

# Desarrollo de ecuaciones y propuesta de valores referenciales para estimar la masa grasa de niños y adolescentes chilenos

*Development of equations and proposed reference values to estimate body fat mass among Chilean children and adolescents*

Dr. Marco Cossio-Bolaños<sup>a,b,c</sup>, Dr. Miguel de Arruda<sup>a</sup>, Dr. José Sulla Torres<sup>d</sup>,  
Mg. Camilo Urrea Albornoz<sup>e</sup> y Dra. Rossana Gómez Campos<sup>a,f</sup>

## RESUMEN

**Introducción.** La evaluación de la composición corporal es relevante para determinar el estado nutricional e identificar posibles riesgos para la salud.

**Objetivo.** a) Desarrollar ecuaciones de regresión para predecir la masa grasa (MG) utilizando como método de referencia la absorciometría de rayos X de doble energía; b) proponer valores referenciales de MG en función de la edad cronológica y biológica para niños y adolescentes chilenos.

**Metodología.** Estudio transversal en niños y adolescentes de 5,0 a 18,9 años de la región del Maule (Chile). La muestra fue conformada de forma probabilística (estratificada) por 3593 sujetos. Se evaluó el peso, estatura de pie, estatura sentada y circunferencia de la cintura. Se calculó el índice de masa corporal y los años de pico de velocidad del crecimiento (APVC). La composición corporal (MG, masa libre de grasa, masa ósea y porcentaje de grasa) fueron determinados por medio del escaneo de absorciometría de rayos X de doble energía. **Resultados.** Los APVC (edad biológica) se presentaron en los hombres a los  $14,9 \pm 0,9$  APVC y, en las mujeres, a los  $11,5 \pm 0,7$  APVC. Se generaron ecuaciones para estimar la MG para hombres y mujeres, utilizando como predictores la edad cronológica, APVC y circunferencia de cintura. Se desarrollaron percentiles para evaluar la MG por absorciometría de rayos X de doble energía y por ecuaciones de regresión.

**Conclusión.** Las ecuaciones mostraron aceptabilidad para determinar la MG; además, se han propuesto valores referenciales para evaluar la MG en función de la edad cronológica y biológica.

**Palabras clave:** composición corporal, ecuaciones de predicción, absorciometría de rayos X, niño, adolescente.

<http://dx.doi.org/10.5546/aap.2017.453>

Texto completo en inglés:

<http://dx.doi.org/10.5546/aap.2017.eng.453>

- a. Facultad de Educación Física, Universidad Estadual de Campinas, Sao Paulo, Brasil.
- b. Departamento de Ciencias de la Actividad Física, Universidad Católica del Maule, Chile.
- c. Instituto de Deporte Universitario, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- d. Universidad Católica Santa María, Arequipa, Perú.
- e. Escuela de Kinesiología, Facultad de Salud, Universidad Santo Tomás, Talca, Chile.
- f. Universidad Autónoma de Chile, Chile.

### Correspondencia:

Dr. Marco Cossio-Bolaños:  
mcossio1972@hotmail.com

### Financiamiento:

Proyecto Fondecyt Regular 1141295.

### Conflicto de intereses:

Ninguno que declarar.

Recibido: 3-10-2016

Aceptado: 20-3-2017

## INTRODUCCIÓN

La adecuada evaluación de la composición corporal es muy importante para la identificación de posibles riesgos para la salud, especialmente, aquellos relacionados con el exceso o déficit de diferentes componentes corporales.<sup>1</sup> La determinación de la masa grasa (MG) y la masa libre de grasa (MLG) es de considerable interés en la evaluación del estado nutricional de niños, adolescentes y adultos.

El incremento de grasa corporal está asociado con el aumento de riesgo en enfermedades, como la obesidad, enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2, hipertensión, entre otras,<sup>2</sup> y los reducidos niveles de masa muscular, con antecedentes de fracturas en niños, adolescentes y adultos.<sup>3,4</sup>

La evaluación de la composición corporal en la infancia y la adolescencia se puede realizar por medio de técnicas sofisticadas,<sup>5,6</sup> como pesaje hidrostático, conductividad eléctrica, bioimpedancia eléctrica, dilución de isótopos, conteo de potasio 40 y la absorciometría dual de rayos X (*dual energy X-ray absorptiometry*; DXA, por sus siglas en inglés).<sup>6,7</sup>

La mayoría de los estudios efectuados en niños y adolescentes que identifican la magnitud y las consecuencias de la salud relacionadas con el sobrepeso y la obesidad usan referencias internacionales de índice de masa corporal (IMC) según edad y género;<sup>8</sup> sin embargo, hasta donde se sabe, en Chile, no existen referencias nacionales para estimar

**Cómo citar:** Cossio-Bolaños M, de Arruda M, Sulla Torres J, et al. Desarrollo de ecuaciones y propuesta de valores referenciales para estimar la masa grasa de niños y adolescentes chilenos. *Arch Argent Pediatr* 2017;115(5):453-461.

específicamente el porcentaje de grasa (%G) y/o MG de niños y adolescentes. Este tipo de referencia podría mejorar la vigilancia de la salud pública, facilitar la detección clínica y avanzar en la investigación para prevenir la obesidad<sup>8</sup> en contextos clínicos y epidemiológicos.

Este estudio hipotetiza que las variables antropométricas, así como la edad cronológica y biológica, podrían predecir la MG de niños y adolescentes. Estudios previos han demostrado su utilidad y aplicabilidad como un método no invasivo para analizar la composición corporal.<sup>7,9,10</sup>

En ese contexto, una evaluación precisa de la MG implicaría el desarrollo de normas referenciales específicas para la edad y sexo, especialmente, en un entorno como la población chilena, que presenta los mayores índices de sobrepeso y obesidad de Latinoamérica.<sup>11,12</sup> Los objetivos de este estudio fueron los siguientes: a) desarrollar ecuaciones de regresión para predecir la MG, utilizando como método de referencia la DXA, y b) proponer valores referenciales en función de la edad cronológica y biológica para niños y adolescentes de la región del Maule (Chile).

