervenciones y para el seguimiento de su eficacia¹². No obstante, el desarrollo de ecuaciones para estimar la MG de jóvenes universitarios a partir de variables e indicadores antropométricos podría ser útil como complemento a otros índices de adiposidad y/o para monitorizar cambios en la composición corporal tras una intervención dada. Además, permitiría construir normas regionales de referencia según edad y sexo.

Este estudio tiene como objetivos: a) proponer ecuaciones de regresión para estimar la MG y analizar la validez cruzada, utilizando como método de referencia la absorciometría de rayos X de doble energía (DXA), y b) establecer normas de referencia para valorar la MG a partir de ecuaciones de regresión basadas en variables e indicadores antropométricos.

Métodos**Diseño del estudio, muestra y participantes**

Se efectuó un estudio transversal en 6.713 jóvenes universitarios (3.354 hombres y 3.359 mujeres) de tres universidades de la región del Maule, Chile (universidad particular, semi-particular y del estado). El rango de edad oscila entre los 17,0 y los 27,0 años. La capital de esta región es Talca, localizada a 270 km al sur de Santiago (capital de Chile).

La economía de esta región se basa principalmente en la agricultura y la ganadería, siendo relevante la actividad vitivinícola.

De los 6.713 participantes, un total de 683 fueron evaluados mediante DXA de cuerpo total (10,2% de la muestra total); de estos, 478 sujetos fueron seleccionados para desarrollar ecuaciones de regresión y 205 para la validación cruzada. Para el desarrollo de los percentiles se utilizaron los datos de los 6.030 jóvenes restantes. La [figura 1](#) ilustra la distribución y organización de la muestra estudiada.

Se excluyeron todos los universitarios con edades inferiores y superiores al rango establecido, los que no autorizaron el consentimiento informado, los que no asistieron el día de la evaluación y los que fumaban una o más veces por semana (el tabaquismo se asocia con una mayor obesidad central y es un predictor de morbimortalidad). El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Autónoma de Chile (Chile) y todos los participantes fueron informados antes de ser sometidos al escaneo de DXA y a las evaluaciones antropométricas.

Procedimientos

Los datos como edad, sexo, institución de estudio y hábitos de fumar fueron recabados a partir de una ficha personal. Las evaluaciones antropométricas y el escaneo de la absorciometría de rayos X de doble energía (DXA) se efectuaron dentro de un laboratorio cerrado (20 a 24 °C) perteneciente a la Universidad Autónoma de Chile (Talca, Chile). Las evaluaciones se efectuaron desde enero a junio del 2015. Los horarios fueron dispuestos para los voluntarios según su disponibilidad y carga horaria de estudio (desde 8:00 a 13:00 y de 14:00 a 18:00 horas de lunes a sábado).

Se evaluó el peso corporal (kg) utilizando una balanza electrónica (Tanita, Reino Unido), con una escala 0 a 150 kg y con precisión de 100 g. La altura se evaluó mediante un estadiómetro portátil (Seca GmbH & Co. KG, Hamburgo, Alemania) con una precisión de 0,1 mm, de acuerdo al plano de Frankfurt. La circunferencia de la cintura (cm) se midió en el punto medio entre las costillas inferiores y la parte superior de la cresta ilíaca con una cinta métrica Seca de metal y graduada en milímetros con una precisión de 0,1 cm. Las evaluaciones estuvieron a cargo de 6 técnicos en evaluaciones antropométricas. El procedimiento se basó en el

protocolo estandarizado por Ross y Marfell-Jones¹³. Se calculó el IMC y el índice cintura estatura (ICE).

La exploración del cuerpo total (sin cabeza) se efectuó mediante DXA. El procedimiento consistió en escanear el cuerpo total a través de un equipo Lunar Prodigy (General Electric, Fairfield, Connecticut, EE.UU.). Se extrajeron los valores de MG para ambos sexos. La evaluación estuvo a cargo de dos técnicos con experiencia. La exploración se realizó en posición supina con los brazos y piernas extendidos (en pronación). Los tobillos se sujetaron mediante una cinta de velcro para asegurar el posicionamiento estándar. Se escaneó dos veces a 68 sujetos (34 hombres y 34 mujeres) para ratificar la confiabilidad de las mediciones. El error técnico de medida (ETM) evidenció valores inferiores al 2,5%.

