



Trabajo Original

Valoración nutricional

Desarrollo de ecuaciones antropométricas para predecir el porcentaje de grasa corporal total en niños y adolescentes chilenos

Development of anthropometric equations for predicting total body fat percentage in Chilean children and adolescents

Camilo Urrea-Albornoz¹, Marco Cossio-Bolaños¹, Luis Urzua-Alul², Anderson Márques de Moraes³, Evandro Lazari⁴, Wilbert Cossio Bolaños⁵, Luis Felipe Castelli Correia de Campos⁶, Cristian Luarte Rocha⁷, Rossana Gómez-Campos¹

¹Universidad Católica del Maule. Talca, Chile. ²Escuela de Kinesiología. Facultad de Salud. Universidad Santo Tomás. Chile. ³Faculdade de Educação Física. Pontificia Universidade Católica de Campinas. Campinas, Sao Paulo. Brasil. ⁴Faculdade de Ciências Aplicadas – UNICAMP. Campinas, Sao Paulo. Brasil. ⁵Escuela de Estomatología. Universidad Privada San Juan Bautista. Lima, Perú. ⁶Universidad del Bio Bio. Chillán, Chile. ⁷Facultad de Educación. Universidad San Sebastián. Concepción, Chile

Resumen

Introducción: estudiar el porcentaje de grasa corporal (%GC) en niños y adolescentes es muy relevante, puesto que un elevado nivel de grasa corporal en la infancia y la adolescencia representa sobrepeso y obesidad.

Objetivo: identificar los indicadores antropométricos que se relacionan con el %GC y validar ecuaciones de regresión para predecir el %GC de niños y adolescentes a partir del uso de la absorciometría de rayos X de doble energía (DXA) como método de referencia.

Métodos: se diseñó un estudio descriptivo (transversal) en 1126 escolares (588 hombres y 538 mujeres) de la región del Maule (Chile). El rango de edad oscila desde los 6,0 hasta los 17,9 años. Se evaluaron el peso, la estatura, dos pliegues cutáneos (tricipital y subescapular) y la circunferencia de la cintura (CC). Se calcularon el índice de masa corporal (IMC), el índice ponderal (IP) y el índice cintura-estatura (ICE). Se evaluó el porcentaje de grasa corporal (%GC) por medio del escaneo DXA.

Resultados: las relaciones entre Σ (Tricipital + Subescapular), IP e ICE con el %GC (DXA) fueron de $R^2 = 52-54\%$ en hombres y $R^2 = 41-49\%$ en mujeres. Las ecuaciones generadas para los hombres fueron: $\%GC = 9,775 + [(0,415 * (Tr + SE)) + (35,084 * ICE) - (0,828 * edad)]$, $R^2 = 70\%$, y $\%GC = 20,720 + [(0,492 * (Tr + SE)) + (0,354 * IP) - (0,923 * edad)]$, $R^2 = 68\%$; y para mujeres: $\%GC = 8,608 + [(0,291 * (Tr + SE)) + (38,893 * ICE) - (0,176 * edad)]$, $R^2 = 60\%$, y $\%GC = 16,087 + [(0,306 * (Tr + SE)) + (0,818 * IP) - (0,300 * edad)]$, $R^2 = 59\%$.

Conclusión: este estudio demostró que la sumatoria de los pliegues cutáneos tricipital y subescapular, el IP y el ICE son adecuados predictores del %GC. Estos indicadores permitieron desarrollar dos ecuaciones de regresión aceptables en términos de precisión y exactitud para predecir el %GC en niños y adolescentes de ambos sexos.

Palabras clave:

Porcentaje de grasa corporal. DXA. Ecuaciones. Niños. Adolescentes.

Recibido: 05/04/2021 • Aceptado: 24/07/2021

Conflicto de intereses: los autores declaran no tener conflicto de interés.

Urrea-Albornoz C, Cossio-Bolaños M, Urzua-Alul L, Márques de Moraes A, Lazari E, Cossio Bolaños W, Castelli-Correia LF, Luarte Rocha C, Gómez-Campos R. Desarrollo de ecuaciones antropométricas para predecir el porcentaje de grasa corporal total en niños y adolescentes chilenos. Nutr Hosp 2022;39(3):580-587

DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.03636>

Correspondencia:

Rossana Gómez Campos. Universidad Católica del Maule. Avenida San Miguel, 3605. Talca, Chile
e-mail: rossaunicamp@gmail.com

Abstract

Introduction: studying the percentage of body fat (%BF) in children and adolescents is very relevant, since a high level of body fat in childhood and adolescence represents overweight and obesity.

Objective: to identify the anthropometric indicators related to %BF and to validate regression equations to predict %BF in children and adolescents using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) as a reference method.

Methods: a descriptive study (cross-sectional) was designed in 1126 schoolchildren (588 males and 538 females) from the Maule region (Chile). The age range ranged from 6.0 to 17.9 years. Weight, height, two skinfolds (tricipital and subscapular and waist circumference (WC) were evaluated. Body mass index (BMI), triponderal mass index (TMI), waist height index (WHtR) were calculated. Body fat percentage (%BF) was assessed by DXA scanning.

