ISSN (electrónico): 1699-5198 - ISSN (papel): 0212-1611 - CODEN NUHOEQ S.V.R. 318

Nutrición Hospitalaria

Trabajo Original

Pediatría

Propuesta de percentiles para evaluar el crecimiento físico y la adiposidad corporal en función del estado de madurez en niños y adolescentes chilenos

Proposal of percentiles to evaluate physical growth and body adiposity as a function of maturity status in Chilean children and adolescents

Marco Cossio Bolaños[1], Rubén Vidal Espinoza[2], Juan Minango Negrete[3], Luis Urzúa Alul[4], Wilbert Cossio Bolaños[5], José Sulla Torres[6], Luis Felipe Castelli Correia de Campos[7] y Rossana Gómez Campos[1]

[1]Departamento de Ciencias de la Actividad Física. Universidad Católica del Maule. Talca, Chile. [2]Universidad Católica Silva Henríquez. Santiago, Chile. [3]Instituto Superior Universitario Rumiñahui. Sanqolqui, Ecuador. [4]Escuela de Kinesiología. Facultad de Salud. Universidad Santo Tomás. Chile. [5]Universidad Privada San Juan Bautista. Lima, Perú. [6]Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa, Perú. [7]Universidad del Bio Bio. Chillán, Chile. [8]Departamento de Diversidad e Inclusividad Educativa. Universidad Católica del Maule. Talca, Chile

Resumen

Introducción: durante la infancia y la adolescencia existe una gran variabilidad individual en el crecimiento y la maduración biológica, lo que resulta en diferencias en el tamaño, la forma y la composición corporal de los niños y adolescentes de edad similar.

Objetivo: proponer percentiles para evaluar el crecimiento físico y la adiposidad corporal en función del estado de madurez (EM) en niños y adolescentes chilenos.

Métodos: se diseñó un estudio descriptivo (transversal) en 7292 niños y adolescentes (4214 chicos y 3084 chicas) de la región del Maule (Chile). El rango de edad oscila entre 6,0 y 17,9 años. Se evaluó el peso, la estatura y la circunferencia de la cintura (CC). Se calculó el índice de masa corporal (IMC), el índice cintura-estatura (ICE) y el EM a través de una técnica antropométrica no invasiva basada en la edad cronológica y la estatura de pie. Se utilizó el método LMS para calcular los percentiles.

Resultados: el EM calculado en los chicos se observó a los 13,7 ± 0,6 APVC (años de pico de velocidad de crecimiento) y en las chicas a los 12,1 ± 0,6 APVC. Se crearon percentiles para el peso, la estatura, la CC, el IMC y el ICE. Todas las variables antropométricas se incrementan conforme el EM aumenta en APVC.

Conclusión: los percentiles propuestos son una alternativa para evaluar el crecimiento físico y la adiposidad corporal en función del EM en los niños y adolescentes chilenos. Los resultados sugieren que esta técnica no invasiva puede aplicarse en contextos clínicos y epidemiológicos.

Palabras clave:

Percentiles. Crecimiento. Estado de madurez. Adiposidad. Niños.

Abstract

Introduction: during childhood and adolescence there is great individual variability in growth and biological maturation, resulting in differences in size, shape and body composition in children and adolescents of similar age.

Objective: to propose percentiles to assess physical growth and body adiposity as a function of maturity status (SM) in Chilean children and adolescents.

Methods: a descriptive (cross-sectional) study was designed in 7,292 children and adolescents (4214 boys and 3084 girls) from the Maule region (Chile). The age range was 6.0 to 17.9 years. Weight, height and waist circumference (WC) were evaluated. Body mass index (BMI), waist-height index (WHtR) and SM were calculated through a non-invasive anthropometric technique based on chronological age and standing height. The LMS method was used to calculate percentiles.

Results: the SM calculated in boys was observed at 13.7 ± 0.6 APHV (years of peak growth speed) and in girls at 12.1 ± 0.6 APHV. Percentiles were created for weight, height, WC, BMI, and WHtR. All anthropometric variables increase as MS increases in PHV years.

Conclusion: the proposed percentiles are an alternative to evaluate physical growth and body adiposity as a function of SM in Chilean children and adolescents. The results suggest the use of this non-invasive technique to be applied in clinical and epidemiological contexts.

Keywords:

Percentiles. Growth. Maturity status. Adiposity. Children.

Recibido: 02/02/2021 • Aceptado: 22/04/2021

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

Cossio Bolaños M, Vidal Espinoza R, Minango Negrete J, Urzúa Alul L, Cossio Bolaños W, Sulla Torres J, Castelli Correia de Campos LF, Gómez Campos R. Propuesta de percentiles para evaluar el crecimiento físico y la adiposidad corporal en función del estado de madurez en niños y adolescentes chilenos. Nutr Hosp 2021;38(5):935-942

DOI: http://dx.doi.org/10.20960/nh.03563

Correspondencia:

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

©Copyright 2021 SENPE y ©Arán Ediciones S.L. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

INTRODUCCIÓN

El crecimiento se refiere a cambios mensurables en tamaño físico y composición corporal (1), mientras que la maduración biológica es un proceso de cambios fisiológicos que se manifiestan de forma más intensa durante la adolescencia (2).