Estadística

Los cálculos estadísticos fueron en planillas de Excel y en SPSS 16.0. La distribución normal de los datos fue verificada mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Se calculó la estadística descriptiva de media aritmética, desviación estándar y rango. Para las diferencias entre el grupo de desarrollo de ecuaciones y de validación cruzada se utilizó test t para muestras relacionadas y para determinar las diferencias entre géneros se utilizó test t para muestras independientes. La relación entre variables se verificó a través del coeficiente de correlación de Pearson. Posteriormente se efectuó el análisis de regresión múltiple por pasos, cuyo objetivo fue identificar la mejor combinación de variables predictivas de la MG. Las ecuaciones se analizaron por medio de R², EEE y la multicolinealidad por medio del factor de inflación de la varianza (FIV). Se utilizó el plotaje de Bland y Altman¹⁴ en dos casos: para verificar la concordancia entre los valores de la referencia (DXA) con las ecuaciones desarrolladas, y entre la referencia DXA con el grupo de validación cruzada. La validación cruzada se efectuó de acuerdo a las sugerencias de Sun et al.¹⁵, utilizando el 10% de la muestra escaneada.

Para el desarrollo de curvas percentílicas, previamente se calculó la MG en 6.030 sujetos utilizando las cuatro ecuaciones propuestas. Posteriormente fueron creadas curvas de percentiles suavizadas para la MG por rango de edad y sexo basadas en el método LMS. Se utilizó el software LMS Chart Maker versión 2.3¹⁶. Las curvas de percentiles finales fueron suavizadas para crear tres curvas específicas por edad: L (lambda; asimetría), M (mu; mediana), y S (sigma; coeficiente de variación). Se calcularon los percentiles p5, p10, p50, p85, y p95. El nivel de significancia adoptado fue de 0,05.

Resultados

Las variables que caracterizan a la muestra que se utilizó para desarrollar las ecuaciones y efectuar la validación cruzada se pueden observar en la [tabla 1](#). No se observaron diferencias significativas entre ambos grupos en todas las variables antropométricas e indicadores de adiposidad corporal ($p > 0,05$).

Las ecuaciones de regresión propuestas para para estimar la MG se pueden observar en la [tabla 2](#). Las cuatro ecuaciones explican entre el 70 y el 76%, el EEE oscila entre 3,8

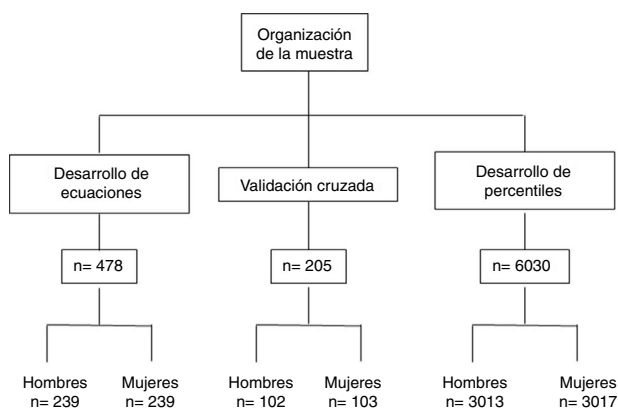


Figura 1 Organización de la muestra para la conformación de grupos de estudio.

