



Revisión

Evaluación de la composición corporal en niños y adolescentes: directrices y recomendaciones

Assessment body composition in children and teens: guidelines and recommendations

Cristian Curilem Gatica^{1,7}, Atilio Almagià Flores^{1,7}, Fernando Rodríguez Rodríguez^{1,7}, Tuillang Yuing Farias^{1,7}, Francisco Berral de la Rosa^{2,7}, Cristian Martínez Salazar^{3,7}, Carlos Jorquera Aguilera^{4,7}, Carlos Bahamondes Ávila^{4,7}, Patricio Solís Urra^{1,7}, Carlos Cristi Montero^{1,7}, José Bruneau Chávez^{5,7}, Juan Pinto Aguilante^{1,7} y Luis Niedmann Brunet^{6,7}

¹Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso, Chile. ²Universidad Pablo de Olavide. Sevilla, España. ³Universidad de la Frontera. Temuco, Chile. ⁴Universidad Mayor. Temuco, Chile. ⁵Universidad Autónoma de Chile. Chile. ⁶Centro de Alto Rendimiento. (CAR). Chile. ⁷Sociedad Chilena de Antropometría (SOCHA). Valparaíso, Chile

Resumen

El índice de masa corporal (IMC) otorga uno de los índices más usados para determinar el estado nutricional de la población a nivel mundial, donde a pesar de existir recomendaciones claras y definidas para su interpretación como el sexo, edad, raza, entre otros, normalmente se estandariza su clasificación, independiente de las variables, aumentando el error en el resultado y en la clasificación del estado nutricional.

El uso de la composición corporal a través de la antropometría entrega mayor información que el IMC, siendo la masa grasa y la masa muscular los principales resultados útiles.

Este artículo presenta una revisión de las ecuaciones existentes y propone aquellas más simples y con menor error de estimación para ser usadas como una herramienta que reemplace o complemente al IMC, favoreciendo una mejor comprensión e interpretación del estado nutricional y nivel de actividad física en niños y adolescentes.

Palabras clave:

IMC. Composición corporal. Niños y adolescentes.

Abstract

The body mass index (BMI) provides one of the indices used to determine the nutritional status of the population worldwide, where despite the existence of clear recommendations for interpretation and defined as gender, age, race, etc. usually their classification, independent of the variables is standardized, increasing the error in the result and classification of nutritional status.

The use of body composition through anthropometry, delivers more information than BMI, being fat mass and muscle mass leading useful results.

This article presents a review of existing and proposed those equations simpler and less error estimate to be used as a tool to replace or supplement to BMI, promoting a better understanding and interpretation of nutritional status and level of physical activity in children and adolescents.

Key words:

BMI. Body composition. Children and adolescents.

Recibido: 28/08/2015
Aceptado: 02/03/2016

Curilem Gatica C, Almagià Flores A, Rodríguez Rodríguez F, Yuing Farias T, Berral de la Rosa F, Martínez Salazar C, Jorquera Aguilera C, Bahamondes Ávila C, Solís Urra P, Cristi Montero C, Bruneau Chávez J, Pinto J, Niedmann Brunet L. Evaluación de la composición corporal en niños y adolescentes: directrices y recomendaciones. Nutr Hosp 2016;33:734-738

DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.285>

Correspondencia:

Fernando Rodríguez Rodríguez. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
Avda. El Bosque 1290. Valparaíso, Región de Valparaíso, Chile
e-mail: fernando.rodriguez@ucv.cl