Results: the relationships between (Tricipital + Subscapular), TMI and WHtR with %BF (DXA) ranged from $R^2 = 52\%$ to 54% in men, and from $R^2 = 41\%$ to 49% in women. The equations generated for men were: $\%BF = 9.775 + [(0.415 * (Tr + SE)) + (35.084 * WHtR) - (0.828 * age)]$, $R^2 = 70\%$, and $\%BF = 20.720 + [(0.492 * (Tr + SE)) + (0.354 * TMI) - (0.923 * age)]$, $R^2 = 68\%$, and for women: $\%BF = 8.608 + [(0.291 * (Tr + SE)) + (38.893 * WHtR) - (0.176 * age)]$, $R^2 = 60\%$, and $\%BF = 16.087 + [(0.306 * (Tr + SE)) + (0.818 * TMI) - (0.300 * age)]$, $R^2 = 59\%$.

Conclusion: this study showed that the sum of tricipital and subscapular skinfolds, IP and WHtR are adequate predictors of %BF. These indicators allowed the development of two regression equations acceptable in terms of precision and accuracy to predict %BF in children and adolescents of both sexes.

Keywords:

Body fat percentage.
DXA. Equations. Children.
Adolescents.

INTRODUCCIÓN

La infancia y la adolescencia son periodos donde se necesita una adecuada nutrición para alcanzar el máximo potencial de crecimiento. Durante estas etapas se puede observar un aumento dinámico de la masa grasa, así como de la masa libre de grasa, resultante del crecimiento corporal (1). En general los aumentos acentuados en el porcentaje de grasa corporal (%GC) en ambos sexos son similares en la infancia mientras que, durante la adolescencia, las diferencias son inminentes (2): las niñas ganan más grasa corporal mientras que los niños ganan masa muscular.

De hecho, el organismo humano requiere nutrientes esenciales en cantidades adecuadas para asegurar que el crecimiento celular, la proliferación y la diferenciación genética puedan desarrollarse sin obstáculos (3). Para ello es necesario mantener un equilibrio energético en la alimentación, pues un déficit energético puede traer como consecuencia la desnutrición, así como el exceso se refleja en el sobrepeso y la obesidad, respectivamente.

El análisis de la composición corporal *in vivo* se puede utilizar en niños y adolescentes para evaluar el crecimiento físico y el estado nutricional. Por ejemplo, las dimensiones e índices antropométricos tienen el potencial de proporcionar información importante sobre la composición corporal, tanto en adultos como en niños (4).

En consecuencia, estudiar el porcentaje de grasa corporal en niños y adolescentes es muy relevante, puesto que un elevado nivel de adiposidad corporal en la infancia y la adolescencia se refleja en sobrepeso y obesidad (5,6).

Hasta la fecha, varios estudios internacionales han evidenciado que, elevados niveles de grasa corporal en la infancia y adolescencia se han asociado con el sobrepeso y la obesidad, así como con un mayor riesgo de enfermedades no transmisibles en la edad adulta, como la diabetes de tipo 2 y las enfermedades cardiovasculares (7-9). Incluso en los últimos años en Chile, la encuesta nacional de salud publicada ha detectado elevadas prevalencias de sobrepeso (39,8 %) y obesidad (31,2 %) (10), y estudios recientes han identificado riesgo metabólico (11) y elevados niveles de adiposidad corporal en los niños y adolescentes chilenos (12).

En consecuencia, a pesar de la importancia reconocida de medir el %GC en la población escolar chilena, hasta donde se sabe son escasos los estudios que proponen ecuaciones para estimar el %GC, limitándose a edades específicas (13,14); además, son nulos los estudios que proponen ecuaciones que abarquen un amplio rango de edades, desde la infancia hasta la adolescencia, respectivamente.

Por lo tanto, basados en investigaciones anteriores, en las que se han demostrado asociaciones de los pliegues cutáneos con el %GC en niños y adolescentes (15-17), y además, recientemente, otros estudios han evidenciado que los índices antropométricos son excelentes predictores de la adiposidad corporal (como el índice de masa corporal o IMC, el índice ponderal o IP, la circunferencia de la cintura o CC y el índice cintura-estatura o ICE) (18-20), este estudio supone que la inclusión de los pliegues cutáneos tricipital y subescapular, así como el IMC, el IP y el ICE en los modelos predictivos, podrían dar lugar al desarrollo de ecuaciones antropométricas para predecir el %GC de los niños y adolescentes chilenos.

Este estudio se propone los siguientes objetivos: a) identificar los indicadores antropométricos que se relacionan con el %GC y b) validar ecuaciones de regresión para predecir el %GC de niños y adolescentes a partir del uso de la absorciometría de rayos X de doble energía (DXA) como método de referencia.

MATERIAL Y MÉTODOS

TIPO DE ESTUDIO Y MUESTRA

Se diseñó un estudio descriptivo (transversal) de 1126 escolares (588 hombres y 538 mujeres) de la región del Maule (Chile). La selección de la muestra fue no probabilística (cuotas). El rango de edad oscila desde los 6,0 hasta los 17,9 años. Todos los escolares estaban matriculados en colegios municipales de nivel primario y secundario de cuatro provincias de la región del Maule (Curicó, Cauquenes, Linares y Talca).

Fueron incluidos en el estudio los niños y adolescentes que estaban en el rango de edad establecido y los que completaron las medidas antropométricas y el escaneo por DXA. Se excluyeron los escolares que habían presentado algún tipo de fractura ósea y estuvieron enyesados en los últimos tres meses, y a los que presentaban algún tipo de discapacidad física que les imposibilitara valerse por sí mismos al momento de las evaluaciones.