Tabla 1 Características antropométricas e indicadores de adiposidad corporal utilizados para desarrollar y validar ecuaciones para estimar la masa grasa (MG)

Variables	Todos (n = 683)		Desarrollo de ecuaciones (n = 478)		Validación cruzada (n = 205)	
	X	DE	X	DE	X	DE
Hombres						
n	341		239		102	
Edad (años)	20,6	2,4	19,5	2,6	19,4	2,6
Peso (kg)	73,5	12	73,4	12,4	74,4	12,9
Estatura (cm)	173,3	6,5	172,4	6,8	173	6,8
IMC (kg/m ²)	24,4	3,6	24,7	3,7	24,8	3,8
CC (cm)	83,3	9,4	82,3	9,3	82,6	9,6
ICE	0,5	0,1	0,5	0,5	0,5	0,6
MG (kg) _{DXA}	-	-	15,8	8	16,7	7,6
Mujeres						
n	342		239		103	
Edad (años)	20,7	2	19,7	2,1	20	2,9
Peso (kg)	63,2	10,7	64,5	13,1	63,3	13,2
Estatura (cm)	161,2	5,8	159,6	6	159,8	5,7
IMC (kg/m ²)	23,5	3,7	24,3	4,7	24,9	9,6
CC (cm)	76,6	9,8	77,8	12	77,3	10,9
ICE	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1
MG (kg) _{DXA}	-	-	23,4	8,6	22,9	7,8

CC: circunferencia de cintura; ICE: índice cintura estatura; IMC: índice de masa corporal.

Tabla 2 Ecuaciones de regresión desarrolladas para estimar la masa grasa de jóvenes universitarios

N.º	Ecuaciones		FIV		R	R ²	EEE	p
			Tolerancia	FIV				
Hombres								
1	MG = -35997,486 + 232,285 * Peso + 432,216 * CC	Peso	0,324	3,08	0,85	0,73	4,1	0,000
		CC	0,324	3,08				
2	MG = -37671,303 + 309,539 * Peso + 66028,109 * ICE	Peso	0,528	1,82	0,87	0,76	3,8	0,000
		ICE	0,528	1,82				
Mujeres								
3	MG = -13216,917 + 461,302 * Peso + 91,898 * CC	Peso	0,364	2,74	0,84	0,70	4,6	0,000
		CC	0,364	2,74				
4	MG = -14144,220 + 464,061 * Peso + 16189,297 * ICE	Peso	0,509	1,96	0,84	0,70	4,6	0,000
		ICE	0,509	1,96				

CC: circunferencia de cintura; FIV: factor de inflación de la varianza; ICE: índice cintura estatura; MG: masa grasa.

y 4,6% y el FIV en todos los casos es inferior a 3,08. Las cuatro ecuaciones propuestas son significativas ($p < 0,001$), evidenciando mayor poder de explicación en los hombres con relación a las mujeres (3 a 6%).

La concordancia entre los valores de MG determinado por el método de referencia (DXA) y los valores estimados por las ecuaciones de regresión se observa en la [figura 2](#) (A-D). El plotaje de Bland y Altman evidenció amplios límites de acuerdo con la referencia. En hombres estos valores oscilan entre -7,3 y 9,1 kg, y en mujeres, entre -7,1 y 9,0 kg, respectivamente. Los cuatro modelos desarrollados evidenciaron correlaciones de moderadas a altas, oscilando entre 0,84 a 0,99; además, los cuatro modelos fueron significativos ($p < 0,001$). Por otro lado, la [figura 2](#) (E-H) muestra la concordancia entre la referencia (DXA) y el grupo de validación

cruzada. Estos valores oscilan en los hombres entre -8,3 y 9,0 kg, y en mujeres, entre -7,7 y 9,0 kg. Por lo tanto, estos resultados reflejan amplios límites de acuerdo con la referencia (DXA), además las correlaciones para ambos sexos, y en los cuatro modelos oscilaron entre 0,81 a 0,85, respectivamente.

Las variables que caracterizan a la muestra utilizada para desarrollar los percentiles se observan en la [tabla 3](#). Los hombres mostraron mayor peso, estatura, CC e IMC en relación con las mujeres ($p < 0,001$). No hubo diferencias significativas en ambos sexos en la edad y en el ICE ($p > 0,05$).