Durante la adolescencia existe una gran variabilidad individual en el tiempo y ritmo del proceso de maduración, lo que resulta en diferencias en el tamaño, la forma, la composición corporal y el desempeño motor y cognitivo entre los niños y adolescentes de edades similares (3).

En general, en algunas poblaciones más pobres, el inicio de la pubertad puede retrasarse y prolongarse su duración, mientras que en otras poblaciones menos pobres (p. ej., en los Estados Unidos), el inicio de la pubertad puede estar avanzado, lo que parece estar relacionado con el tamaño corporal y la masa de grasa corporal (4).

De hecho, el tejido adiposo o masa grasa desempeña un papel crucial en la regulación de la homeostasis energética no solo en los adultos sino también en los niños y adolescentes, pues actúa como depósito "seguro" para almacenar el exceso de grasa. Por ejemplo, en la sobrenutrición, los adipocitos maduros acumulan más grasa y sufren hipertrofia celular (5), mientras que, durante la restricción calórica, proporcionan nutrientes a otros tejidos periféricos a través de la lipólisis con el fin de cubrir las necesidades energéticas del organismo (6).

En ese sentido, evaluar el estado de madurez en la adolescencia es muy relevante puesto que durante esta etapa se producen cambios fisiológicos, psicológicos, sociales y de comportamiento saludables y no saludables (7) que pueden afectar de forma positiva y/o negativa al proceso de crecimiento físico y la adiposidad corporal.

Actualmente, la literatura dispone de varios métodos de evaluación, como la edad esquelética, las características sexuales secundarias, la menarquia (8,9) y los métodos antropométricos no invasivos, que predicen el estado de madurez en el tiempo o la edad (10,11).

En ese sentido, en vista de que actualmente se dispone de curvas internacionales (12-14) y percentiles regionales de Chile (15) para evaluar y monitorizar el crecimiento físico, el estado nutricional y la adiposidad corporal en función de la edad cronológica, este estudio se fundamenta en desarrollar percentiles controlando el estado de madurez, puesto que durante la maduración biológica, los niños y adolescentes deben evaluarse continuamente, ya que la intensidad y la duración de la pubertad son específicas de cada individuo y pueden variar considerablemente de una persona a otra (8).

En suma, la ecuación no invasiva de Moore y cols. (11), propuesta para niños y adolescentes canadienses, se validó recientemente en niños y adolescentes chilenos (16), por lo que su uso y aplicación para controlar las variaciones del estado de madurez puede ser relevante. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue proponer percentiles para evaluar el crecimiento físico y la adiposidad corporal en función del estado de madurez en niños y adolescentes chilenos.

MATERIAL Y MÉTODOS

TIPO DE ESTUDIO Y MUESTRA

Se diseñó un estudio descriptivo y transversal en niños y adolescentes escolares de colegios públicos de la región del Maule (Chile). La población estuvo conformada por 31,696 estudiantes distribuidos en primer ciclo básico (6 a 9,9 años), segundo ciclo básico (10 a 13,9 años) y enseñanza media (14 a 17,9 años). El rango de edad oscila entre 6,0 a 17,9 años. La selección de la muestra fue de tipo probabilístico estratificado, resultando del cálculo un total de 7292 (23 %) niños y adolescentes (4214 chicos y 3084 chicas) con un intervalo de confianza (IC) del 95 %. Todos los escolares estaban matriculados en 12 colegios de 4 provincias de la región del Maule (Cauquenes, Curicó, Linares y Talca).

El estudio se efectuó de acuerdo a las sugerencias descritas por el comité de ética de la Universidad Autónoma de Chile (protocolo número 238/2014) y de la Declaración de Helsinki para seres humanos. Los padres y/o apoderados firmaron el consentimiento informado de los menores de 18 años. Se incluyeron los que completaron las tres variables antropométricas (peso, estatura y circunferencia de la cintura). Se excluyeron los escolares que presentaron algún tipo de discapacidad física y los que tenían más de 18 años (14 chicos y 10 chicas).

TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS

Para el proceso de evaluación antropométrica se conformó un equipo de profesionales de educación física con amplia experiencia. Las medidas antropométricas se midieron en las instalaciones de los colegios (departamento de educación física) en horario escolar durante los años 2015 a 2017. El protocolo utilizado fue según las recomendaciones de Ross, Marfell-Jones (17), en las que se describe la evaluación con la menor cantidad de ropa posible y sin zapatos, tanto para el peso como para la estatura y la circunferencia de la cintura.