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Muestra y estudio

Estudio transversal en niños y adolescentes de 5,0 a 18,9 años de edad de la región del Maule (Chile). Se consideraron 4 municipios de dicha región (Cauquenes, Curicó, Linares y Talca).

Todos los escolares provinieron del nivel primario y secundario de 12 colegios públicos de la región. Estas instituciones fueron seleccionadas por conveniencia (disponibilidad de participación). El total de los escolares estuvo conformado por 25 668 sujetos (14 374 hombres y 11 294 mujeres). El tamaño de la muestra fue calculada de forma probabilística (estratificado por afijación proporcional) (IC 95%), y se obtuvo el 14,0% (3593 sujetos, 1950 hombres y 1643 mujeres). El número de elementos muestrales de cada estrato fue directamente proporcional al tamaño del estrato (edad y sexo) dentro de la población.

Los escolares fueron trasladados de sus colegios a las instalaciones de la Universidad Autónoma de Chile (Laboratorio) y de vuelta en buses durante el horario escolar.

Los sujetos fueron elegibles en el rango de edad de entre los 5,0 y los 18,9 años, y provenían de familias no fumadoras. Se excluyeron los que presentaron alguna limitación física que

impidiera trasladarse por sí solos, los que habían presentado algún problema respiratorio durante las tres últimas semanas y los que presentaban prótesis y/o implantes metálicos en alguna parte del cuerpo. Esta información se recabó en una ficha antes de efectuar el escaneo por DXA.

Con anterioridad a la autorización del consentimiento informado, se dio una charla a los padres y/o tutores sobre los objetivos del proyecto y los métodos por usar. Todos los padres firmaron el consentimiento informado, en el que autorizaron la evaluación antropométrica y escaneo de DXA de sus hijos. El estudio contó con el asentimiento informado para los niños y adolescentes. Se solicitaron los permisos de la Dirección de Administración de Educación Municipal de Talca y de las direcciones de los colegios considerados en la investigación. El estudio contó con la aprobación del Comité de Ética de la Universidad Autónoma de Chile (Chile) y se llevó a cabo de acuerdo con la Declaración de Helsinki. Al final del desarrollo del proyecto, se entregó a cada padre y/o responsable el resultado de la evaluación antropométrica y de la composición corporal de sus hijos.

### Procedimientos

Los datos, como la fecha de nacimiento, sexo y dirección de los hogares, se obtuvieron de las direcciones de los centros escolares. Las evaluaciones antropométricas y el escaneo por DXA se efectuaron desde agosto a noviembre de 2015, de lunes a viernes de 8:00 a 13:00 y de 14:00 a 18:00, dentro de un laboratorio cerrado (de 20 a 24°C) de la Universidad Autónoma de Chile (Talca, Chile). La evaluación de las variables antropométricas y del escaneo por DXA demoró, aproximadamente, de 10 a 12 minutos por alumno. Ambos procedimientos estuvieron a cargo de personal altamente entrenado.

Para medir las variables antropométricas, se utilizó el protocolo estandarizado por Ross, Marfell-Jones.<sup>13</sup> Se evaluó el peso corporal (kg) utilizando una balanza electrónica (Tanita, United Kingdom, Ltd), con una escala de 0-150 kg y con precisión de 100 g. La altura de pie se evaluó mediante un estadiómetro portátil (Seca GmbH & Co. KG, Hamburg, Germany) con una precisión de 0,1 mm, de acuerdo con el plano de Frankfurt. La altura sentada (altura tronco-cefálica) fue tomada usando un banco de madera con una altura de 50 cm, con una escala de medición de 0 a 150 cm y con una precisión de 1 mm. La circunferencia de la cintura (CC), en 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 4 antropometristas (autores del artículo). El IMC fue calculado con la siguiente fórmula:  $IMC = \text{peso (kg)} / \text{estatura}^2 \text{ (m)}$ .

La maduración biológica se controló por medio de los años de pico de velocidad de crecimiento (APVC). Se predijo por medio de una ecuación de regresión propuesta por Mirwald et al.,<sup>14</sup> Esta técnica permite la clasificación en niveles (positivo o negativo), indicando el tiempo antes o después del pico de velocidad de crecimiento (PVC). El cero (0) significa el momento en que se presentan los APVC. La edad biológica en los hombres representó los niveles desde -7 hasta 3 APVC y, en las mujeres, desde -6 hasta 8 APVC.

El escaneo fue efectuado a través de la DXA (Lunar Prodigy; General Electric, Fairfield, CT). El procedimiento consistió en escanear el cuerpo total (sin cabeza). Las exploraciones se llevaron a cabo en un único laboratorio y con un único densitómetro. Se extrajeron los valores de %G, masa ósea, wMLG y MG. El procedimiento se hizo con los sujetos acostados sobre la plataforma de exploración en posición supina con brazos y piernas extendidos (en pronación). Los tobillos se sujetaron con una cinta de velcro para asegurar el posicionamiento estándar. Se interrogó sobre la presencia de algún tipo de metal en el cuerpo que pudiera impedir el escaneo. La evaluación estuvo a cargo de dos técnicos con amplia experiencia que calibraban el equipo todos los días.

Como control de calidad de las variables recolectadas, se evaluaron dos veces al 10% de la muestra total (189 hombres y 170 mujeres). Se aplicó la técnica de test-retest para la antropometría y el escaneo de DXA. El error técnico de medida (ETM) para las variables antropométricas evidenció valores inferiores al 2,0% y los valores de DXA inferiores a 3,2%.