Los valores de MG (kg) estimados por ecuaciones de regresión fueron representados por medio de percentiles a partir del método LMS. La distribución percentilar (p_{10} , p_{50} ,

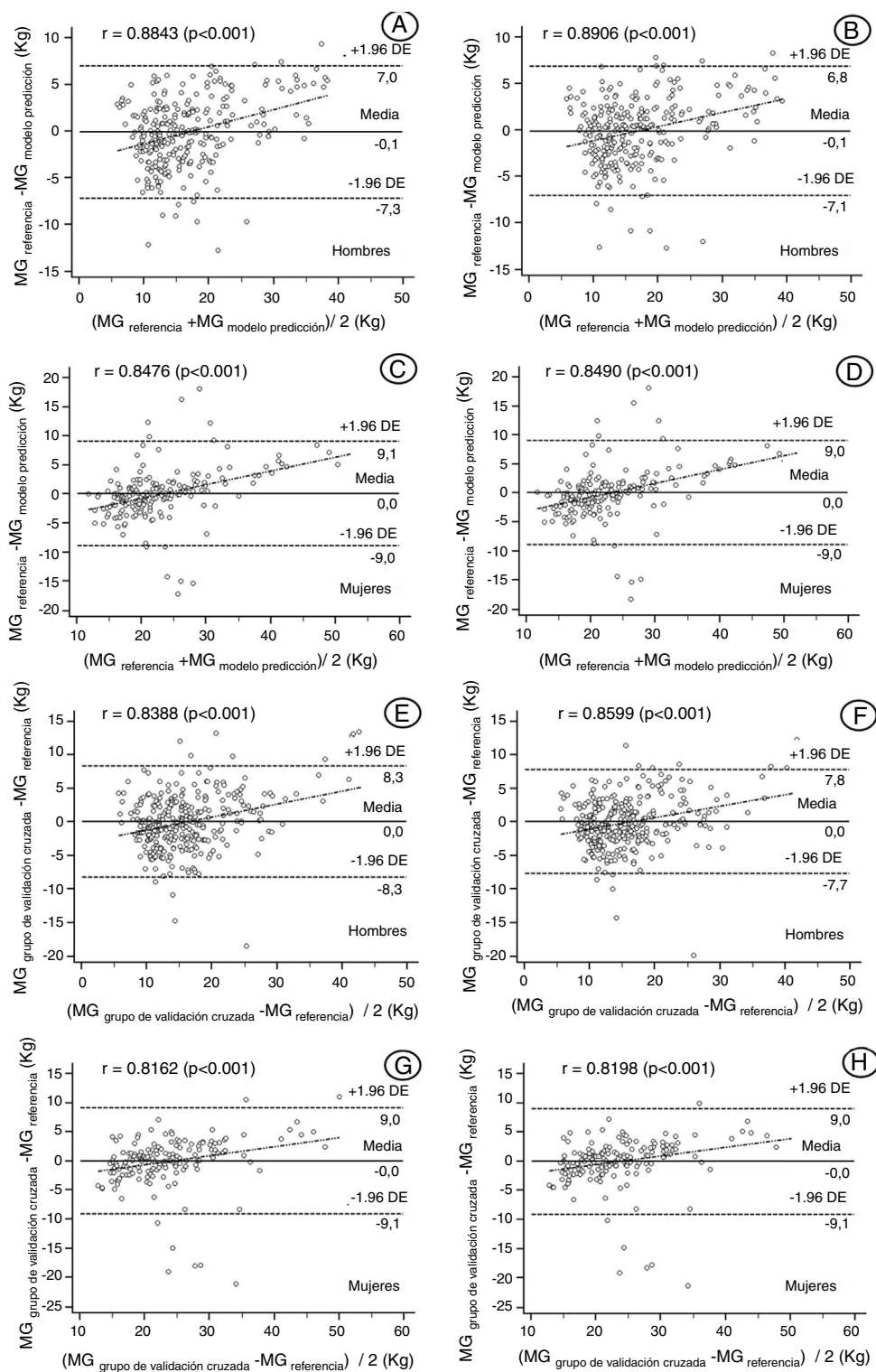


Figura 2 Análisis de la concordancia del plotaje de Bland-Altman entre los valores del método de referencia por DXA con los modelos predictivos para la MG (A-D) y para el grupo de validación cruzada (E-H). Línea sólida: diferencia de medias; línea entrecortada: límites de concordancia al 95%.