El peso corporal (kg) se evaluó usando una balanza electrónica (Tanita BC 730, Reino Unido) con escala de 0 a 150 kg y con precisión de 100 g. La estatura de pie se midió con un estadiómetro portátil (Seca 216, Gmbh & Co. KG, Hamburgo, Alemania) con precisión de 0.1 mm y según el plano de Frankfurt. La circunferencia de la cintura CC (cm) se midió en el punto medio entre las costillas inferiores y la parte superior de la cresta ilíaca con una cinta de medición antropométrica de metal, marca Seca, graduada en milímetros y con una precisión de 0.1 cm. Las tres variables antropométricas (peso, estatura y CC) se midieron en dos oportunidades (test y retest). El error técnico de medición intra-evaluador e inter-evaluador fue inferior al 1,5 %. La certificación otorgada a los evaluadores fue del nivel II por parte de la Sociedad Internacional para el Avance de la Kinantropometría (ISAK).

Se calculó el índice de masa corporal (IMC) por medio de la fórmula de Quetelet: IMC = peso (kg) / estatura^2 (m). Las Z-scores se determinaron utilizando los puntos de corte propuestos por la organización mundial de la salud (OMS) (18).

El estado de madurez (EM) se determinó a través de una ecuación de regresión somática propuesta por Moore y cols. (11). Estas ecuaciones utilizan como predictores la edad cronológica y la estatura de pie para ambos sexos: donde:

Chicas: estado de madurez (años) =
-7,709133 + (0,0042232 x (edad x estatura))

Chicos: estado de madurez (años) =
-7,999994 + (0,0036124 x (edad x estatura)).

Este método antropométrico no invasivo entrega valores negativos (edad del pico de velocidad (PVC) aún no alcanzada), cero (edad actual del PVC alcanzada) y valores positivos (edad del pico de velocidad superada). Estos valores determinan la distancia en años del PVC. Los valores del PVC se redondean al número entero más cercano: por ejemplo, -4APV significa que faltan 4 años para alcanzar el PVC; 0PVC señala que se está en el momento del PVC; y +1PVC significa que se pasó un año del PVC.

ESTADÍSTICA

Se utilizó la corrección de significación de Lilliefors para contrastar si un conjunto de datos se ajusta o no a una distribución normal. Todos los datos fueron normales y se verificaron por el test de Kolmogorov-Smirnov (K-S). Se calculó la estadística descriptiva (promedio, desviación estándar, rango). Las diferencias entre ambos sexos se determinaron por medio de la prueba de la "t" para muestras independientes. Se aplicó el método LMS (19) para sintetizar los cambios de la distribución de estas mediciones antropométricas durante el crecimiento en función de la edad. Las curvas L, M y S representan la asimetría (lambda), la mediana (mu) y el coeficiente de variación (sigma), respectivamente. El método LMS usa la transformación "Box-Cox" para ajustar la distribución de datos antropométricos a una distribución normal, minimizando los efectos de la asimetría. Los parámetros L, M y S se calcularon según el método penalizado máximo (20). El procesamiento de datos se realizó utilizando el software LMS Chartmaker Pro (The Institute of Child Health, Londres, Reino Unido) (21). En todos los casos se consideró una $p < 0,05$ como significativa. Los cálculos se efectuaron en planillas de Excel y SPSS 18.0.

RESULTADOS

Las variables que caracterizan a la muestra estudiada se observan en la tabla I. Los chicos presentaron mayor peso, estatura, IMC y CC en relación con las mujeres ($p < 0,05$); sin embargo, las mujeres mostraron un estado de madurez más avanzado que el de los chicos ($p < 0,05$) y un ICE mayor que el de los chicos ($p < 0,05$). Además, no hubo diferencias significativas en términos de edad cronológica y Z-score entre ambos sexos ($p > 0,05$).

Las distribuciones de los percentiles (P3, P10, P25, P50, P75, P90 y P97) para las variables de crecimiento físico (peso y estatura) se observan en la tabla II y las de la adiposidad corporal (IMC, CC e ICE) en la tabla III para los chicos y la tabla IV para las chicas. Los niveles de APVC para el crecimiento físico y la adiposidad corporal (IMC, CC e ICE) en los chicos oscilan desde -5APVC hasta +4APVC, y en las mujeres desde -5APVC hasta +5APVC. Los valores de las medianas de las variables de crecimiento físico y adiposidad corporal en ambos sexos aumentan conforme avanza el estado de madurez (desde -5APVC hasta +5APVC).

DISCUSIÓN

El estudio desarrolló percentiles para evaluar el crecimiento físico y la adiposidad corporal de los niños y adolescentes chilenos, basados en el control del estado de madurez. Para tal fin se utilizó el método LMS para generar los percentiles, puesto que presenta ventajas particulares en relación con los métodos tradicionales, especialmente cuando se crean patrones de crecimiento físico (22), adiposidad corporal (23) y masa libre de grasa (24).

Tabla I. Características antropométricas de la muestra estudiada

Indicadores	Chicos			Chicas			
	n	X	DE	n	X	DE	p
Edad (años)	4214	13,79	2,94	3804	13,43	3,13	0,061
EM (APVC)	4214	13,70	0,61	3804	12,11	0,60	0,000
Crecimiento físico							
Peso (kg)	4214	56,85	16,56	3804	51,96	14,38	0,000
Estatura (cm)	4214	159,55	15,71	3804	151,79	12,43	0,000
Adiposidad corporal							
IMC (kg/m^2)	4214	21,85	3,84	3804	22,14	4,11	0,001
CC (cm)	4214	74,54	11,67	3804	71,56	10,33	0,000
ICE (i.e)	4214	0,46	0,06	3804	0,47	0,06	0,006
Z-score	4214	0,37	1,08	3804	0,11	1,1	0,064

X: promedio; DE: desviación estándar; EM: estado de madurez; APVC: años de pico de velocidad de crecimiento; IMC: índice de masa corporal; CC: circunferencia de la cintura; ICE: índice cintura-estatura.