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la estimación de la composición corporal en los niños ha cobrado gran relevancia a causa de la creciente prevalencia de la obesidad en las primeras etapas de la vida y sus mencionados efectos adversos sobre el estado de salud, junto a la falta de precisión que provoca el uso del índice de masa corporal (IMC), al no discriminar las diferencias existentes en el tejido graso, muscular y óseo (1), ni mucho menos su distribución. También existe una gran variabilidad en la asociación del IMC y el tejido graso, que podría deberse a los cambios fisiológicos de los niños, el nivel de maduración puberal y el sexo de los sujetos (2). Durante el proceso de crecimiento y desarrollo se producen una serie de cambios en la composición corporal, principalmente en el almacenamiento y distribución del tejido muscular, óseo y graso, de acuerdo a la edad y el sexo (3) que son importantes de determinar en los niños. Por esto, la antropometría juega un rol fundamental en el análisis de la composición corporal al evaluar el crecimiento y el estado nutricional, con el objetivo de obtener información acerca del estado de salud de una persona o de una población específica (4). El monitoreo de la composición corporal durante la etapa escolar es importante, pues muchos aspectos de esa composición, como el tejido graso y magro son predictivos de las características físicas en la edad adulta (5). La evaluación nutricional a través de la evaluación antropométrica, como un económico método utilizable en las escuelas, es esencial, ya que permite determinar problemas de salud y mejorar los hábitos saludables en escolares (6). Por tanto, contar con instrumentos confiables y metodologías válidas es imprescindible, con el fin de diseñar estrategias de prevención y promoción para producir mejoras integrales de la salud. Este trabajo intenta demostrar las opciones y la gran utilidad que entrega la antropometría como una técnica confiable, no invasiva, de bajo costo y válida, que permita evaluar la morfo-estructura de niños y adolescentes, favoreciendo una profundización en el análisis.

ÍNDICE DE MASA CORPORAL EN ESCOLARES

El IMC es un indicador que se utiliza ampliamente para diagnosticar el estado nutricional de los escolares, sin considerar la madurez biológica de los mismos (7). Las diferencias en el resultado del IMC por estadios de Tanner (1962) sugieren que en la evaluación individual de niños y niñas, con madurez biológica por fuera de los rangos de normalidad (maduradores tempranos y tardíos), se debe considerar el desarrollo puberal alcanzado para una calificación más adecuada del estado nutricional (8), considerando por ejemplo, las diferencias en la masa muscular que modifican el peso. En la actualidad existen varios estándares para este índice en niños y adolescentes realizados en diferentes países y estos tienen diferencias significativas a igual percentil (6).

Col y cols. señalan que los puntos de corte para la clasificación del IMC varían entre países, considerando un rango (Z-score) para diversas poblaciones, en tanto es necesario para mejor precisión en la medición considerar el sexo, la edad y el país (9,10).

El criterio actual para el diagnóstico de la obesidad en niños y adolescentes es más estadístico que biológico, donde normalmente se aplica un estándar universal de distribución por percentiles, o quienes con menos certeza usan los valores equivalentes al índice de masa corporal de riesgo y obesidad del adulto (11). Asimismo, este índice no refleja fielmente los cambios de la composición corporal que ocurren durante la adolescencia, por lo que hacer una valoración solamente con este índice es insuficiente para diagnosticar sobrepeso, o un estado nutricional de manera correcta, siendo muy importante detallar los componentes corporales (12). Una de las principales limitaciones del IMC corresponde a que su incremento podría deberse al aumento de la masa magra, considerando además que su relación con el tejido graso es relativo y que varía de acuerdo con la edad, el sexo, el tipo de población y el grado de madurez sexual, incluso si el evaluado realiza ejercicio o deporte, lo que en muchos provoca un aumento de masa muscular y una disminución de su grasa corporal, dependiendo del tipo de ejercicio y periodicidad de este, el IMC no lo determina. Se ha establecido que la distribución del tejido graso en la región abdominal, más específicamente el tejido peri visceral (mesenterios y omentos), se asocia con mayor riesgo de enfermedad cardiovascular, diabetes mellitus tipo II y cáncer, entre otras enfermedades (13), sin tener necesariamente un IMC de Sobrepeso u Obeso. El IMC no puede proveer información de la distribución del tejido graso, pudiendo enmascarar el verdadero riesgo de obesidad en niños y adolescentes (14). Se trata de un aspecto que merece especial consideración, pues se ha observado que el tejido graso central abdominal se ha incrementado mucho más que el tejido graso total en niños y el IMC sería un indicador menos sensible a esta diferencia (15).