### Estadística

La distribución normal de los datos se verificó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Se efectuó un análisis estadístico descriptivo de media aritmética y desviación estándar. Las diferencias entre géneros se determinaron por el test de Student para muestras independientes. La relación entre variables se verificó a través del coeficiente de correlación de Pearson. Se desarrollaron cuatro modelos de regresión para predecir la MG (dos para hombres y dos para mujeres). Se efectuó el análisis de regresión múltiple por pasos para identificar la mejor combinación de variables predictivas de la MG. Las ecuaciones se analizaron por medio de  $R^2$ , error estándar de estimación (EEE) y la multicolinealidad por medio del factor de inflación de la varianza (FIV). Se utilizó el plotaje de Bland y Altman<sup>15</sup> para verificar la concordancia entre los valores de la referencia (DXA) con las ecuaciones desarrolladas. Curvas de percentiles suavizadas fueron creadas para la MG para cada edad y sexo basadas en el método Least-Mean-Square algorithm (LMS).<sup>16</sup> Se utilizó el software LMS Chart Maker versión 2.3.<sup>17</sup> Las

TABLA 1. Características antropométricas y de composición corporal de la muestra estudiada

Variables	Hombres (n= 1950)		Mujeres (n= 1643)	
	X	DE	X	DE
Edad cronológica (años)	13,4	3,8	12,4	3,7
Edad biológica (APVC)	14,9	0,9*	11,5	0,7
<b>Antropometría</b>				
Peso (kg)	54,6	19,8*	47,8	16,7
Estatura de pie (cm)	155,4	19,7*	146,5	15,5
Estatura sentado (cm)	81,1	10,5*	77,0	8,6
Circunferencia de cintura (cm)	72,9	12,0*	69,3	11,0
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	21,7	4,6	21,5	4,6
<b>Composición corporal (DXA)</b>				
Masa grasa (kg)	13,7	7,6*	16,8	8,3
Masa libre de grasa (kg)	38,8	14,4*	29,3	9
Masa ósea (kg)	2,1	0,8*	1,6	0,5
Porcentaje de grasa (%G)	26,1	8,7*	35,2	6,4

X: promedio; DE: desviación estándar; APVC: años de pico de velocidad de crecimiento; IMC: índice de masa corporal;

\*: diferencia significativa en relación las mujeres (p <0.005).

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 0,001. Los cálculos fueron en planillas de Excel y en SPSS 16.0.

**RESULTADOS**

Las variables que caracterizan a la muestra estudiada se observan en la *Tabla 1*. Los hombres mostraron mayor peso, estatura de pie, sentados,

CC, masa magra y masa ósea en relación con las mujeres ( $p < 0,001$ ). Por el contrario, las mujeres evidenciaron mayor MG y %G en comparación con los hombres ( $p < 0,001$ ). Los APVC (edad biológica) se presentaron en los hombres a los  $14,9 \pm 0,9$  APVC y, en las mujeres, a los  $11,5 \pm 0,7$  APVC. Además, no hubo diferencias significativas en la edad cronológica y el IMC entre ambos sexos ( $p > 0,05$ ).

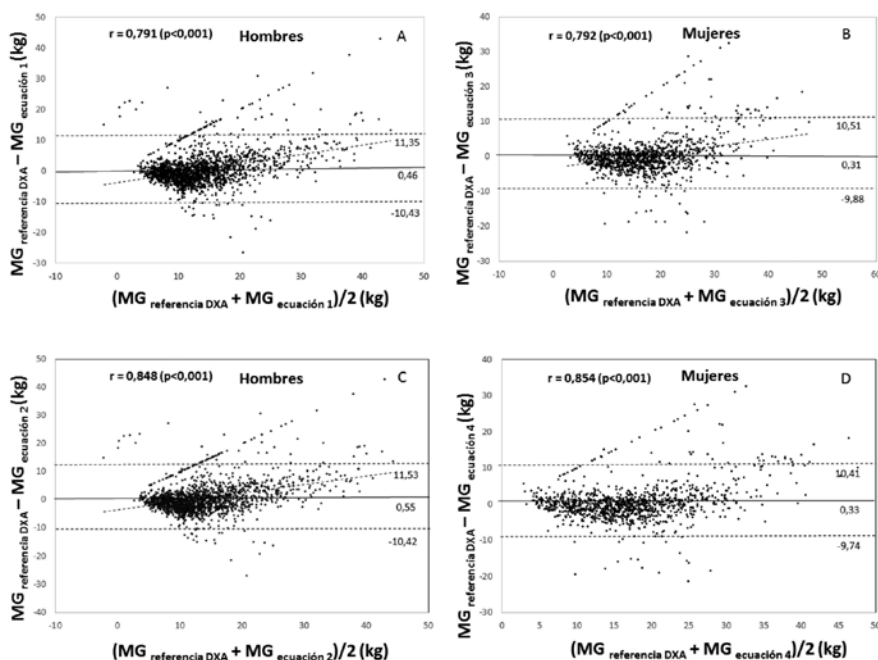
Se propusieron cuatro ecuaciones de regresión (*Tabla 2*) para predecir la MG de niños y adolescentes de ambos sexos. Dos ecuaciones

Tabla 2. Desarrollo de ecuaciones de regresión específicas para estimar la masa grasa de niños y adolescentes

Nº	Ecuaciones	FIV	R	R <sup>2</sup>	EEE	p
<b>Hombres (n= 1950)</b>						
1	MG = -22,059 - 0,45 * edad + 0,573 * CC	Edad CC	1,55 1,55	0,8	0,64	4,65 0,000
2	MG = -29,401 - 0,65 * APVC + 0,58 * CC	APVC CC	1,61 1,61	0,8	0,64	4,64 0,000
<b>Mujeres (n= 1643)</b>						
3	MG = -26,329 + 0,362 * edad + 0,558 * CC	Edad CC	1,47 1,47	0,85	0,73	4,42 0,000
4	MG = -19,779 + 0,459 * APVC + 0,521 * CC	APVC CC	1,71 1,71	0,85	0,73	4,35 0,000

MG: masa grasa; APVC: años de pico de velocidad de crecimiento; CC: circunferencia de la cintura; FIV: factor de inflación de la varianza; EEE: error estándar de estimación.