Los padres y/o tutores de los escolares estuvieron de acuerdo con los requisitos establecidos para el estudio y firmaron el consentimiento informado. Los niños y adolescentes firmaron el asentimiento y las condiciones de las evaluaciones que se realizaron en cada uno de sus colegios. El protocolo de medición antropométrica y del escaneo DXA se efectuó de acuerdo a las indicaciones del comité de ética de la Universidad Autónoma (238/2013) y la Declaración de Helsinki (Asociación Médica Mundial) para sujetos humanos.

TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS

Las evaluaciones se efectuaron en un laboratorio de la universidad en horario escolar (de lunes a viernes). Se efectuó durante los meses de abril a junio y de agosto a noviembre del año 2017. Se registró la edad decimal de cada estudiante (fecha de nacimiento y fecha de evaluación). Se midieron el peso, la estatura, dos pliegues cutáneos (tricipital y subescapular) y la circunferencia de la cintura (CC) de acuerdo con las recomendaciones de Ross y Marfell-Jones (21).

El peso corporal (kg) se midió utilizando una balanza electrónica (Tanita, Reino Unido) con una escala de 0 a 150 kg y una precisión de 100 g. Para la estatura de pie se utilizó un estadiómetro portátil (Seca GmbH & Co. KG, Hamburgo, Alemania) con una precisión de 0,1 mm, de acuerdo con el plano de Francfort. 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 graduada en milímetros, con una precisión de 0,1 cm. Los pliegues cutáneos tricipital y subescapular se midieron a través de un plicómetro Harpenden (British Indicators, UK), que ejerce una presión constante de 10 g·mm⁻² y con un rango de medición de 0 mm a 80 mm. Todas las medidas antropométricas se realizaron en dos oportunidades. El error técnico de medida (ETM) tuvo valores desde el 1,0 hasta el 1,9 %. Este proceso estuvo a cargo de dos los investigadores del estudio con capacitación en ISAK, nivel II.

Se calcularon tres índices antropométricos. El índice de masa corporal (IMC) se determinó por medio de la fórmula: $IMC = \text{peso (kg)} / \text{estatura}^2 \text{ (m)}$; el índice ponderal con la fórmula: $IP = \text{peso (kg)} / \text{estatura}^3 \text{ (m)}$; y el índice cintura-estatura con la fórmula: $ICE = \text{circunferencia de la cintura (cm)} / \text{estatura (cm)}$.

El análisis de cuerpo total (DXA) consistió en escanear el cuerpo (sin cabeza) para ambos sexos. Las exploraciones se llevaron a cabo en un laboratorio utilizando un densitómetro. Se estimó el %GC a través de un equipo Lunar Prodigy (General Electric, Fairfield, CT, EE. UU.) con software ENCORE 2006. El procedimiento consistió en que los sujetos se deben acostar sobre la plataforma

de exploración (posición supina con los brazos y piernas extendidas en pronación). Los tobillos se sujetan junto a una cinta de velcro para asegurar el posicionamiento estándar. El equipo fue calibrado todos los días (antes de iniciar los escaneos) según las recomendaciones del proveedor.

El proceso de evaluación estuvo a cargo de uno de los investigadores del estudio y se escaneó al 10 % de la muestra total dos veces (54 chicas y 60 chicos). El ETM entre ambas evaluaciones tuvo un intervalo de tres días y los valores oscilaron del 1,5 al 3,2 %.

NIVEL

La prueba de normalidad se verificó por medio de Kolmogorov-Smirnov. Se realizaron cálculos de estadística descriptiva (promedio, desviación estándar, rango). Las comparaciones entre ambos sexos se efectuaron por medio de test t para muestras independientes. Para relacionar las variables e indicadores antropométricos con la referencia (DXA) se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson simple y múltiple. Se desarrollaron cuatro modelos de regresión simple y múltiple por pasos (dos para hombres y dos para mujeres). El proceso de selección de los modelos se llevó a cabo a partir de R², error estándar de estimación (EEE), prueba de contraste de Durbin-Watson, tolerancia y factor de inflación de la varianza (FIV). Se calculó también el coeficiente de correlación de concordancia (CCC) de Lin (1989). El nivel de significancia adoptado fue de 0,05. Los cálculos se efectuaron en planillas de Microsoft Excel, en SPSS 16.0 y en MedCalc 11.1.0.

RESULTADOS

Las características antropométricas por rangos de edad y sexo se observan en la tabla I. Las comparaciones entre ambos sexos reflejaron diferencias significativas ($p < 0,05$). Los hombres presentaron valores superiores en relación a las mujeres en el peso a los 12 y 15-17 años; en la estatura, desde los 13 hasta los 17 años; en la CC, a los 10 años. Por el contrario, las mujeres presentaron valores superiores en comparación con los hombres en el pliegue tricipital desde los 11 hasta los 17 años, en el pliegue subescapular desde los 12 hasta los 17 años, en el Σ (Tr + SE) y %GC (DXA) desde los 6 a 9 años y desde los 12 hasta 17 años, y además, en el IP desde los 12 a los 17 años. No hubo diferencias significativas entre ambos sexos en el IMC y el ICE en todas las edades ($p > 0,05$).

Las correlaciones entre medidas e índices antropométricos con el %GC (DXA) de los niños y adolescentes chilenos de ambos sexos se pueden apreciar en la tabla II. En los hombres, los valores del coeficiente de correlación oscilaron desde $r = 0,13$ a $0,72$, mientras que en mujeres, desde $r = 0,03$ hasta $0,70$. Los mejores coeficientes de determinación se observan en ambos sexos en el pliegue tricipital y subescapular, Σ (R + SE), IP e ICE, respectivamente.