METODOLOGÍAS SIMPLES PARA LA EVALUACIÓN

La creciente prevalencia de obesidad escolar, con su alto nivel de morbilidad, exige contar con herramientas sencillas, confiables y estandarizadas para detectar riesgo de salud en los niños (5). Frente a esto, la aplicación práctica del perímetro de cintura y su asociación con factores de riesgo cardiovascular, además de la correlación fuerte con el área grasa visceral, medida por tomografía computarizada, son características que lo volvieron el indicador de grasa abdominal más utilizado (16). Aunque el perímetro de cintura se ha difundido mucho, hay descripciones diferentes de los lugares anatómicos donde se debe hacer la medición y, consecuentemente, ausencia de consenso entre los investigadores y protocolos publicados, lo que puede generar conflictos al evaluar la comparación de los resultados de diferentes trabajos (17). Al respecto, la Sociedad Internacional de Avances en Kineantropometría (ISAK) indica que la medición del perímetro de cintura mínima debe realizarse mediante una cinta inextensible de acero flexible calibrada en centímetros con gradaciones en milímetros, en el nivel del punto más estrecho entre la última costilla y la cresta iliaca; si la zona más estrecha no es aparente, entonces la lectura se realiza en el punto medio entre estas dos marcas. El evaluador se para en frente del sujeto para

localizar correctamente la zona más estrecha o reducida. La medición se realizará al final de una espiración normal, con los miembros superiores relajados a los costados del cuerpo (16).

Actualmente se ha incorporado el índice cintura/estatura como una sencilla medida antropométrica complementaria, que presenta una buena correlación con los indicadores de riesgo cardiovascular en niños y adolescentes. En niños, tanto la medición del IMC como del perímetro de cintura requiere la comparación con tablas de percentiles según sexo y edad, lo que aumenta el tiempo de análisis y el error de estimación. En cambio, el índice cintura/estatura es rápido y fácil de calcular en la práctica diaria, ya que no requiere comparación con tablas de percentiles (18). En niños y adolescentes la literatura reciente destaca el uso de un punto de corte de $> 0,5$ para el índice cintura/estatura y que su incremento se correlaciona con el aumento de factores de riesgo cardiovasculares y metabólicos adversos, independiente de la edad, el sexo y el origen étnico (16).

UTILIDAD DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL

La antropometría se ha usado como un método de evaluación de la obesidad y el sobrepeso a través de la medición de pliegues

cutáneos, que permiten estimar la cantidad de tejido graso total del cuerpo, el cual depende del número de pliegues y su ubicación, así como de la ecuación utilizada (19). La estimación del componente graso y la relación con el riesgo cardiovascular, especialmente por la masa grasa en la zona abdominal, permite determinar con mejor precisión el riesgo, a diferencia de como lo hace el IMC.

La valoración del componente muscular es fundamental, y considerando la importancia metabólica sobre el gasto energético que tiene este componente, y de la capacidad funcional que otorga la masa muscular normal, hace que su importancia sea mucho mayor que la masa grasa.

Existen diferentes ecuaciones en la literatura para determinar el componente graso (Tabla I), diseñadas para la población infantil y adolescente, según la edad y el sexo. Entre estas metodologías se encuentran las que determinan la densidad corporal total, y de este modo estimar el porcentaje graso, entre ellos los métodos de Lohman (20) y Weststrate (21), los cuales determinan la densidad corporal en laboratorio para determinar el componente graso sin utilizar medidas antropométricas (Tabla I), lo que es poco práctico para el uso cotidiano.