FIGURA 1. Plotaje de Bland-Altman para la concordancia entre los valores de masa grasa determinados por el método de referencia (DXA) y los estimados por las cuatro ecuaciones específicas: las figuras 1. A y 1. B muestran concordancia con la ecuación 1 y 3. Las figuras 1. C y 1. D, con la ecuación 2 y 4



MG: masa grasa; DXA: absorciometría de rayos X de doble energía.

se fundamentaron en la edad cronológica (ecuación 1 y 3) y dos ecuaciones, en la edad biológica (ecuación 2 y 4). En todos los casos, los valores de inflación oscilaron entre 1,47 y 1,55. El porcentaje de explicación del R ajustado para las dos ecuaciones de los hombres mostró 64%; en el caso de las mujeres, fue de 73%. En todos los casos, los valores del EEE fueron inferiores a 4,65%.

La concordancia entre ambos métodos (referencia y ecuaciones) se observa en la *Figura 1*. Las cuatro ecuaciones desarrolladas para ambos sexos mostraron amplios límites de acuerdo en relación con la referencia. Estos valores fueron desde -10,42 a 11,53 kg para hombres y de -9,74 a 10,51 kg en mujeres. Además, las correlaciones en los cuatro plotajes oscilaron entre 0,79 y 0,85, y fueron altamente significativas ( $p < 0,001$ ).

La *Figura 2* muestra las comparaciones entre los promedios de la referencia (DXA) con las cuatro ecuaciones específicas (dos para hombres, A-C, y dos para mujeres, B-D). En los cuatro casos, no se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ), lo que evidencia que las cuatro ecuaciones reflejan similares resultados frente al método de referencia (DXA).

La distribución de percentiles para evaluar la MG a partir del método de referencia (DXA)

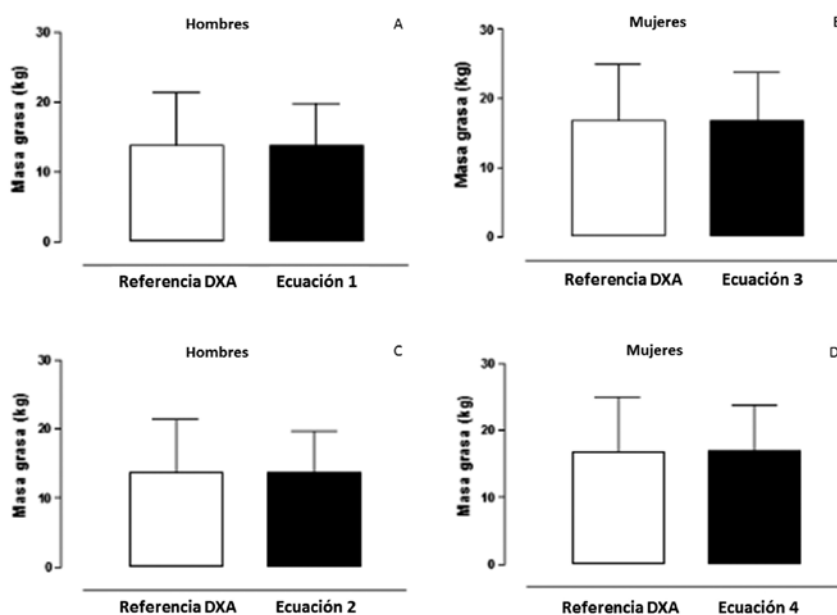
y ecuaciones de regresión se puede observar en las *Tablas 3 y 4*. Los valores de la *Tabla 3* pueden ser utilizados para comparar en función de la edad cronológica y la *Tabla 4*, en función de la edad biológica. En los hombres, los valores de ambos percentiles (referencia vs. ecuaciones) discreparon entre -2,0 y 1,6 kg, mientras que, en las mujeres, entre -2,5 y 2,5 kg. En general, los valores de la mediana en ambos sexos se incrementaron conforme la edad cronológica y biológica aumentaba.

## DISCUSIÓN

Las variables que se han elegido para generar las ecuaciones que predicen la MG son la edad cronológica, la edad biológica y la CC. Estas variables son las que se suelen utilizar en la práctica clínica, en el sistema educativo escolar, en las ciencias del deporte y en investigaciones epidemiológicas.

Estudios anteriores han propuesto ecuaciones de regresión basadas en variables antropométricas y edad cronológica para estimar el %G corporal en muestras pediátricas, en los que consideraron tamaños muestrales pequeños;<sup>18-22</sup> sin embargo, hasta donde se sabe, este es el primer estudio efectuado en Chile en el que se han desarrollado

FIGURA 2. Comparación de medias entre el método de referencia (DXA) con las cuatro ecuaciones desarrolladas (2. A con la ecuación 1, 2. B con la ecuación 3, 2. C con la ecuación 2 y 2. D con la ecuación 4)



DXA: absorciometría de rayos X de doble energía.

ecuaciones de regresión para estimar la MG en un tamaño de muestra representativo y utilizando como método de referencia la DXA.

Las cuatro ecuaciones de regresión desarrolladas evidenciaron moderada precisión en sus coeficientes de regresión según lo descrito en la literatura,<sup>23,24</sup> pues el R<sup>2</sup> mostró 64% de explicación en los hombres y 73% en las mujeres. Además, las ecuaciones propuestas mostraron un buen acuerdo cuando se comparó con la referencia DXA, debido a que los límites del 95% fueron relativamente estrechos, inclusive los coeficientes de correlación reflejaron valores significativos entre 0,79 y 0,85.