Tabla II. Valores referenciales de las variables de crecimiento físico (peso y estatura) por APVC y sexo

EM (APVC)	L	M	S	P3	P5	P10	P15	P25	p50	P75	P85	P90	P95	P97
Chicos														
Peso (kg)														
-5	-0,83	26,76	0,21	19,0	19,8	21,0	21,9	23,4	26,8	31,1	34,0	36,3	40,2	43,2
-4	-0,56	32,23	0,21	22,7	23,6	25,2	26,3	28,2	32,2	37,3	40,5	42,9	47,0	50,0
-3	-0,35	37,81	0,20	26,4	27,6	29,5	30,9	33,1	37,8	43,5	47,0	49,7	53,9	56,9
-2	-0,26	43,60	0,20	30,6	31,9	34,1	35,7	38,3	43,6	49,9	53,8	56,6	61,2	64,4
-1	-0,30	49,66	0,19	35,4	36,8	39,3	41,0	43,8	49,7	56,6	60,8	63,9	68,9	72,5
0	-0,45	55,92	0,18	40,7	42,3	44,9	46,7	49,7	55,9	63,4	68,0	71,4	77,0	80,9
1	-0,68	61,69	0,17	46,2	47,7	50,3	52,2	55,2	61,7	69,5	74,5	78,2	84,2	88,6
2	-0,97	66,16	0,16	50,8	52,3	54,9	56,7	59,7	66,2	74,2	79,3	83,2	89,7	94,5
3	-1,29	69,90	0,15	54,9	56,4	58,9	60,7	63,6	69,9	77,9	83,2	87,2	94,1	99,3
4	-1,61	73,49	0,14	59,0	60,4	62,8	64,5	67,3	73,5	81,4	86,7	90,8	97,9	103,4
Estatura (cm)														
-5	-1,73	121,50	0,05	111,9	113,0	114,7	116,0	117,8	121,5	125,5	127,9	129,5	132,0	133,7
-4	-0,84	130,44	0,05	120,1	121,3	123,3	124,6	126,6	130,4	134,5	136,8	138,4	140,9	142,5
-3	0,23	138,85	0,04	127,9	129,2	131,3	132,7	134,8	138,9	143,0	145,2	146,8	149,1	150,6
-2	1,35	146,85	0,04	135,3	136,8	139,0	140,5	142,8	146,9	150,9	153,1	154,6	156,7	158,1
-1	2,04	154,77	0,04	143,0	144,5	146,9	148,4	150,7	154,8	158,8	160,9	162,3	164,4	165,7
0	2,02	162,04	0,04	150,6	152,1	154,3	155,8	158,0	162,0	166,0	168,0	169,4	171,4	172,7
1	1,49	167,51	0,03	156,7	158,1	160,2	161,6	163,7	167,5	171,3	173,3	174,7	176,7	178,0
2	0,79	170,99	0,03	160,7	162,0	164,0	165,3	167,3	171,0	174,7	176,7	178,1	180,1	181,4
3	0,04	174,14	0,03	164,4	165,6	167,4	168,7	170,6	174,1	177,8	179,8	181,1	183,2	184,5
4	-0,72	177,95	0,03	168,6	169,7	171,5	172,7	174,5	178,0	181,5	183,5	184,9	186,9	188,3
Chicas														
Peso (kg)														
-5	-0,6	22,71	0,208	16,0	16,6	17,7	18,5	19,9	22,7	26,3	28,6	30,3	33,3	35,4
-4	-0,54	27,17	0,204	19,2	20,0	21,3	22,2	23,8	27,2	31,4	34,0	36,0	39,4	41,8
-3	-0,47	32,17	0,2	22,8	23,7	25,3	26,4	28,2	32,2	37,0	40,0	42,3	46,0	48,7
-2	-0,4	37,53	0,195	26,7	27,8	29,6	30,9	33,0	37,5	43,0	46,3	48,8	52,9	55,8
-1	-0,36	43,08	0,188	30,9	32,1	34,2	35,7	38,0	43,1	49,1	52,7	55,5	59,8	62,9
0	-0,39	48,49	0,182	35,2	36,6	38,8	40,4	43,0	48,5	55,0	59,0	61,9	66,6	70,0
1	-0,52	53,06	0,175	39,2	40,6	42,9	44,6	47,3	53,1	60,0	64,2	67,4	72,5	76,2
2	-0,73	56,25	0,17	42,2	43,6	46,0	47,7	50,4	56,3	63,4	67,9	71,3	76,9	81,0
3	-0,96	58,28	0,166	44,3	45,7	48,0	49,7	52,4	58,3	65,6	70,4	74,0	80,1	84,5
4	-1,2	60,09	0,163	46,3	47,7	49,9	51,5	54,2	60,1	67,6	72,5	76,4	82,9	87,9
5	-1,42	61,92	0,158	48,3	49,6	51,8	53,4	56,1	61,9	69,5	74,6	78,6	85,7	91,2
Estatura (cm)														
-5	-5,62	114,8	0,047	106,9	107,7	109,0	110,0	111,5	114,8	118,9	121,5	123,5	127,0	129,6
-4	-3,85	123,1	0,045	114,4	115,3	116,9	117,9	119,6	123,1	127,1	129,6	131,3	134,2	136,3
-3	-1,97	131,2	0,043	121,8	122,8	124,6	125,8	127,6	131,2	135,2	137,5	139,1	141,6	143,3
-2	0,321	139	0,041	128,6	129,9	131,9	133,2	135,2	139,0	142,8	144,9	146,4	148,5	149,9
-1	2,471	146	0,039	134,8	136,3	138,5	140,0	142,1	146,0	149,7	151,7	153,0	154,9	156,1
0	3,701	151,8	0,037	140,3	141,9	144,3	145,8	148,0	151,9	155,5	157,3	158,5	160,3	161,4
1	3,933	155,9	0,035	144,5	146,1	148,4	149,9	152,1	155,9	159,4	161,2	162,4	164,1	165,2
2	3,55	158,1	0,034	147,2	148,6	150,9	152,3	154,4	158,1	161,6	163,3	164,5	166,3	167,3
3	2,803	159,2	0,033	148,8	150,2	152,3	153,7	155,6	159,2	162,6	164,4	165,6	167,4	168,5
4	1,754	160,8	0,031	151,1	152,3	154,2	155,5	157,3	160,8	164,2	165,9	167,1	168,9	170,1
5	0,573	163,3	0,03	154,2	155,3	157,0	158,2	160,0	163,3	166,6	168,4	169,7	171,5	172,7