En la tabla II se muestran varios métodos que utilizan la sumatoria de pliegues cutáneos para obtener la densidad corporal total (22-28), donde los principales son subescapular y el supra

Tabla I. Ecuaciones para estimar el porcentaje de masa grasa

Autor	Población	Ecuación
Lohman y cols. (1984)	Pre-adolescentes/niños	(Hombres y mujeres) Masa grasa % = $530/D - 489$
Weststrate & Deurenberg (1989)	10-18 años	(Hombres) Masa grasa % = $(553 - 7,3 [\text{edad} - 10])/D - (514 - 8 [\text{edad} - 10])$ (Mujeres) Masa grasa % = $(562 - 4,2 [\text{edad} - 2])/D - (525 - 4,7 [\text{edad} - 2])$

Tabla II. Ecuaciones para estimar la densidad corporal

Brook (1971)	1-11 años	(Niñas) $D = 1,2063 - 0,0999 (\text{LOG } \Sigma 4 \text{ pliegues})$ (Niños) $D = 1,1690 - 0,0788 (\text{LOG } \Sigma 4 \text{ pliegues})$
Durnin & Rahaman (1967)	13-15,9 años	(Mujeres 13-15,9 años) $D = 1,1369 - 0,0598 (\text{LOG } \Sigma 4 \text{ pliegues})$ (Hombres 13-15,9 años) $D = 1,1533 - 0,0643 (\text{LOG } \Sigma 4 \text{ pliegues})$
Durnin & Womersley (1974)	16-19,9 años	(Mujeres 16-19,9 años) $D = 1,1549 - 0,0678 (\text{LOG } \Sigma 4 \text{ pliegues})$ (Hombres 16-19,9 años) $D = 1,162 - 0,063 (\text{LOG } \Sigma 4 \text{ pliegues})$
Johnston y cols. (1988)	8-14 años	(Niñas) $D = 1,144 - 0,06 (\text{LOG } \Sigma 4 \text{ pliegues})$ (Niños) $D = 1,166 - 0,07 (\text{LOG } \Sigma 4 \text{ pliegues})$
Deurenberg y cols. (1990)	Niña púber Niño púber Niña pospuberal Niño pospuberal	$D = 1,1074 - 0,0504 (\text{LOG } \Sigma 4 \text{ pliegues}) + 1,6 (\text{edad } 10^{-3})$ $D = 1,0555 - 0,0352 (\text{LOG } \Sigma 4 \text{ pliegues}) + 3,8 (\text{edad } 10^{-3})$ $D = 1,183 - 0,0813 (\text{LOG } \Sigma 4 \text{ pliegues})$ $D = 1,1324 - 0,0429 (\text{LOG } \Sigma 4 \text{ pliegues})$
Sarría y cols. (1998)	11-16,9 años	(Niños 11-13,9 años) $D = 1,1516 - 0,0658 (\text{LOG } \Sigma 4 \text{ pliegues})$ (Niños 14-16,9 años) $D = 1,169 - 0,0693 (\text{LOG } \Sigma 4 \text{ pliegues})$
Wilmore & Behnke (1970)	Mujeres jóvenes	$D = 1,06234 - 0,00068 \text{ pliegue subescapular} - 0,00039 \text{ pliegue tricipital} - 0,00025 \text{ pliegue muslo}$

D: densidad (kg/l); $\Sigma 4$ pliegues: bíceps + tríceps + subescapular + supra iliaco (mm).

iliaco, pero que no consideran medidas de los miembros inferiores, dejando de lado estas esenciales regiones que presentan gran importancia para la funcionalidad motriz de los niños (28).

Por otra parte estas ecuaciones “doblemente indirectas” suman el error estándar de estimación (EEE) del cálculo de la densidad, con el EEE de la ecuación de regresión para obtener la masa grasa (18), siendo las más imprecisas.