Los FIV evidenciaron rangos inferiores a los valores establecidos como normales (> 0,10, < 10,0) según lo descrito por Slinker y Glantz,<sup>25</sup> y los valores del EEE fueron inferiores al 5% sugerido por Lohman.<sup>26</sup> No hubo diferencias

significativas entre la referencia (DXA) y las ecuaciones. Estos resultados sugieren adecuada precisión en la predicción de la MG en niños y adolescentes de la región del Maule (Chile).

Las cuatro ecuaciones de predicción desarrolladas para estimar la MG en escolares de ambos sexos tienen un uso potencial para estudios de gran escala, puesto que permitirán predecir la obesidad de acuerdo con la edad cronológica y biológica. En estas cuatro ecuaciones, se ha incluido la CC, dado que esta variable antropométrica es muy utilizada para evaluar la adiposidad abdominal de diversos grupos etarios. En ese contexto, la antropometría es ampliamente utilizada para desarrollar ecuaciones de regresión para estimar la composición corporal. Esta técnica de campo suele caracterizarse por la facilidad y simplicidad en su uso y por el bajo coste que implica<sup>27</sup> en

TABLA 3. Valores percentílicos a partir del método LMS para evaluar la masa grasa de niños y adolescentes por edad cronológica y sexo

Edad	n	L	M	S	P5	P10	P50	P85	P95	L	M	S	P5	P10	P50	P85	P95
<b>Hombres (n= 1950)</b>																	
<b>Masa grasa por DXA</b>									<b>Masa grasa por ecuación 1</b>								
5,0-5,9	68	-0,41	6,25	0,4	3,5	3,9	6,3	9,9	13,7	0,00	7,44	0,4	3,6	4,3	7,4	11,7	15,2
6,0-6,9	91	-0,38	7,09	0,4	3,8	4,4	7,1	11,4	15,7	0,05	8,36	0,4	4,0	4,8	8,4	13,0	16,9
7,0-7,9	89	-0,35	8,12	0,4	4,3	4,9	8,1	13,1	18,2	0,09	9,29	0,4	4,5	5,3	9,3	14,4	18,5
8,0-8,9	95	-0,32	9,26	0,4	4,9	5,5	9,3	15,1	20,9	0,13	10,15	0,4	4,8	5,7	10,1	15,6	20,0
9,0-9,9	121	-0,31	10,41	0,4	5,4	6,2	10,4	17,1	23,7	0,15	10,90	0,4	5,2	6,2	10,9	16,7	21,2
10,0-10,9	128	-0,32	11,31	0,4	5,8	6,7	11,3	18,6	26,0	0,15	11,48	0,4	5,5	6,6	11,5	17,5	22,1
11,0-11,9	118	-0,33	11,82	0,4	6,1	7,0	11,8	19,6	27,5	0,14	11,88	0,4	5,9	6,9	11,9	17,9	22,6
12,0-12,9	125	-0,36	11,99	0,4	6,2	7,1	12,0	19,9	28,2	0,10	12,23	0,4	6,2	7,2	12,2	18,3	23,0
13,0-13,9	179	-0,39	12,07	0,4	6,3	7,2	12,1	20,1	28,7	0,04	12,78	0,4	6,7	7,8	12,8	18,9	23,8
14,0-14,9	170	-0,43	12,29	0,4	6,5	7,4	12,3	20,5	29,4	-0,02	13,60	0,4	7,5	8,5	13,6	19,9	24,9
15,0-15,9	166	-0,46	12,73	0,4	6,8	7,7	12,7	21,2	30,6	-0,10	14,43	0,3	8,3	9,3	14,4	20,9	26,1
16,0-16,9	200	-0,49	13,28	0,4	7,2	8,1	13,3	22,0	31,9	-0,18	15,07	0,3	8,9	10,0	15,1	21,5	26,8
17,0-17,9	257	-0,52	13,74	0,4	7,6	8,5	13,7	22,7	32,8	-0,26	15,39	0,3	9,5	10,5	15,4	21,6	26,8
18,0-18,9	143	-0,55	14,04	0,4	7,8	8,8	14,0	23,0	33,3	-0,33	15,48	0,3	9,9	10,8	15,5	21,4	26,3
<b>Mujeres (n= 1643)</b>																	
<b>Masa grasa por DXA</b>									<b>Masa grasa por ecuación 3</b>								
5,0-5,9	79	-0,35	7,31	0,4	4,1	4,7	7,3	11,2	14,9	0,49	6,90	0,4	2,8	3,6	6,9	10,4	12,9
6,0-6,9	84	-0,29	8,31	0,4	4,7	5,2	8,3	12,7	16,6	0,40	8,22	0,4	3,7	4,5	8,2	12,3	15,1
7,0-7,9	99	-0,23	9,43	0,4	5,2	5,9	9,4	14,3	18,6	0,31	9,65	0,4	4,7	5,6	9,6	14,2	17,5
8,0-8,9	93	-0,19	10,61	0,4	5,9	6,6	10,6	16,0	20,8	0,23	11,18	0,4	5,8	6,7	11,2	16,2	19,9
9,0-9,9	128	-0,17	11,85	0,4	6,5	7,4	11,8	17,8	23,0	0,15	12,73	0,4	7,0	8,0	12,7	18,1	22,2
10,0-10,9	159	-0,16	13,16	0,4	7,3	8,2	13,2	19,7	25,4	0,08	14,23	0,3	8,2	9,2	14,2	19,9	24,2
11,0-11,9	125	-0,17	14,56	0,4	8,1	9,2	14,6	21,7	27,9	0,03	15,69	0,3	9,4	10,5	15,7	21,6	26,1
12,0-12,9	140	-0,20	16,06	0,4	9,1	10,3	16,1	23,8	30,5	-0,02	17,03	0,3	10,5	11,7	17,0	23,1	27,7
13,0-13,9	109	-0,25	17,51	0,4	10,1	11,4	17,5	25,8	33,0	-0,07	18,23	0,3	11,6	12,8	18,2	24,4	29,1
14,0-14,9	136	-0,30	18,79	0,3	11,1	12,4	18,8	27,5	35,1	-0,12	19,35	0,3	12,7	13,9	19,3	25,6	30,3
15,0-15,9	115	-0,36	19,81	0,3	12,0	13,3	19,8	28,7	36,7	-0,18	20,36	0,3	13,6	14,9	20,4	26,6	31,4
16,0-16,9	132	-0,42	20,58	0,3	12,7	14,0	20,6	29,6	37,8	-0,25	21,24	0,2	14,6	15,8	21,2	27,5	32,2
17,0-17,9	149	-0,49	21,08	0,3	13,3	14,6	21,1	30,1	38,4	-0,33	21,84	0,2	15,3	16,5	21,8	27,9	32,6
18,0-18,9	95	-0,55	21,38	0,3	13,7	15,0	21,4	30,3	38,5	-0,40	22,18	0,2	16,0	17,1	22,2	28,0	32,4