Tabla 3 Características antropométricas de la muestra utilizada para el desarrollo de normas referenciales (n = 6.030)

Variables	Hombres (n = 3013)		Mujeres (n = 3017)	
	X	DE	X	DE
Edad (años)	20,8	2,2	20,8	1,9
Peso (kg)	73,4	12,0	60,9	10,3*
Estatura (cm)	173,3	7,4	161,3	5,8*
CC (cm)	83,6	9,5	76,5	9,6*
IMC (kg/m ²)	24,4	3,6	23,3	3,6*
ICE	0,5	0,1	0,5	0,1

CC: circunferencia de cintura; ICE: índice cintura estatura; IMC: índice de masa corporal.

* p < 0,05.

p85 y p95) por rango de edad y sexo se puede observar en la [tabla 4](#).

Discusión

Ante la necesidad de desarrollar nuevas ecuaciones para analizar el exceso de tejido adiposo en esta población, este estudio tuvo como primer objetivo proponer ecuaciones de regresión para estimar la MG y analizar la validez cruzada. Para ello se utilizó como método de referencia la DXA.

Las cuatro ecuaciones propuestas (dos para hombres y dos para mujeres) se basan en variables antropométricas sencillas (el peso, la circunferencia de la cintura y el ICE) y se asocian a un alto porcentaje explicativo sobre la MG ($R^2 = 70$ a 73% en hombres y del $0,70\%$ en mujeres). Estas variables se incluyen de forma rutinaria en la mayoría de encuestas de salud y se utilizan ampliamente en la práctica clínica habitual, lo que refuerza su uso dentro de nuevos modelos de predicción para la adiposidad corporal en jóvenes universitarios y en otras muestras de estudio.

En general, estos resultados son consistentes con otros estudios con similares características, pero con diferente objetivo y método de referencia¹⁷⁻¹⁹. Los porcentajes de explicación aquí observados reflejan moderados valores de precisión según lo descrito en la literatura²⁰. Además, los

factores de inflación de la varianza FIV (3,08 en hombres y 2,74 en mujeres) se encuentran muy por debajo de los valores establecidos como límites (< 10,0) según lo descrito por Slinker y Glantz²¹.

Por otro lado, el plotaje de Bland y Altman entre el método de referencia (DXA) y las cuatro ecuaciones desarrolladas mostró un buen grado de acuerdo. Los límites del 95% son estrechos y reflejan correlaciones altamente significativas (0,84 a 0,89), lo que garantiza adecuados niveles de precisión en las cuatro ecuaciones desarrolladas.

En relación con la validación cruzada, no se observaron diferencias significativas entre la muestra de validación y la muestra para el desarrollo de ecuaciones. Los valores de concordancia evidenciaron un buen acuerdo y las fuertes correlaciones observadas en las cuatro ecuaciones ($r = 0,81$ a $0,85$) garantizan adecuados niveles de validez. Por ello, las ecuaciones propuestas podrían ser aplicadas a muestras con características similares a las del presente estudio. A pesar de ello, admitimos que podría ser necesario utilizar otras variables e indicadores antropométricos como predictores de la MG con el objetivo de incrementar el porcentaje de explicación y los niveles de acuerdo entre métodos.

Estas ecuaciones pueden ser aplicables a jóvenes universitarios chilenos, pues hasta donde se sabe, no existe ecuaciones de regresión que valoren la MG de jóvenes entre los 17,0 y los 27,0 años en Chile y en Latinoamérica. Las ecuaciones propuestas pueden ser utilizadas con fines académicos y científicos para comparar con otros estudios y/o métodos desarrollados en diversos contextos socioculturales. Pese a todo, debe tenerse en cuenta que las comparaciones entre países pueden ser inapropiadas, debido a las diferentes características genotípicas y fenotípicas²².