Con relación a la determinación de la masa muscular (Tabla III), las ecuaciones de Frisancho (1981) y Heymsfield (1982) determinan el área muscular braquial sin considerar medidas de los miembros inferiores (29-31); y por otro lado, Lee (32), que no utiliza variables ni puntos de medición, favorece su aplicación práctica, pero con menor validez.

ALGUNAS RECOMENDACIONES

Para la estimación de la composición corporal de campo, se requiere de métodos de evaluación accesibles precisos, rápidos y reproducibles, tanto en el ámbito escolar, como en el clínico e investigativo.

En la búsqueda de las metodologías disponibles (Tabla IV) proponemos los protocolos diseñados por Poortmans (33) para cuantificar el componente muscular, debido a que esta metodología es aplicable a niños, niñas y adolescentes de 7-16 años de edad, además de que su relación con DEXA (Dual Energy X-ray Absorciometry) le otorga una validez con valor de R² = 0,96.

Del mismo modo, Slaughter (34) valida su método en DEXA para niños y adolescentes de 8 a 18 años, con un EEE del 3,8%, siendo un método breve y con buena validez.

Ambos métodos son propuestos debido a su práctica aplicación y alta correlación en niños y adolescentes (35,36), los cuales consideran variables de los miembros apendiculares, permitiendo la obtención de resultados confiables para profesionales de la salud y la educación, y así diagnosticar condicionantes de la salud y favorecer una intervención efectiva para el diseño de políticas que vayan en mejora de los estilos de vida de la población escolar.

Es importante destacar que la utilización de ecuaciones de predicción basadas en variables antropométricas son aplicables siempre y cuando se reproduzcan las mismas medidas y puntos de medición originales, considerando la pertinencia de cada grupo etario, el sexo, la etnia, entre otras variables, favoreciendo un bajo error de medición, lo cual se consigue con un riguroso proceder en el proceso evaluativo (36), sin olvidar que las comparaciones de valores obtenidos en ecuaciones distintas es inapropiada, ya que las variables, las constantes y las consideraciones para cada ecuación difieren entre unas y otras.

Finalmente, la tarea es especializar a los profesionales interesados en esta disciplina científica para que comiencen a utilizar estrategias de evaluación más eficaces, que les permita realizar un análisis más profundo del estado nutricional a través de la evaluación de la composición corporal.

Tabla III. Ecuaciones para estimar masa muscular

Autor	Ecuación
Frisancho (1981)	Área muscular brazo (mm ²) = (perímetro brazo - π pliegue tricípital ²)/4π
Heymsfield y cols. (1982)	(Hombres) Área muscular braquial (cm ²) = ((perímetro brazo relajado - (π * pliegue tricípital)) ² / 4 * π) - 10 (Mujeres) Área muscular braquial = ((perímetro brazo relajado - (π * pliegue tricípital)) ² / 4 * π) - 6,5 Masa muscular (kg) = estatura (cm) * (0,0264 + [0,0029 * Área muscular braquial])
Lee y cols. (2000)	Masa muscular (kg) = 0,226 x Peso + 13 x Estatura x (-0,089) x Edad + 6,3 x Sexo + Raza - 11 Sexo (1 = masculino) (0 = femenino); Raza (-1,6 = asiático) (1,9 = afroamericano) (0 = blanco)

Tabla IV. Ecuaciones antropométricas para estimar masa grasa y masa muscular en adolescentes

Masa grasa	Slaughter (1988)
Niños:	% masa grasa = 0,735*(pliegue tricípital [mm] + pliegue pierna medial [mm]) + 1,0
Niñas:	% masa grasa = 0,610*(pliegue tricípital [mm] + pliegue pierna medial [mm]) + 5,1
Masa muscular	Poortmans (2005)
Masa muscular (kg)	Estatura * ([0,0064*perímetro brazo corregido ²] + [0,0032* perímetro muslo corregido ²] + [0,0015*perímetro pierna corregido ²] + [2,56*sexo] + [0,136*edad])
Perímetro brazo corregido = Perímetro brazo relajado - (pliegue tríceps/10) Perímetro muslo corregido = Perímetro muslo medio - (pliegue muslo anterior/10) Perímetro pierna corregido = Perímetro pierna - (pliegue pierna/10) Perímetros (cm); estatura (m); pliegue (mm); mujer = 0; hombre = 1; edad = años	