EM: estado de madurez, APVC: años de pico de velocidad de crecimiento, L: asimetría (lambda), M mediana y S: coeficiente de variación (sigma).

Tabla III. Valores referenciales de las variables de adiposidad corporal (IMC, CC e ICE) por APVC en los chicos

EM (APVC)	n	L	M	S	P3	P5	P10	P15	P25	p50	P75	P85	P90	P95	P97
IMC (kg/m²)															
-5	170	-1,50	17,19	0,17	13,3	13,7	14,3	14,7	15,5	17,2	19,5	21,0	22,3	24,6	26,4
-4	240	-1,17	18,12	0,17	13,8	14,2	14,9	15,5	16,3	18,1	20,5	22,1	23,3	25,4	27,0
-3	363	-0,90	19,00	0,17	14,4	14,8	15,6	16,1	17,0	19,0	21,5	23,0	24,2	26,2	27,7
-2	365	-0,72	19,75	0,17	14,8	15,3	16,1	16,7	17,7	19,8	22,3	23,9	25,1	27,0	28,4
-1	412	-0,63	20,28	0,17	15,2	15,7	16,5	17,2	18,2	20,3	22,9	24,5	25,6	27,6	29,0
0	609	-0,61	20,82	0,17	15,6	16,1	17,0	17,7	18,7	20,8	23,4	25,0	26,2	28,2	29,5
1	676	-0,70	21,52	0,16	16,3	16,9	17,7	18,4	19,4	21,5	24,1	25,7	27,0	28,9	30,4
2	749	-0,89	22,19	0,16	17,1	17,6	18,5	19,1	20,1	22,2	24,8	26,4	27,6	29,7	31,2
3	533	-1,11	22,63	0,15	17,7	18,2	19,0	19,6	20,6	22,6	25,2	26,8	28,0	30,1	31,6
4	97	-1,34	22,83	0,14	18,2	18,7	19,4	20,0	20,9	22,8	25,3	26,9	28,1	30,2	31,7
CC (cm)															
-5	170	-1,82	59,47	0,12	49,4	50,4	52,1	53,3	55,2	59,5	64,8	68,2	70,9	75,4	78,8
-4	240	-1,68	63,23	0,12	52,3	53,4	55,2	56,5	58,7	63,2	68,9	72,6	75,4	80,2	83,7
-3	363	-1,58	66,47	0,12	54,8	56,0	57,9	59,3	61,6	66,5	72,5	76,3	79,3	84,2	87,8
-2	365	-1,54	68,97	0,12	56,8	58,1	60,1	61,6	63,9	69,0	75,2	79,2	82,2	87,3	91,0
-1	412	-1,58	71,21	0,12	58,8	60,1	62,1	63,6	66,0	71,2	77,6	81,7	84,8	90,0	93,8
0	609	-1,69	73,70	0,12	61,2	62,4	64,5	66,0	68,5	73,7	80,2	84,4	87,5	92,9	96,9
1	676	-1,86	76,15	0,11	63,7	64,9	67,0	68,5	70,9	76,2	82,7	86,9	90,1	95,6	99,7
2	749	-2,10	77,88	0,11	65,8	67,0	69,0	70,5	72,8	77,9	84,2	88,4	91,6	97,1	101,2
3	533	-2,37	79,09	0,10	67,7	68,8	70,7	72,1	74,3	79,1	85,2	89,1	92,2	97,5	101,6
4	97	-2,64	80,23	0,09	69,5	70,5	72,3	73,6	75,7	80,2	85,9	89,7	92,6	97,7	101,6
ICE (i.e)															
-5	170	-0,02	0,49	0,00	0,41	0,42	0,43	0,44	0,46	0,49	0,52	0,55	0,56	0,59	0,61
-4	240	-0,01	0,48	0,00	0,40	0,41	0,42	0,43	0,45	0,48	0,52	0,54	0,56	0,59	0,61
-3	363	-0,01	0,48	0,00	0,40	0,40	0,42	0,43	0,44	0,48	0,51	0,54	0,56	0,58	0,61
-2	365	-0,01	0,47	0,00	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43	0,47	0,51	0,53	0,55	0,58	0,60
-1	412	-0,01	0,46	0,00	0,38	0,39	0,40	0,41	0,43	0,46	0,50	0,52	0,54	0,57	0,59
0	609	-0,02	0,45	0,00	0,38	0,39	0,40	0,41	0,42	0,45	0,49	0,52	0,54	0,57	0,59
1	676	-0,02	0,46	0,00	0,38	0,39	0,40	0,41	0,43	0,46	0,49	0,52	0,54	0,57	0,59
2	749	-0,02	0,46	0,00	0,38	0,39	0,40	0,41	0,43	0,46	0,50	0,52	0,54	0,57	0,59
3	533	-0,02	0,46	0,00	0,39	0,39	0,40	0,41	0,43	0,46	0,49	0,52	0,53	0,56	0,58
4	97	-0,02	0,46	0,00	0,39	0,39	0,40	0,41	0,43	0,46	0,49	0,51	0,53	0,56	0,58