Es relevante señalar que en circunstancias en que no se dispone de equipos sofisticados para diagnosticar la MG es deseable utilizar técnicas ampliamente disponibles y simples, como la antropometría²³. Para la adecuada interpretación de los valores obtenidos como resultado de la aplicación de las ecuaciones, sin embargo, es indispensable disponer de valores de referencia. Por ello, como segundo objetivo, este estudio buscó establecer normas de referencia para valorar la MG a partir de las ecuaciones de

Tabla 4 Valores percentílicos para valorar la masa grasa de jóvenes universitarios por rango de edad y género

Rango edad (años)	n	L	M	S	p10	p50	p85	p95	L	M	S	p10	p50	p85	p95
Hombres		Ecuación 1								Ecuación 2					
17-19	509	0,12	14,61	0,39	8,7	14,6	21,7	27,1	0,12	14,03	0,42	8,1	14,0	21,4	27,2
19-21	1.137	0,37	15,60	0,37	9,2	15,6	22,4	27,2	0,36	14,69	0,4	8,3	14,7	21,6	26,5
21-23	798	0,41	16,97	0,37	10,0	17,0	24,2	29,2	0,4	16,07	0,39	9,2	16,1	23,4	28,6
23-25	384	0,36	18,25	0,37	10,9	18,3	26,1	31,6	0,37	17,31	0,39	9,9	17,3	25,3	30,8
25-27	185	0,32	18,90	0,36	11,4	18,9	27,0	32,7	0,36	18	0,39	10,4	18,0	26,2	31,9
Mujeres		Ecuación 3								Ecuación 4					
17-19	319	-0,62	21,49	0,24	16,2	21,5	28,2	33,9	-0,56	20,99	0,25	15,7	21,0	27,7	33,3
19-21	1.222	-0,47	20,95	0,23	15,9	21,0	27,0	31,8	-0,43	20,35	0,24	15,3	20,4	26,4	31,2
21-23	998	-0,47	20,67	0,23	15,7	20,7	26,5	31,1	-0,45	20,04	0,23	15,2	20,0	25,9	30,5
23-25	353	-0,64	21,39	0,22	16,5	21,4	27,4	32,3	-0,66	20,66	0,23	15,9	20,7	26,6	31,6
25-27	125	-0,94	21,42	0,22	16,8	21,4	27,5	33,0	-0,99	20,8	0,22	16,2	20,8	26,9	32,6

L: coeficiente Box-Cox; M: mediana; S: coeficiente de variación.

regresión previamente validadas. Para ello, el estudio utilizó el método LMS para generar percentiles por rango de edad y sexo basados en referencias internacionales^{10,24,25}. Los datos de referencia aquí generados pueden ser útiles para diagnosticar y clasificar a los jóvenes, por ejemplo, en las siguientes categorías: bajo peso graso (< p10), normal (p10 a p85), sobrepeso (p85 a p95) y obesidad (> p95). Esta información puede facilitar a los profesionales de las ciencias de la salud el análisis de la MG en jóvenes universitarios. Este análisis es relevante, ya que el exceso de tejido adiposo en niños, jóvenes y adultos está asociado con una mayor probabilidad de presentar enfermedades cardiovasculares, hipertensión y cáncer^{26,27}.

En general, a pesar de no existir una herramienta perfecta para estimar el porcentaje de grasa o MG en las encuestas epidemiológicas, la circunferencia de la cintura y el ICE han demostrado su valor como métodos útiles en la evaluación del riesgo de desarrollo de factores de riesgo cardiovascular en diversas poblaciones y grupos etarios^{28,29}. Por lo tanto, las ecuaciones y los percentiles aquí propuestos son una alternativa para analizar y monitorizar los cambios de la adiposidad corporal en un momento dado.

La principal fortaleza del presente estudio es la inclusión de una muestra representativa y la generación de ecuaciones con un alto nivel de predicción. Eso permite que puedan ser usadas en situaciones cotidianas y en entornos con pocos recursos donde la antropometría es considerada como la técnica prioritaria para la evaluación de la composición corporal y juega un papel importante en la práctica clínica y epidemiológica.