Tabla I. Características antropométricas de la muestra estudiada

Edad (años)	n	Peso (kg)		Estatura de pie (cm)		C. cintura (cm)		Pliegue TR (mm)		Pliegue SE (mm)		Σ TR + SE (mm)		% Grasa (DXA)		IMC (kg/m ²)		IP (kg/m ³)		ICE (i.e.)		
		X	DE	X	DE	X	DE	X	DE	X	DE	X	DE	X	DE	X	DE	X	DE	X	DE	
<i>Hombres</i>																						
6,0-6,9	51	26,8	7,5	119,9	4,8	59,5	8,0	10,8	4,0	9,4	7,3	20,1*	10,9	27,4*	6,9	18,5	4,5	15,4	3,5	0,49	0,06	
7,0-7,9	46	29,0	7,1	125,5	6,5	61,4	8,3	12,9	5,0	10,0	5,2	22,8*	8,7	28,8*	7,9	18,2	3,4	14,5	2,5	0,49	0,06	
8,0-8,9	42	30,6	5,4	129,2	3,9	62,2	6,3	13,0	6,1	9,8	6,3	22,8*	11,9	28,2*	6,9	18,3	2,8	14,2	2,1	0,48	0,04	
9,0-9,9	61	35,7	7,4	134,7	7,0	67,4	8,8	13,7	5,1	11,3	6,0	24,9*	10,5	31,6*	7,1	19,6	3,6	14,6	3,0	0,50	0,06	
10,0-10,9	54	40,5	9,6	140,5	7,2	68,8*	8,0	16,7	6,2	13,8	7,7	30,5	13,3	33,4	6,8	20,3	3,4	14,4	2,1	0,49	0,05	
11,0-11,9	45	45,6	12,4	146,1	6,4	70,9	11,6	15,0*	6,7	13,0	8,0	28,0	14,3	31,8	8,5	21,1	4,3	14,4	2,6	0,48	0,07	
12,0-12,9	43	47,3*	9,5	153,6	7,5	68,8	8,5	12,0*	4,8	10,1*	4,7	21,3*	8,8	24,6*	6,6	20,1	3,0	13,0*	1,9	0,45	0,05	
13,0-13,9	49	54,2	10,3	160,3*	6,3	72,1	9,1	12,9*	6,5	10,3*	6,0	23,2*	11,6	24,9*	8,0	21,1	3,6	13,2*	2,3	0,45	0,06	
14,0-14,9	39	59,0	10,8	165,7*	8,4	74,3	8,0	11,4*	5,6	10,7*	5,9	22,1*	11,2	22,7*	8,2	21,4	3,2	12,9*	2,0	0,45	0,05	
15,0-15,9	49	63,7*	9,0	169,9*	5,0	76,0*	7,4	10,8*	5,1	10,1*	5,0	20,9*	9,2	19,5*	5,8	22,0	2,9	13,0*	1,7	0,45	0,05	
16,0-16,9	64	67,5*	11,2	171,1*	6,3	77,3*	8,4	10,8*	4,8	11,4*	5,7	22,1*	10,1	19,7*	6,3	23,0	2,9	13,4*	1,6	0,45	0,04	
17,0-17,9	45	69,7*	11,5	171,2*	4,8	79,7*	7,9	11,3*	5,5	11,8*	4,4	23,1*	8,3	21,5*	7,2	23,8	3,6	13,9*	2,1	0,47	0,05	
<i>Mujeres</i>																						
6,0-6,9	39	25,7	5,4	119,8	6,1	58,7	6,0	12,5	3,7	10,0	4,0	22,5	7,0	32,8	6,2	17,9	3,2	15,0	2,8	0,49	0,04	
7,0-7,9	47	29,5	5,6	126,4	5,7	61,3	7,1	14,8	4,7	12,2	6,7	27,0	10,5	33,5	5,2	18,3	2,7	14,5	2,0	0,48	0,05	
8,0-8,9	43	32,4	7,3	129,2	6,5	64,0	8,0	14,8	4,9	13,5	7,7	28,3	11,6	35,0	6,4	19,2	3,2	14,9	2,3	0,50	0,05	
9,0-9,9	43	38,2	10,3	138,0	8,0	67,1	10,7	15,4	5,7	13,8	7,5	29,3	12,4	34,8	7,0	19,8	3,6	14,3	2,2	0,49	0,07	
10,0-10,9	44	39,2	8,5	141,6	8,2	64,5	8,6	14,8	4,7	11,7	6,3	26,5	10,4	32,6	6,7	19,4	3,0	13,7	2,1	0,46	0,06	
11,0-11,9	42	47,3	9,6	150,1	7,9	70,1	9,6	17,7	7,2	14,1	7,0	31,8	12,3	33,7	7,2	20,9	3,8	14,0	2,7	0,47	0,06	
12,0-12,9	47	53,5	10,7	155,1	6,0	70,7	9,0	14,7	4,2	14,2	7,1	28,9	8,8	33,0	6,2	22,1	3,6	14,2	2,2	0,46	0,05	
13,0-13,9	41	55,2	9,6	156,7	6,1	69,9	6,9	14,7	4,5	13,2	5,5	27,9	8,3	31,3	5,4	22,4	3,4	14,3	2,2	0,45	0,04	
14,0-14,9	49	58,8	11,4	158,7	8,0	73,8	8,9	16,5	5,4	16,1	7,5	32,5	12,1	33,0	5,7	23,2	3,4	14,6	2,0	0,46	0,05	
15,0-15,9	40	58,3	11,5	157,5	4,4	72,9	9,1	16,6	4,8	16,4	6,8	33,1	11,0	33,1	6,2	23,5	4,3	14,9	2,7	0,46	0,06	
16,0-16,9	53	59,6	10,8	159,4	5,9	74,4	7,8	17,2	4,3	16,6	7,0	33,8	9,8	34,1	5,7	23,4	3,7	14,7	2,4	0,47	0,05	
17,0-17,9	50	59,3	11,7	157,1	4,5	75,2	9,0	18,9	5,9	18,8	7,0	37,8	11,5	35,4	4,7	23,9	3,9	15,2	2,3	0,48	0,05	