EM: estado de madurez; APVC: años de pico de velocidad de crecimiento; L: asimetría (lambda); M: mediana; S: coeficiente de variación (sigma); IMC: índice de masa corporal; CC: circunferencia de la cintura; ICE: índice cintura-estatura.

En este contexto, las variables de crecimiento (peso y estatura) y adiposidad corporal (IMC, CC, ICE) podrían analizarse objetivamente a partir de los percentiles propuestos por el EM; además, su valoración es posible realizarla en tiempo real por medio del siguiente enlace: www.http://www.reidebihu.net/cf_ac_chile.php. Esta información es relevante para identificar las variaciones interindividuales durante el periodo de crecimiento y desarrollo puesto que, por lo general, suelen confundirse temporalmente debido a una maduración más rápida o lenta entre los niños y adolescentes.

Las características del crecimiento físico y de la adiposidad corporal lento y acelerado podrían identificarse dentro de los límites extremos de los percentiles propuestos (25) ya que las referencias propuestas en este estudio permiten ajustar el EM en

Tabla IV. Valores referenciales de las variables de adiposidad corporal (IMC, CC e ICE) por APVC en las chicas

EM (APVC)	n	L	M	S	P3	P5	P10	P15	P25	p50	P75	P85	P90	P95	P97
IMC (kg/m²)															
-5	40	-0,3	17,37	0,16	13,1	13,5	14,3	14,8	15,6	17,4	19,4	20,6	21,4	22,8	23,7
-4	209	-0,43	17,93	0,16	13,5	14,0	14,7	15,3	16,1	17,9	20,0	21,3	22,2	23,7	24,7
-3	196	-0,56	18,64	0,16	14,1	14,6	15,4	15,9	16,8	18,6	20,8	22,2	23,2	24,8	25,9
-2	256	-0,68	19,4	0,16	14,7	15,2	16,0	16,6	17,5	19,4	21,7	23,1	24,2	25,9	27,2
-1	317	-0,79	20,17	0,16	15,4	15,9	16,7	17,3	18,2	20,2	22,6	24,1	25,2	27,1	28,4
0	381	-0,88	21,01	0,16	16,1	16,6	17,4	18,0	19,0	21,0	23,5	25,1	26,3	28,3	29,7
1	492	-0,98	21,84	0,16	16,9	17,4	18,2	18,8	19,8	21,8	24,4	26,1	27,3	29,4	30,9
2	629	-1,13	22,53	0,15	17,5	18,0	18,9	19,5	20,4	22,5	25,2	26,9	28,2	30,4	32,0
3	616	-1,3	23,03	0,15	18,1	18,5	19,4	20,0	20,9	23,0	25,7	27,5	28,8	31,2	32,9
4	578	-1,44	23,32	0,15	18,4	18,9	19,7	20,3	21,2	23,3	26,0	27,8	29,2	31,6	33,4
5	90	-1,58	23,35	0,15	18,6	19,0	19,8	20,4	21,3	23,4	26,0	27,8	29,2	31,6	33,5
CC (cm)															
-5	40	-1,95	56,33	0,11	47,7	48,5	50,0	51,0	52,7	56,3	60,8	63,7	65,9	69,6	72,3
-4	209	-1,85	59,43	0,11	50,0	50,9	52,5	53,7	55,5	59,4	64,3	67,4	69,8	73,8	76,8
-3	196	-1,75	62,51	0,11	52,3	53,3	55,0	56,3	58,2	62,5	67,8	71,1	73,7	78,0	81,2
-2	256	-1,63	65,21	0,11	54,3	55,4	57,2	58,6	60,7	65,2	70,8	74,3	77,0	81,4	84,7
-1	317	-1,5	67,66	0,11	56,2	57,4	59,3	60,7	62,9	67,7	73,4	77,1	79,8	84,3	87,6
0	381	-1,38	69,98	0,11	58,0	59,2	61,2	62,7	65,0	70,0	75,9	79,6	82,4	87,0	90,3
1	492	-1,28	71,87	0,11	59,4	60,7	62,8	64,3	66,8	71,9	78,0	81,8	84,6	89,2	92,5
2	629	-1,22	73,13	0,12	60,3	61,7	63,9	65,4	67,9	73,1	79,4	83,2	86,1	90,7	94,1
3	616	-1,23	73,98	0,11	61,1	62,4	64,6	66,2	68,7	74,0	80,3	84,2	87,0	91,7	95,1
4	578	-1,32	74,81	0,11	62,0	63,3	65,5	67,1	69,6	74,8	81,1	85,0	87,9	92,7	96,1
5	90	-1,44	75,4	0,11	62,8	64,1	66,2	67,8	70,2	75,4	81,6	85,5	88,5	93,3	96,7