Con relación a las desventajas, los datos transversales utilizados en este estudio se limitan a una sola medición ocasional. No se controlaron los niveles de actividad física ni los hábitos de alimentación, e incluye una población compuesta por jóvenes universitarios oriundos de Chile con un rango de edad estrecho.

Conclusión

Este estudio desarrolló ecuaciones de regresiones válidas y precisas para determinar la MG de jóvenes universitarios basadas en variables e indicadores antropométricos. Los valores obtenidos de las ecuaciones pueden ser analizados a partir de percentiles, lo que permite categorizar los niveles de adiposidad corporal por rango de edad y sexo. Este informe puede llenar el vacío de información que existe en Chile respecto a la valoración del sobrepeso y de la obesidad en poblaciones universitarias. Aunque para confirmar estos hallazgos es necesario desarrollar más estudios transversales, especialmente longitudinales.

Financiación

Proyecto Interno No. DIP048-17, Universidad Autónoma de Chile, Chile.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Wells J, Williams JE, Chomtho S, Darch T, Grijalva-Eternod C, Kennedy K, et al. Body-composition reference data for simple and reference techniques and a 4-component model: A new UK reference child. *Am J Clin Nutr.* 2012;96:1316–26, <http://dx.doi.org/10.3945/ajcn.112.036970>.
2. Ahima RS. Adipose tissue as an endocrine organ. *Obesity (Silver Spring).* 2006;14 Suppl 5:242S–9S, <http://dx.doi.org/10.1038/oby.2006.317>.
3. Hosseini M, Kelishadi R, Yousefifard M, Qorbani M, Bazargani B, Heshmat R, et al. Height-adjusted percentiles evaluated central obesity in children and adolescents more effectively than just waist circumference. *Acta Paediatrica.* 2017;106:112–9, <http://dx.doi.org/10.1111/apa.13622>.
4. Seidell JC, Hautvast JG, Deurenberg P. Overweight: Fat distribution and health risks. *Epidemiological observations. A review. Infusionstherapie.* 1989;16:276–81, <http://dx.doi.org/10.1159/000222401>.
5. Schoenau E, Neu CM, Beck B, Manz F, Rauch F. Bone mineral content per muscle cross-sectional area as an index of the functional muscle-bone unit. *J Bone Miner Res.* 2002;17:1095–101, <http://dx.doi.org/10.1359/jbmr.2002.17.6.1095>.
6. Popp KL, Hughes JM, Smock AJ, Novotny SA, Stovitz SD, Koehler SM, et al. Bone geometry, strength, and muscle size in runners with a history of stress fracture. *Med Sci Sports Exer.* 2009;41:2145–50, <http://dx.doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181a9e772>.
7. Ng M, Fleming T, Robinson M, Thomson B, Graetz N, Margono C, et al. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980-2013: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet.* 2014;384:766–81, [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)60460-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60460-8).
8. Lopez-Legarrea P, Olivares PR, Almonacid-Fierro A, Gomez-Campos R, Cossio-Bolaños M, Garcia-Rubio J. Asociación entre los hábitos dietéticos y la presencia de sobrepeso/obesidad en una muestra de 21.385 adolescentes chilenos. *Nutr Hosp.* 2015;31:2088–94, <http://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.32.4.9182>.
9. Contreras Mellado V, Vilchez Avaca C, Gómez-Campos R, Luarte Rocha C, Cossio-Bolaños M. Tendencias al incremento de la adiposidad corporal y la presión arterial de jóvenes universitarios en dos cohortes (2009-2014). *Nutr Hosp.* 2015;32:2551–8, <http://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.32.6.9784>.
10. Cossio-Bolaños M, Vilchez-Avaca C, Contreras-Mellado V, Andruske C, Gómez-Campos R. Changes in abdominal obesity in Chilean university students stratified by body mass index. *BMC Public Health.* 2016;16, <http://dx.doi.org/10.1186/s12889-015-2587-3>.
11. Fryar CD, Gu Q, Ogden CL. Anthropometric reference data for children and adults: United States, 2007-2010. *Vital Health Stat.* 2012;11(252):1–48.
12. De Onis M. Growth curves for school-age children and adolescents. *Ind Pediatr.* 2009;46:463–5.
13. Ross WD, Marfell-Jones MJ. *Kinanthropometry.* En: MacDougall JD, Wenger HA, Geeny HJ, editores. *Physiological Testing of Elite Athlete.* London: Human Kinetics; 1991. p. 223–308.
14. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986;8:307–10, [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(86\)90837-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(86)90837-8).
15. Sun SS, Chumlea WC, Heymsfield SB, Lukaski HC, Schoeller D, Friedl K, et al. Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. *Am J Clin Nutr.* 2003;77:331–40.