LMS: Least-Mean-Square algorithm; L: coeficiente Box-Cox; M: mediana; S: coeficiente de variación; DXA: absorciometría de rayos X de doble energía.

relación con los métodos de laboratorio o de referencia, que siguen siendo insuficientes para el uso adecuado en la investigación de campo y en la clínica, respectivamente.<sup>10</sup>

En relación con la propuesta de valores referenciales para estimar la MG en función de la edad cronológica y biológica, se han desarrollado percentiles sobre la base de datos generados a partir de la DXA y de ecuaciones de regresión según edad y sexo.

Los puntos de corte adoptados en este estudio son p10, p85 y p95, que reflejan bajo peso graso, normal, sobrepeso y obesidad, respectivamente. Estos parámetros fueron adoptados sobre la base de estudios internacionales, en los que usan el IMC como criterio fundamental para clasificar la adiposidad corporal,<sup>16,28</sup> aunque, en general, la definición de exceso de grasa corporal en poblaciones en crecimiento es un tanto arbitraria.<sup>29</sup> Inclusive, hasta donde se conoce, no hay un

consenso definido respecto a los indicadores o parámetros por usar para definir la obesidad ni mucho menos los puntos de corte para utilizar. Todas las normas referenciales existentes hasta la fecha, ya sean nacionales y/o internacionales, están sujetas a posibles sesgos,<sup>30</sup> que deben ser tomados en cuenta antes de su posible uso y aplicación.

Es importante señalar que este estudio proporciona valores percentílicos de MG evaluados por medio de un método sofisticado (DXA) y un método alternativo (antropométrico). La medición de adiposidad corporal a través de la técnica sofisticada es superior a la de medidas indirectas en términos de precisión,<sup>31</sup> sin embargo, en circunstancias en que no están disponibles equipos sofisticados, es deseable utilizar técnicas ampliamente disponibles y simples, tales como la antropometría,<sup>32</sup> a partir de la cual es posible inferir valores aproximados de MG para diversas poblaciones.

TABLA 4. Valores percentílicos a partir del método LMS para evaluar la masa grasa de niños y adolescentes por edad biológica y sexo

APVC	n	L	M	S	P5	P10	P50	P85	P95	L	M	S	P5	P10	P50	P85	P95
<b>Hombres (n= 1950)</b>																	
<b>Masa grasa por referencia de DXA</b>									<b>Masa grasa por ecuación 2</b>								
-7	41	-0,53	5,50	0,40	3,1	3,5	5,5	8,8	12,3	0,13	6,19	0,49	2,7	3,2	6,2	10,1	13,2
-6	126	-0,44	6,83	0,41	3,8	4,3	6,8	10,9	15,2	0,17	7,47	0,47	3,3	4,0	7,5	11,9	15,4
-5	164	-0,36	8,61	0,42	4,6	5,3	8,6	13,8	19,0	0,19	8,99	0,45	4,0	4,9	9,0	14,1	18,1
-4	184	-0,31	10,46	0,43	5,5	6,3	10,5	16,9	23,2	0,19	10,34	0,44	4,8	5,7	10,3	16,0	20,3
-3	159	-0,30	11,71	0,44	6,1	7,0	11,7	19,1	26,3	0,15	11,22	0,42	5,4	6,4	11,2	17,1	21,7
-2	161	-0,32	12,17	0,44	6,3	7,2	12,2	20,0	27,9	0,07	11,79	0,40	6,0	7,0	11,8	17,8	22,5
-1	169	-0,37	12,30	0,44	6,4	7,3	12,3	20,4	28,8	-0,02	12,58	0,38	6,7	7,7	12,6	18,7	23,7
0	225	-0,43	12,54	0,44	6,7	7,6	12,5	20,9	29,9	-0,11	13,59	0,36	7,6	8,6	13,6	19,9	25,2
1	329	-0,50	13,13	0,43	7,1	8,0	13,1	21,8	31,6	-0,16	14,40	0,35	8,4	9,4	14,4	20,8	26,2
2	321	-0,58	13,88	0,42	7,7	8,7	13,9	23,0	33,8	-0,19	14,92	0,33	8,9	9,9	14,9	21,3	26,6
3	71	-0,66	14,48	0,41	8,3	9,2	14,5	24,0	35,8	-0,21	15,24	0,32	9,2	10,3	15,2	21,5	26,7
<b>Mujeres (n= 1643)</b>																	
<b>Masa grasa por referencia de DXA</b>									<b>Masa grasa por ecuación 4</b>								
-6	69	-0,13	6,72	0,35	3,8	4,3	6,7	9,8	12,3	0,43	5,66	0,43	2,4	3,0	5,7	8,5	10,5
-5	115	-0,12	8,04	0,35	4,6	5,2	8,0	11,7	14,7	0,32	7,24	0,40	3,5	4,1	7,2	10,7	13,2
-4	108	-0,11	9,41	0,35	5,4	6,1	9,4	13,7	17,2	0,20	8,88	0,37	4,6	5,4	8,9	12,9	15,9
-3	103	-0,11	10,72	0,35	6,1	6,9	10,7	15,5	19,5	0,10	10,49	0,35	5,8	6,6	10,5	15,0	18,3
-2	121	-0,11	11,95	0,35	6,9	7,7	11,9	17,3	21,6	0,02	12,02	0,32	7,0	7,9	12,0	16,8	20,4
-1	132	-0,12	13,11	0,35	7,6	8,5	13,1	18,9	23,6	-0,05	13,48	0,30	8,3	9,2	13,5	18,5	22,3
0	107	-0,14	14,26	0,34	8,3	9,3	14,3	20,5	25,6	-0,11	14,82	0,28	9,4	10,4	14,8	19,9	23,8
1	104	-0,17	15,47	0,33	9,1	10,2	15,5	22,1	27,5	-0,15	16,07	0,26	10,6	11,6	16,1	21,2	25,1
2	109	-0,20	16,73	0,33	10,0	11,2	16,7	23,8	29,6	-0,17	17,22	0,25	11,6	12,6	17,2	22,4	26,3
3	114	-0,24	17,92	0,32	10,9	12,1	17,9	25,3	31,5	-0,17	18,24	0,24	12,5	13,6	18,2	23,4	27,2
4	136	-0,27	19,10	0,31	11,8	13,0	19,1	26,9	33,3	-0,16	19,31	0,23	13,5	14,6	19,3	24,5	28,3
5	142	-0,29	20,44	0,31	12,7	14,0	20,4	28,7	35,6	-0,13	20,62	0,22	14,5	15,7	20,6	25,9	29,7
6	147	-0,29	22,08	0,31	13,7	15,1	22,1	31,0	38,4	-0,09	22,29	0,21	15,9	17,1	22,3	27,8	31,7
7	97	-0,29	23,99	0,31	14,9	16,4	24,0	33,7	41,9	-0,06	24,24	0,21	17,4	18,7	24,2	30,0	34,1
8	39	-0,29	26,10	0,32	16,1	17,8	26,1	36,8	45,7	-0,02	26,36	0,20	19,0	20,4	26,4	32,5	36,7