C: circunferencia; TR: tricipital; SE: subescapular; ICE: índice cintura-estatura; IMC: índice de masa corporal; IP: índice ponderal; X: promedio; DE: desviación estándar. *Diferencia significativa en relación a las mujeres (p < 0,05).

Tabla II. Relación entre indicadores antropométricos y % de grasa corporal determinado por DXA como método de referencia

Indicadores	Chicos				Chicas			
	R	R ²	EEE	p	R	R ²	EEE	p
Edad (años)	0,42	0,18	7,74	0,000	0,02	0,00	6,10	0,698
Peso (kg)	0,13	0,02	8,47	0,001	0,33	0,11	5,76	0,000
Estatura (cm)	0,38	0,14	7,91	0,000	0,03	0,00	6,10	0,490
C. cintura (cm)	0,25	0,06	8,28	0,001	0,55	0,31	5,09	0,001
Pliegue TR (cm)	0,74	0,55	5,72	0,000	0,61	0,37	4,85	0,000
Pliegue SE (cm)	0,61	0,37	6,78	0,000	0,65	0,42	4,64	0,000
Σ (TR + SE) (mm)	0,72	0,52	5,94	0,000	0,70	0,49	4,37	0,000
IMC (kg/m ²)	0,29	0,09	8,17	0,000	0,56	0,31	5,07	0,000
IP (kg/m ³)	0,59	0,34	6,92	0,000	0,64	0,41	4,68	0,000
ICE (i. e.)	0,72	0,51	5,97	0,000	0,66	0,43	4,59	0,000

C: circunferencia; TR: tricipital; SE: subescapular; ICE: índice cintura-estatura; IMC: índice de masa corporal; IP: índice ponderal; EEE: error estándar de estimación.

Tabla III. Ecuaciones antropométricas que predicen el porcentaje de grasa corporal para escolares de ambos sexos

Modelos	Ecuaciones	R	R ²	EEE	Durbin-Watson	T	VIF
Chicos							
1	$\%G = 9,775 + [(0,415 * (Tr + SE)) + (35,084 * ICE) - (0,828 * edad)]$	0,84	0,70	4,71	1,83	TR + SB	2,19
						ICE	2,39
						Edad	1,17
2	$\%G = 20,720 + [(0,492 * (Tr + SE)) + (0,354 * IP) - (0,923 * edad)]$	0,83	0,68	4,83	1,89	TR + SB	1,64
						IP	1,73
						Edad	1,08
Chicas							
3	$\%G = 8,608 + [(0,291 * (Tr + SE)) + (38,893 * ICE) - (0,176 * edad)]$	0,78	0,60	3,86	1,88	TR + SB	1,84
						ICE	1,7
						Edad	1,29
4	$\%G = 16,087 + [(0,306 * (Tr + SE)) + (0,818 * IP) - (0,300 * edad)]$	0,77	0,59	3,90	1,87	TR + SB	1,74
						IP	1,58
						Edad	1,13

TR: tricipital; SE: subescapular; ICE: índice cintura-estatura; T: tolerancia; VIF: factor de inflación de la varianza.

Las ecuaciones para predecir el %GC en escolares de ambos sexos se describen en la tabla III. Los mejores modelos predictivos en ambos sexos se basaron en la combinación del Σ (TR + SE), la edad, el ICE y el IP. El coeficiente de determinación en los hombres reflejó un 70 % para la ecuación 1, y un 68 % para la ecuación 2. En las mujeres, para la ecuación 3 fue del 60 % y para la ecuación 4 del 59 %. En las cuatro ecuaciones generadas, los valores del EEE oscilan de 3,86 a 4,83; los valores de la tolerancia oscilan entre 0,42 y 0,92, los valores de Durbin-Watson de 1,83 a 1,89, y los valores VIF fueron inferiores a 2,39 en todos los casos.

Los valores que definen el grado de acuerdo entre la ecuación de referencia (DXA) con las ecuaciones desarrolladas se observan en la tabla IV. No hubo diferencias significativas entre la referencia y las ecuaciones propuestas para ambos sexos ($p > 0,05$). Los valores de CCC para las ecuaciones de hombres fueron ligeramente superiores (0,82 y 0,81) en relación a las mujeres (0,75 y 0,74); consecuentemente, estos valores se reflejan en la precisión y exactitud aunque, en general, las cuatro ecuaciones indican valores aceptables en términos de dispersión y proximidad al valor real de DXA.

DISCUSIÓN

El estudio tuvo como objetivo inicial identificar los indicadores antropométricos que se relacionan con el %GC en los niños y adolescentes chilenos. Los resultados han evidenciado relaciones de moderadas a alta con el Σ de los pliegues (TR + SE), IP e ICE en ambos sexos. Estos hallazgos son consistentes con estudios anteriores que han utilizado los pliegues cutáneos en diversas poblaciones (23,24) e indicadores de adiposidad corporal como el IP e ICE en niños y adolescentes (20,25).