16. Pan H., Cole T.J. LMS Chartmaker, 2006 [consultado 28 Mar 2015]. Disponible en: <http://www.healthforallchildren.co.uk>
17. Lean ME, Han TS, Deurenberg P. Predicting body composition by densitometry from simple anthropometric measurements. *Am J Clin Nutr.* 1996;63:4–14.
18. Al-Gindan Y, Hankey C, Govan L, Gallagher D, Heymsfield SB, Lean M. Derivation and validation of simple equations to predict total muscle mass from simple anthropometric and demographic data. *Am J Clin Nutr.* 2014;100:1041–51.
19. Scafoglieri A, Clarys JP, Bauer JM, Verlaan S, van Malderen L, Vantieghem S, et al., on behalf of the Provide Study Group. Predicting appendicular lean and fat mass with bioelectrical impedance analysis in older adults with physical function decline — The PROVIDE study. *Clinical Nutrition.* 2017;36:869–75, <http://dx.doi.org/10.1016/j.clnu.2016.04.026>.
20. Gartner A, Dioum A, Delpeuch F, Maire B, Schutz Y. Use of hand-to-hand impedancemetry to predict body composition of African women as measured by air displacement plethysmography. *Eur J Clin Nutr.* 2004;58:523–31, <http://dx.doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601839>.
21. Slinker BK, Glantz SA. Multiple regression for physiological data analysis: the problem of multicollinearity. *Am J Physiol.* 1985;249:R1–12.
22. Ramirez-Zea M, Torun B, Martorell R, Stein AD. Anthropometric predictors of body fat as measured by hydrostatic weighing in Guatemala. *Am J Clin Nutr.* 2006;83:795–802.
23. Bibiloni D M.M., Pons A, Tur JA. Defining body fatness in adolescents: A proposal of the Afad-A classification. *PLoS ONE.* 2013;8:e55849, <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0055849>.
24. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: International survey. *BMJ.* 2000;320:1240–3, <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.320.7244.1240>.
25. Kuczmarski RJ, Ogden CL, Guo SS, Grummer-Strawn LM, Flegal KM, Mei Z, et al. 2000 CDC growth charts for the United States: Methods and development. *Vital Health Stat.* 2002;(246):1–190.
26. Gade W, Schmit J, Collins M, Gade J. Beyond obesity: the diagnosis and pathophysiology of metabolic syndrome. *Clin Lab Sci.* 2010;23:51–61, quiz 62.
27. Donohoe CL, Pidgeon GP, Lysaght J, Reynolds JV. Obesity and gastrointestinal cancer. *Br J Surg.* 2010;97:628–42, <http://dx.doi.org/10.1002/bjs.7079>.
28. Villalobos-Molina R, Wall-Medrano A, Rodríguez-Tadeo A, Urquidez-Romero R, Hernández-Torres RP, Murguía-Romero M, et al. Hypertriglyceridemic-Waist (HTGW) phenotype in university students from two regions of Mexico. *Acta Med Mediterranea.* 2015;31:173–7.
29. Kahn HS, Imperatore G, Cheng YJ. A population-based comparison of BMI percentiles and waist-to-height ratio for identifying cardiovascular risk in youth. *J Pediatr.* 2005;146:482–8, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2004.12.028>.