LMS: Least-Mean-Square algorithm; L: coeficiente Box-Cox; M: mediana; S: coeficiente de variación; DXA: absorciometría de rayos X de doble energía.

En ese contexto, independientemente de la técnica utilizada en este estudio, la determinación del exceso de MG en niños y adolescentes podría ser útil para identificar a los individuos con mayor probabilidad de presentar factores de riesgo asociados con la diabetes mellitus tipo 2, enfermedades cardiovasculares, hipertensión y cáncer,<sup>33</sup> así como también sujetos con complicaciones psicosociales derivadas del exceso de grasa corporal.<sup>34</sup>

Los resultados de este estudio no se han diseñado para ser decisivos en los valores que denotan la MG de cada niño y/o adolescente, sino, más bien, representan los niveles típicos de adiposidad que la población de la región del Maule (Chile) podría mostrar actualmente, por lo tanto, los resultados de las evaluaciones pueden ser usados como indicadores de salud y de bienestar, puesto que reflejan las condiciones de nutrición y de vida<sup>35</sup> de un sujeto o, en este caso específico, de una determinada región geográfica. Los resultados de este estudio sugieren su uso y aplicación en contextos clínicos y epidemiológicos.

Las fortalezas de este estudio incluyen el tamaño de la muestra utilizada, el amplio rango de edad (de 5,0 a 18,9 años), el control de la maduración biológica y la generación de ecuaciones para predecir la MG en niños y adolescentes de forma rápida, económica y sencilla. Tiene algunas limitaciones, como, por ejemplo, que las ecuaciones desarrolladas en el estudio pueden no ser válidas para otros grupos étnicos, puesto que no fue posible efectuar la validación cruzada, por ello, deben ser analizadas y utilizadas con precaución. Futuros estudios deben considerar la posibilidad de incluir otros perímetros corporales y pliegues cutáneos en ecuaciones para estimar no solo la MG del cuerpo total, sino también de regiones corporales específicas.

## CONCLUSIÓN

Las ecuaciones generadas mostraron aceptabilidad para determinar la MG para niños y adolescentes de ambos sexos. Se han propuesto valores referenciales para evaluar la MG a través de DXA y de ecuaciones de regresión en función de la edad cronológica y biológica. Estos percentiles pueden ofrecer información adicional en la investigación epidemiológica y clínica para diagnosticar, clasificar, monitorizar y controlar el riesgo de la salud asociado con el sobrepeso y la obesidad en niños y adolescentes. Los

cálculos se pueden efectuar en el siguiente enlace: <http://reidebihu.net/masagrassa.php>. ■