De hecho, hace más de 40 años, algunos estudios clásicos ya habían alertado de que las mediciones del grosor de los pliegues cutáneos debían usarse para monitorear la obesidad

en los niños y adolescentes debido a que tienen la ventaja de ser relativamente precisos, reproducibles, móviles, económicos y seguros (26); además, varios informes recientes destacan la importancia del uso del IP e ICE en los niños y adolescentes para determinar el exceso de peso corporal (27,28).

Por otro lado, las relaciones entre el %GC determinado por DXA y la CC y el IMC fueron bajas, a pesar de que varios estudios han reportado relaciones de moderadas a altas (29-31). De hecho, los patrones antropométricos son específicos para cada población y están estrechamente relacionados con la nutrición, la composición genética, las características ambientales, las condiciones sociales y culturales, el estilo de vida y el estado funcional y de salud (32), por lo que los componentes corporales, independientemente del tipo de población, son modificables por la edad, el sexo y el grupo étnico (33), respectivamente.

En consecuencia, tanto los pliegues cutáneos como los índices antropométricos (IP e ICE) se caracterizan por ser económicos, portátiles y factibles para el uso en evaluaciones de campo, por lo que su aplicabilidad a grandes poblaciones es una necesidad, especialmente donde la tecnología sofisticada es limitada (34).

Desde esa perspectiva, desarrollamos como segundo objetivo la validación de ecuaciones de regresión para predecir el %GC de niños y adolescentes chilenos, usando la DXA como método de referencia.

Se generaron 2 ecuaciones para predecir el %GC de cada sexo, donde los predictores fueron el Σ (TR + SE), el IP, el ICE y la edad. Los modelos que usaron Σ (TR + SE), ICE y edad reflejaron levemente un mayor coeficiente de determinación en relación al modelo que utilizó el IP ($R^2 \geq 1$ a 2 %).

En general, ambos modelos reflejaron un R^2 del 68 al 70 % en los hombres y del 59 al 60 % en las mujeres. Además, los EEE fueron inferiores al 4,8 %, los valores de tolerancia fueron inferiores a 0,92 y no se observó inflación en ningún modelo. Incluso la precisión y la exactitud fueron adecuadas según el índice de Lin (22), lo que garantiza la robustez de los modelos predictivos propuestos (35).

Tabla IV. Valores del índice de reproducibilidad deseable (DRI) para la concordancia entre DXA y las ecuaciones propuestas

Ecuaciones	Porcentaje GC		test t	p	Diferencia de media con DXA		IRD		
	X	DE			X	DE	CCC	Precisión	Exactitud
Hombres									
DXA	26,226	8,5346							
Ecuación 1	26,215	7,1204	-0,0571	0,9545	-0,01107	4,698	0,8213	0,8348	0,9838
Ecuación 2	26,228	7,0464	0,0071	0,9943	0,00141	4,820	0,8104	0,8253	0,9820
Mujeres									
DXA	33,561	6,0961							
Ecuación 1	33,563	4,7245	0,0117	0,9906	0,00195	3,853	0,7505	0,775	0,968
Ecuación 2	33,565	4,6959	0,0187	0,9851	0,00314	3,890	0,7445	0,770	0,967

GC: grasa corporal; CCC: coeficiente de correlación de acuerdo; P: probabilidad; DE: desviación estándar; Min: mínimo; Max: máximo; DXA: absorciometría de rayos X de doble energía.

Las nuevas ecuaciones de predicción basadas en pliegues cutáneos, IP e ICE presentadas en este estudio mostraron coeficientes de determinación similares a los de otras investigaciones internacionales (36), aunque algunos reportes han evidenciado valores relativamente superiores (37,38) a los descritos en este estudio, por lo que estas diferencias podrían deberse a las variaciones metodológicas en el proceso de recolección de datos o al modelo y versión de software del fabricante (39).

El hecho de incluir en los modelos predictivos la edad, el ICE y el IP de cada sexo ha permitido ajustar mejor las variaciones de estatura durante la etapa del crecimiento y el desarrollo somático pues, en los últimos años, los aumentos seculares positivos de la CC, la estatura y el peso corporal de los niños y adolescentes han sido mayores (40), por lo que las ecuaciones predictivas deben actualizarse constantemente.

Algunas fortalezas deben destacarse en este estudio, puesto que es una de las primeras investigaciones en que se proponen ecuaciones de predicción del %GC en una muestra representativa de escolares chilenos de 6 a 17,9 años; además, tales ecuaciones pueden servir como herramienta valiosa para el ámbito clínico y epidemiológico, y pueden utilizarse en el ámbito escolar a nivel primario y secundario. También es necesario destacar algunas limitaciones, dado que se midieron únicamente dos pliegues cutáneos, por lo que futuros estudios deben incluir pliegues cutáneos de otras regiones corporales y explorar el %GC según la maduración biológica.

Este estudio demostró que el sumatorio de los pliegues cutáneos tricipital y subescapular, el IP y el ICE son adecuados predictores del %GC. Estos indicadores permitieron desarrollar dos ecuaciones de regresión aceptables en términos de precisión y exactitud para predecir el %GC en niños y adolescentes de ambos sexos. Estos resultados sugieren su uso y aplicación en el ámbito escolar de Chile.