ICE (i.e)															
-5	40	-0,02	0,49	0,00	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,49	0,52	0,54	0,56	0,59	0,61
-4	209	-0,02	0,48	0,00	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,48	0,52	0,54	0,56	0,59	0,61
-3	196	-0,02	0,48	0,00	0,40	0,41	0,42	0,43	0,45	0,48	0,51	0,54	0,56	0,59	0,61
-2	256	-0,02	0,47	0,00	0,40	0,40	0,42	0,42	0,44	0,47	0,51	0,53	0,55	0,58	0,61
-1	317	-0,02	0,46	0,00	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43	0,46	0,50	0,53	0,55	0,58	0,60
0	381	-0,01	0,46	0,00	0,38	0,39	0,40	0,41	0,43	0,46	0,50	0,52	0,54	0,57	0,59
1	492	-0,01	0,46	0,00	0,38	0,39	0,40	0,41	0,43	0,46	0,50	0,53	0,54	0,57	0,59
2	629	-0,01	0,46	0,00	0,38	0,39	0,40	0,41	0,43	0,46	0,50	0,53	0,55	0,57	0,59
3	616	-0,01	0,47	0,00	0,38	0,39	0,41	0,42	0,43	0,47	0,51	0,53	0,55	0,58	0,60
4	578	-0,01	0,47	0,00	0,38	0,39	0,41	0,42	0,43	0,47	0,51	0,53	0,55	0,57	0,59
5	90	-0,01	0,46	0,00	0,38	0,39	0,41	0,42	0,43	0,46	0,50	0,52	0,54	0,57	0,59

EM: estado de madurez; APVC: años de pico de velocidad de crecimiento; L: asimetría (lambda); M: mediana; S: coeficiente de variación (sigma); IMC: índice de masa corporal; CC: circunferencia de la cintura; ICE: índice cintura-estatura.

una muestra especifica de niños y adolescentes de 6 a 18 años, respectivamente.

Las tablas referenciales expresadas en puntajes Z y/o percentiles para cada edad y sexo sirven para monitorizar el crecimiento y la evaluación del estado nutricional de los niños y adolescentes, y son una prioridad en la práctica clínica cotidiana (26), por lo que los resultados de las evaluaciones pueden usarse como indicadores de salud y bienestar, al tiempo que reflejan las condiciones nutricionales y de vida de una determinada región geográfica (25,27).

Hasta donde se sabe, ninguna de las referencias antropométricas existentes es capaz de determinar el estado de maduración por medio de un método no invasivo (28), excepto los percentiles propuestos para niños y adolescentes brasileños de 8 a 17 años, desarrollados para la región de Sao Caetano en Sao paulo (Brasil) (25). Este estudio utilizó la ecuación de Mirwald y cols. (29) para calcular el EM y, consecuentemente, evaluar el crecimiento y la adiposidad corporal.

Por otro lado, en Chile se identificó el estudio efectuado por Cossio-Bolaños y cols. (30), en el que se estimó la masa grasa a través de la edad cronológica y el EM; sin embargo, tras una exhaustiva búsqueda de información bibliográfica, no se pudieron identificar otros estudios que permitan contrastar los resultados obtenidos en este estudio, por lo que al parecer es necesario desarrollar más investigaciones y así complementar los vacíos observados en esta área.

Las referencias aquí propuestas no son una solución real para el control de la maduración biológica sino, por el contrario, una alternativa que sugiere el uso de una herramienta no invasiva para clasificar a los jóvenes según su EM en poblaciones pediátricas deportivas y no deportivas.