## REFERENCIAS

1. Langer RD, Borges JH, Pascoa MA, et al. Validity of Bioelectrical Impedance Analysis to Estimation Fat-Free Mass in the Army Cadets. *Nutrients* 2016;8(3):121.
2. Seidell JC, Hautvast JG, Deurenberg P. Overweight: Fat distribution and health risks. Epidemiological observations. *A review. Infusions Therapie* 1989;16(6):276-81.
3. Schoenau E, Neu CM, Beck B, et al. Bone Mineral Content per muscle cross-sectional area as an index of the functional muscle-bone unit. *J Bone Miner Res* 2002;17(6):1095-101.
4. Popp KL, Hughes JM, Smock AJ, et al. Bone geometry, strength, and muscle size in runners with a history of stress fracture. *Med Sci Sports Exer* 2009;41(12):2145-50.
5. Goran MI, Driscoll P, Johnson R, et al. Cross-calibration of body composition techniques against dual-energy X-ray absorptiometry in young children. *Am J Clin Nutr* 1996;63(3):299-305.
6. Silva AM, Minderico CS, Teixeira PJ, et al. Body fat measurement in adolescent athletes: Multicompartment molecular model comparison. *Eur J Clin Nutr* 2006;60(8):955-64.
7. Wong WW, Stuff JE, Butte NF, et al. Estimating body fat in African American and white adolescent girls: a comparison of skinfold-thickness equations with a 4-compartment criterion model. *Am J Clin Nutr* 2000;72(2):348-54.
8. Laurson KR, Eisenmann JC, Welk GJ. Body Fat Percentile Curves for U.S. Children and Adolescents. *Am J Prev Med* 2011;41(4 Suppl 2):S87-92.
9. Iuliano-Burns S, Mirwald RL, Bailey DA. Timing and magnitude of peak height velocity and peak tissue velocities for early, average, and late maturing boys and girls. *Am J Hum Biol* 2001;13(1):1-8.
10. Rodríguez G, Moreno LA, Blay MG, et al. Body fat measurement in adolescents: comparison of skinfold thickness equations with dual-energy X-ray absorptiometry. *Eur J Clin Nutr* 2005;59(10):1158-66.
11. Ng M, Fleming T, Robinson M, 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(9945):766-81.
12. Lopez-Legarrea P, Olivares PR, Almonacid-Fierro A, et al. Association between dietary habits and the presence of overweight/obesity in a sample of 21,385 Chilean adolescents. *Nutr Hosp* 2015;31(5):2088-94.
13. Ross WD, Marfell-Jones MJ. Kinanthropometry. In: MacDougall JD, Wenger HA, Geeny HJ, eds. *Physiological testing of elite athlete*. London: Human Kinetics; 1991:223-308.
14. Mirwald RL, Baxter-Jones ADG, Bailey DA, et al. An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34(4):689-94.
15. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;8(8476):307-10.
16. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, et al. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: International survey. *BMJ* 2000;320(7244):1240-3.
17. Pan H, Cole TJ. LMS Chartmaker. 2006. [Acceso: 28 de marzo de 2015]. Disponible en: <http://www.healthforallchildren.co.uk>.
18. Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, et al. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol* 1988;60(5):709-23.



19. Bray GA, DeLany JP, Volaufova J, et al. Prediction of body fat in 12-y-old African American and white children: evaluation of methods. *Am J Clin Nutr* 2002;76(5):980-90.
20. Parker L, Reilly JJ, Slater C, et al. Validity of six field and laboratory methods for measurement of body composition in boys. *Obes Res* 2003;11(7):852-8.
21. Gómez-Campos R, De Marco A, Arruda M, et al. Predicción de ecuaciones para el porcentaje de grasa a partir de circunferencias corporales en niños pre-púberes. *Nutr Hosp* 2013;28(3):772-8.
22. Duarte M, Flores Ruelas Y, López-Alcaraz F, et al. Correlation between percentage of body fat measured by the Slaughter equation and bio impedance analysis technique in Mexican schoolchildren. *Nutr Hosp* 2014;29(1):88-93.
23. Cameron N, Griffiths PL, Wright MM, et al. Regression equations to estimate percentage body fat in African prepubertal children aged 9 y. *Am J Clin Nutr* 2004;80(1):70-5.
24. Gartner A, Dioum A, Delpeuch F, et al. 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(3):523-31.
25. Slinker BK, Glantz SA. Multiple regression for physiological data analysis: the problem of multicollinearity. *Am J Physiol* 1985; 249(1 Pt 2): R1-12.
26. Lohman TG. Dual energy X-ray absorptiometry. In Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG, eds. *Human Body Composition*. Champaign, IL: Human Kinetics; 1996:63-78.
27. Moon JR, Tobkin SE, Smith AE, et al. Anthropometric estimations of percent body fat in NCAA Division I female athletes: a 4-compartment model validation. *J Strength Cond Res* 2009;23(4):1068-76.
28. Kuczmarski RJ, Ogden CL, Guo SS, et al. 2000 CDC Growth charts for the United States: Methods and development. *Vital Health Stat* 2002;(246):1-190.
29. Moreno LA, Mesana MI, González-Gross M, et al. Anthropometric body fat composition reference values in Spanish adolescents. The AVENA Study. *Eur J Clin Nutr* 2005;60(2):191-6.
30. Gómez-Campos R, de Arruda M, Hespanhol JE, et al. Referencial values for the physical growth of school children and adolescents in Campinas, Brazil. *Ann Hum Biol* 2015;42(1):62-9.
31. Dencker M, Thorsson O, Lindén C, et al. BMI and objectively measured body fat and body fat distribution in prepubertal children. *Clin Physiol Funct Imaging* 2007;27(1):12-6.
32. Bibiloni Mdel M, Pons A, Tur JA. Defining Body Fatness in Adolescents: A Proposal of the Afad-A Classification. *PLoS One* 2013;8(2):e55849.
33. Gade W, Schmit J, Collins M, et al. Beyond obesity: the diagnosis and pathophysiology of metabolic syndrome. *Clin Lab Sci* 2010;23(1):51-61.
34. Millstein RA, Carlson SA, Fulton JE, et al. Relationships between body size satisfaction and weight control practices among US adults. *Medscape J Med* 2008;10(5):119.
35. Molinari L, Gasser T, Largo R. TW3 bone age: RUS/CB and gender differences of percentiles for score and score increments. *Ann Hum Biol* 2004; 31(4):421-35.

*“Escuchen a sus pacientes, les estarán diciendo su diagnóstico.”*

Willian Osler

*“De un gran hombre hay siempre algo que aprender aunque esté callado.”*

Séneca