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección de Investigación e Innovación de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso por su constante apoyo y una mención especial a la Sociedad Chilena de Antropometría, que da sus primeros pasos académicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Marques A, Moreira E, Oliveira V, Guerra G. Cross-sectional study of the association of body composition and physical fitness with bone status in children and adolescents from 11 to 16 years old. *BMC Pediatrics* 2013;1-7.
- Arruda G, Fernandes R, Christofaro D, Oliveira A. Relação entre idade cronológica, indicadores de adiposidade corporal e aptidão física relacionada a saúde em meninos e meninas. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte* 2013;24-9.
- Barnett T, Maximova K, Sabiston C, Van Hulst A, Brunet J, Castonguay A, et al. Physical activity growth curves relate to adiposity in adolescents. *Annals of epidemiology* 2013;529-33.
- Lakshmi S, Metcalf B, Joglekar C, Yajnik C, Fall C, Wilkin T. Differences in body composition and metabolic status between white UK and asian indian children (earlybird 24 and the pune maternal nutrition study). *Pediatric Obesity* 2012;347-54.
- Gomez Z, Romero E, Hernandez A, Verdin H, Figueroa R, Lopez Y, et al. Estado nutricional y perfil de lípidos en adolescentes de una escuela rural. *Revista Mexicana de Pediatría* 2013;5-9.
- Gotthelf S, Mendes M. Hipertensión arterial y su asociación con variables antropométricas en adolescentes escolarizados de la ciudad de Salta (Argentina). *Rev Fed Arg Cardiol* 2012;96-102.
- Dias I, Panazzolo D, Marques M, Paredes B, Souza M, Manhanini D, et al. Relationships between emerging cardiovascular risk factors, z-BMI, waist circumference and body adiposity index (BAI) on adolescents. *Clinical Endocrinology* 2013;667-74.
- Rodríguez L, Díaz M, Ruiz V, Hernández H, Herrera V, Montero M, et al. Relación entre lípidos séricos y glucemia con índice de masa corporal y circunferencia de la cintura en adolescentes de la secundaria básica protesta de Baragua-Cuba. *Perspectivas en Nutrición Humana* 2013;135-48.
- Cole TJ, Flegal KM, Nicholls D, Jackson AA. Body mass index cut offs to define thinness in children and adolescents: international survey. *BMJ* 2007;335(7612):194. DOI: 10.1136/bmj.39238.399444.55
- Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ* 2000;320(7244):1240-43.
- Dalsasso G, García C, Tittoni A. Anthropometric profile and abdominal adiposity of school children aged between 6 and 10 years in southern Brazil. *Brazilian Journal of Kineanthropometry and Human Performance* 2012;636-46.
- Díaz J, Espinoza O. Determinación del porcentaje de masa grasa, según mediciones de perímetros corporales, peso y talla: un estudio de validación. *Int J Morphol* 2012;1604-10.
- Vogt F, Fossati F. Indicadores antropométricos de obesidade como preditores de pressão arterial elevada em adolescentes. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2013;338-49.
- Moser D, Back I, Kapp A, Reis A, Coelho M, Leite N. Anthropometric measure and blood pressure in school children. *Jornal de Pediatría* 2013;243-9.
- Moreno L, Moliner D, Ruiz J, Mesana M, Vicente G, Rodríguez G, et al. Five year trends on total and abdominal adiposity in Spanish adolescents. *Nutrición Hospitalaria* 2012;731-8.
- Gontijo T, Barufaldi L, Schlussek M, Lisboa W, Soares M, Schuch I. Waist circumference and waist circumference to height ratios of Kaingang indigenous adolescents from the state of Rio grande do soul, Brazil. *Cad Saude Publica* 2012;2053-62.