BIBLIOGRAFÍA

- Chwalczyńska A, Rutkowski T, Jędrzejewski G, Wójtowicz D, Sobiech KA. The Comparison of the Body Composition of Children at the Early School Age from Urban and Rural Area in Southwestern Poland. *Biomed Res Int* 2018;4:1-9. DOI: 10.1155/2018/9694615
- Santos LP, Santos IS, Matijasevich A, Barros AJD. Changes in overall and regional body fatness from childhood to early adolescence. *Sci Rep* 2019;9:1888. DOI: 10.1038/s41598-019-38486-x
- Zemel B. Body Composition During Growth and Development, Chapter 18. En: Editor(s): Noël Cameron, Barry Bogin, *Human Growth and Development* (Second Edition). Academic Press; 2012. p. 461-86. DOI: 10.1016/B978-0-12-383882-7.00018-0
- Katzmarzyk PT, Shen W, Baxter-Jones A, Bell JD, Butte NF, Demerath EW, et al. Adiposity in children and adolescents: correlates and clinical consequences of fat stored in specific body depots. *Pediatr Obes* 2012;7(5):e42-61. DOI: 10.1111/j.2047-6310.2012.00073.x
- López-Sánchez GF, Sgroi M, D'Ottavio S, Díaz-Suárez A, González-Villora S, Veronese N, et al. Body Composition in Children and Adolescents Residing in Southern Europe: Prevalence of Overweight and Obesity According to Different International References. *Front Physiol* 2019;10:130. DOI: 10.3389/fphys.2019.00130
- Hudda MT, Fewtrell MS, Haroun D, Lum S, Williams JE, Wells JCK, et al. Development and validation of a prediction model for fat mass in children and adolescents: meta-analysis using individual participant data. *BMJ* 2019;366:l4293. DOI: 10.1136/bmj.l4293
- Herman KM, Craig CL, Gauvin L, Katzmarzyk PT. Tracking of obesity and physical activity from childhood to adulthood: the Physical Activity Longitudinal Study. *Int J Pediatr Obes* 2009;4:281-8. DOI: 10.3109/17477160802596171
- Sahoo K, Sahoo B, Choudhury AK, Sofi NY, Kumar R, Bhadoria AS. Obesidad infantil: causas y consecuencias. *J Family Med Prim Care* 2015;4(2):187-92.
- Di Cesare M, Soric M, Bovet P, Miranda JJ, Bhutta Z, Stevens GA, et al. The epidemiological burden of obesity in childhood: a worldwide epidemic requiring urgent action. *BMC Med* 2019;17:212. DOI: 10.1186/s12916-019-1449-8
- Ministerio de Salud, Gobierno de Chile. Encuesta Nacional de Salud 2016-2017. Santiago: MINSAL; 2017 [acceso: 3 de junio de 2020]. Disponible en: <http://epi.minsal.cl/resultados-encuestas/>
- Floody PD, Navarrete FC, Devia CP, Mayorga DJ, Salazar CM. Relationship in obese Chilean schoolchildren between physical fitness, physical activity levels and cardiovascular risk factors. *Nutrición hospitalaria* 2019;36(1):13-9.
- Cossio-Bolaños MA, Gómez-Campos R, Castelli Correia de Campos F, Sullata-Torres J, Urra-Albornoz C, Pires-Lopes V. Fuerza muscular y porcentaje de grasa corporal en niños y adolescentes de la región del Maule, Chile. *Arch Argent Pediatr* 2020;118(5):320-6.
- Vásquez F, Corvalán C, Gahagan S, Uauy R, Kain J. Predictive anthropometric models of total and truncal body fat in Chilean children. *Nutrition* 2020;77:110803. DOI: 10.1016/j.nut.2020.110803
- Salazar G, Leyton B, Aguirre C, Anziani A, Weisstaub G, Corvalán C. Anthropometric and bioimpedance equations for fat and fat-free mass in Chilean children 7-9 years of age. *Br J Nutr* 2020;8:1-6.
- Slaughter MH, Lohman TG, Boileau R, Horswill CA, Stillman RJ, Van Loan MD, et al. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Human biology* 1988;709-23.
- Boileau AR, Lohman TG, Slaughter MH. Exercise and body composition in children and youth. *Scan J Sports Sci* 1985;7:17-27.
- Goran MI, Gower BA, Treuth M, Nagy TR. Prediction of intra-abdominal and subcutaneous abdominal adipose tissue in healthy pre-pubertal children. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1998;22:549-58. DOI: 10.1038/sj.ijo.0800624
- Benfield LL, Fox KR, Peters DM, Blake H, Rogers I, Grant C, et al. Magnetic resonance imaging of abdominal adiposity in a large cohort of British children. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2008;32:91-9. DOI: 10.1038/sj.ijo.0803780
- Martin-Calvo N, Moreno-Galarraga L, Martínez-González MA. Association between Body Mass Index, Waist-to-Height Ratio and Adiposity in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients* 2016;8(8):512. DOI: 10.3390/nu8080512
- Peterson CM, Su H, Thomas DM, Heo M, Golnabi AH, Pietrobelli A, et al. Tri Ponderal Mass Index vs Body Mass Index in Estimating Body Fat During Adolescence. *JAMA Pediatr* 2017;171(7):629-36. DOI: 10.1001/jamapediatrics.2017.0460
- Ross WD, Marfell-Jones MJ. Kinanthropometry. En: MacDougall JD, Wenger HA, Geeny HJ. (Eds.), *Physiological testing of elite athlete*. London: Human Kinetics 1991;223:308-14.
- Lin LI. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *Biometrics* 1989;45:255-68. DOI: 10.2307/2532051
- Noradilah MJ, Ang YN, Kamaruddin NA, Deurenberg P, Ismail MN, Poh BK. Assessing Body Fat of Children by Skinfold Thickness, Bioelectrical Impedance Analysis, and Dual-Energy X-Ray Absorptiometry: A Validation Study Among Malay Children Aged 7 to 11 Years. *Asia Pac J Public Health* 2016;28(5 Suppl):74S-84S. DOI: 10.1177/1010539516641505
- González-Ruiz K, Medrano M, Correa-Bautista JE, García-Hermoso A, Prieto-Benavides DH, Tordecilla-Sanders A, et al. Comparison of Bioelectrical Impedance Analysis, Slaughter Skinfold-Thickness Equations, and Dual-Energy X-ray Absorptiometry for Estimating Body Fat Percentage in Colombian Children and Adolescents with Excess of Adiposity. *Nutrients* 2018;14:10(8):1086. DOI: 10.3390/nu10081086
- Moselakgomo VK, Van Staden M. Diagnostic accuracy of tri-ponderal mass index and body mass index in estimating overweight and obesity in South African children. *Afr J Prim Health Care Fam Med* 2019;11(1):e1-e7. DOI: 10.4102/phcfm.v11i1.1949
- Freedman DS, Ogden CL, Blanck HM, Borrud LG, Dietz WH. The abilities of body mass index and skinfold thicknesses to identify children with low or elevated levels of dual-energy X-ray absorptiometry-determined body fatness. *J Pediatr* 2013;163(1):160-6.e1. DOI: 10.1016/j.jpeds.2012.12.093
- Bojanic D, Ljubojevic M, Krivokapic D, Gontarev S. Waist circumference, waist-to-hip ratio, and waist-to-height ratio reference percentiles for abdominal obesity among Macedonian adolescents. *Nutr Hosp* 2020;37(4):786-93. DOI: 10.20960/nh.03006