- Ferreira F, Mota J, Duarte J. Prevalencia de excesso de peso e obesidade em estudantes adolescentes do distrito de castelo branco: um estudo centrado no índice de massa corporal, perímetro da cintura e percentagem de massa gorda. *Revista Portuguesa de Saude Publica* 2012;47-54.
- Barbosa L, Cardoso O, Ribeiro R. Anthropometric and body composition parameters to predict body fat percentage and lipid profile in schoolchildren. *Rev Paul Pediatr* 2012;520-8.
- Martínez C, Reinike O, Silva H, Carrasco V, Collipal E, Jiménez C. Composición corporal y estado nutricional de una muestra de estudiantes de 9 a 12 años de edad de colegios municipalizados de la comuna de Padre las casas, región de la Araucanía-Chile. *Int J Morphol* 2013;425-31.
- Lohman T, Slaughter M, Boileau R, Bunt J, Lussier L. Bone mineral measurements and their relation to body density in children, youth and adults. *Human Biology* 1984;667-79.
- Weststrate J, Deurenberg P. Body composition in children: proposal for a method for calculating body fat percentage from total body density or skinfold-thickness measurements. *Am J Clin Nutr* 1989;1014-115.
- Brook C. Determination of body composition of children from skinfold measurements. *Archives of Disease in Childhood* 1971;182-6.
- Durnin J, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr* 1974;77-98.
- Durnin J, Rahaman M. The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness. *Br J Nutr* 1967;681-90.
- Johnston J, Leong M, Checkland E, Zuberbuhler P, Conger P, Quinney H. Body fat assessed from body density and estimated from skinfold thickness in normal children and children with cystic fibrosis. *Am J Clin Nutr* 1988;1362-6.
- Deurenberg P, Pieters J, Hautvast J. The assessment of the body fat percentage by skinfold thickness measurements in childhood and young adolescence. *British Journal of Nutrition* 1990;293-303.
- Sarría A, García L, Moreno L, Fleita J, Morello M, Bueno M. Skinfold thickness measurements are better predictors of body fat percentage than body mass index in male Spanish children and adolescents. *European Journal of Clinical Nutrition* 1998;573-6.
- Wilmore, J, Behnke A. An anthropometric estimation of body density and lean body weight in young women. *The American Journal of Clinical Nutrition* 1970;267-74.
- Rodríguez F, Almagià A, Berral F. Regression equation from dual energy X ray absorptiometry (DEXA) for estimating muscle mass segment. *Int J Morphol* 2012;550-6.
- Frisancho, A. New norms of upper limb fat and muscle areas for assessment of nutritional status. *Am J Clin Nutr* 1981;2540-5.
- Heymsfield S, MacManus C, Smith J, Stevens V, Nixon D. Anthropometric measurement of muscle mass: revised equations for calculating bone-free arm muscle area. *The American Journal of Clinical Nutrition* 1982;680-90.
- Lee R, Wang Z, Heo M, Ross R, Janssen I, Heymsfield S. Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *The American Journal of Clinical Nutrition* 2000;796-803.
- Poortmans J, Boisseau N, Moraine J, Moreno R, Goldman S. Estimation of total-body skeletal muscle mass in children and adolescents. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2005;316-23.
- Slaughter M, Lohman T, Boileau R, Horswill C, Stillman R, Van Loan M, et al. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Human Biology* 1988;709-23.
- Rodríguez G, Moreno L, Blay M, Fleita G, Sarría A, Bueno M. Body fat measurement in adolescents: comparison of skinfold thickness equations with dual-energy X-ray absorptiometry. *European Journal of Clinical Nutrition* 2005;1158-66.
- Alvero J, Cabañas M, Herrero A, Martínez L, Moreno C, Porta J, et al. 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* 2009;166-79.