28. Cossio-Bolaños M, Vidal Espinoza R, Sulla Torres J, Gatica Mandiola P, Castelli Correia de Campos LF, Cossio Bolaños W, et al. Índice de masa corporal versus Índice ponderal para evaluar el estado nutricional de adolescentes de altitud moderada del Perú. *Nutr Clín Diet Hosp* 2020;40(3):92-8.
29. Pietrobelli A, Faith MS, Allison DB, Gallagher D, Chiumello G, Heymsfield SB. Body mass index as a measure of adiposity among children and adolescents: a validation study. *J Pediatr* 1998;132(2):204-10. DOI: 10.1016/S0022-3476(98)70433-0
30. Falaschetti E, Hingorani AD, Jones A, Charakida M, Finer N, Whincup P, et al. Adiposity and cardiovascular risk factors in a large contemporary population of pre-pubertal children. *Eur Heart J* 2010;31(24):3063-72. DOI: 10.1093/eurheartj/ehq355
31. Filgueiras MS, Vieira SA, Fonseca PCA, Pereira PF, Ribeiro AQ, Priore SE, et al. Waist circumference, waist-to-height ratio and conicity index to evaluate android fat excess in Brazilian children. *Public Health Nutr* 2019;22(1):140-6. DOI: 10.1017/S1368980018002483
32. Sánchez-García S, García-Peña C, Duque-López MX, Juárez-Cedillo T, Cortés-Núñez AR, Reyes-Beaman S. Anthropometric measures and nutritional status in a healthy elderly population. *BMC Public Health* 2007;7:2. DOI: 10.1186/1471-2458-7-2
33. Cornier MA, Després JP, Davis N, Grossniklaus DA, Klein S, Lamarche B, et al. Assessing adiposity: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2011;124(18):1996-2019. DOI: 10.1161/CIR.0b013e318233bc6a
34. Scafoglieri A, Clarys JP, Catrysse E, Bautmans I. Use of anthropometry for the prediction of regional body tissue distribution in adults: benefits and limitations in clinical practice. *Aging Dis* 2013;5(6):373-93.
35. Lin L. A note on the concordance correlation coefficient. *Biometrics* 2000;56:324-5.
36. Cossio-Bolaños M, de Arruda M, Sulla Torres J, Urta Albornoz C, Gómez Campos R. Development of equations and proposed reference values to estimate body fat mass among Chilean children and adolescents. *Arch Argent Pediatr* 2017;115(5):453-61.
37. Wendel D, Weber D, Leonard MB, Magge SN, Kelly A, Stallings VA, et al. Body composition estimation using skinfolds in children with and without health conditions affecting growth and body composition. *Ann Hum Biol* 2017;44(2):108-20. DOI: 10.3109/03014460.2016.1168867
38. Ortiz-Hernández L, Vega López AV, Ramos-Ibáñez N, Cázares Lara LJ, Medina Gómez RJ, Pérez-Salgado D. Equations based on anthropometry to predict body fat measured by absorptiometry in schoolchildren and adolescents. *J Pediatr (Rio J)* 2017;93(4):365-73. DOI: 10.1016/j.jpmed.2016.08.008
39. Toombs RJ, Ducher G, Shepherd JA, De Souza MJ. The impact of recent technological advances on the trueness and precision of DXA to assess body composition. *Obesity (Silver Spring)* 2012;20:30-9. DOI: 10.1038/oby.2011.211
40. Pop RM, Tenenboum A, Pop M. Secular Trends in Height, Body Mass and Mean Menarche Age in Romanian Children and Adolescents, 1936-2016. *Int J Environ Res Public Health* 2021;18(2):490. DOI: 10.3390/ijerph18020490