Así pues, controlar el efecto de la madurez y el rango sustancial en el ritmo y el momento del crecimiento en poblaciones pediátricas sigue siendo un desafío (11), especialmente en el ámbito de la investigación, pues abre nuevas posibilidades y perspectivas entre los profesionales para seguir proponiendo alternativas no invasivas y de fácil uso en las ciencias de la salud y del deporte.

En general, las curvas propuestas son de interés clínico ya que los percentiles sirven como referencias normativas frente a las cuales se evalúa y se identifica un crecimiento atípico (31), así como las variaciones de la adiposidad y la composición corporal. Además, el valor real de la curva radica en ayudar a determinar el grado en que se satisfacen las necesidades fisiológicas durante el proceso de crecimiento y desarrollo (32), especialmente si se usan índices antropométricos como el IMC, la CC y el ICE para evaluar los cambios de la adiposidad corporal durante el crecimiento físico.

En general, este estudio presenta varias fortalezas que están relacionadas con el tamaño y el tipo de selección de la muestra, dado que se utilizó una selección de la muestra probabilística, por lo que estos resultados son generalizables a otros contextos con similares características demográficas. Por otro lado, las variables antropométricas utilizadas en este estudio son mediciones no invasivas, de bajo coste y rápida evaluación. Además, se midieron dos veces, garantizando de esta forma la confiabilidad de las medidas antropométricas. Se destaca también que no se encontró ningún estudio transversal y/o longitudinal que permitiera comparar y contrastar el EM en muestras de niños chilenos. Los futuros estudios deberán poner su atención en el desarrollo de curvas longitudinales.

CONCLUSIÓN

Los percentiles aquí propuestos son una alternativa para evaluar el crecimiento físico y la adiposidad corporal en función del EM en niños y adolescentes chilenos. Los resultados sugieren la utilidad del uso de esta técnica no invasiva en los contextos tanto clínicos como epidemiológicos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Gomez-Campos R, Arruda M, Luarte-Rocha C, Urra Albornoz C, Almonacid Fierro A, Cossio-Bolaños M. Enfoque teórico del crecimiento físico de niños y adolescentes. Rev Esp Nutr Hum Diet 2016;20(3):244-53. DOI: 10.14306/renhyd.20.3.198
2. Gómez-Campos R, Arruda M, Hobold E, Abella CP, Camargo C, Cossio-Bolaños M. Valoración de la maduración biológica: usos y aplicaciones en el ámbito escolar. Rev Andal Med Deporte 2013;6(4):151-60. DOI: 10.1016/S1888-7546(13)70051-0
3. Garcia C, Teles J, Barrigas C, Fragoso I. Health-related quality of life of Portuguese children and adolescents according to their biological maturation and volume of physical activity. Qual Life Res 2018;27:1483-92. DOI: 10.1007/s11136-018-1822-7
4. Avenell A, Gillespie WJ, Gillespie LD, O'Connell D. Vitamin D and vitamin D analogues for preventing fractures associated with involutional and post-menopausal osteoporosis. Cochrane Database Syst Rev 2005;3:CD000227. DOI: 10.1002/14651858.CD000227.pub2
5. McLaughlin T, Craig C, Liu LF, Perelman D, Allister C, Spielman D, et al. Adipose cell size and regional fat deposition as predictors of metabolic response to overfeeding in insulin resistant and insulin-sensitive humans. Diabetes 2016;65:1245-54. DOI: 10.2337/db15-1213
6. Birsoy K, Festuccia WT, Laplante M. A comparative perspective on lipid storage in animals. J Cell Sci 2013;126:1541-52. DOI: 10.1242/jcs.104992
7. Sherar LB, Cumming SP, Eisenmann JC, Baxter-Jones ADG, Malina RM. Adolescent biological maturity and physical activity: biology meets behavior. Pediatric Exerc Sci 2010;22(3):332-49. DOI: 10.1123/pes.22.3.332
8. Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. Growth, Maturation and Physical Activity, 2nd Ed. Human Kinetics, Champaign, IL; 2004. DOI: 10.5040/9781492596837
9. Malina RM, Rogol AD, Cumming SP, Coelho E, Silva MJ, Figueiredo AJ. Biological maturation of youth athletes: assessment and implications. Br J Sports Med 2015;49(13):852-9. DOI: 10.1136/bjsports-2015-094623
10. Mirwald RL, Baxter-Jones ADG, Bailey DA, Beunen GP. An assessment of maturity from anthropometric measurements. Med Sci Sports Exerc 2002;34:689-94.
11. Moore SA, McKay HA, Macdonald H, Nettlefold L, Baxter-Jones AD, Cameron N. Enhancing a somatic maturity prediction model. Med Sci Sports Exerc 2015;47:1755-64. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000588
12. Kuczmarski R, Ogden C, Grummer-Strawn L, Flegal KM, Guo SS, Wei R, et al. CDCgrowth charts: United States. Advance Data From Vital Andhealth Statistics. Hyattsville, MD: U.S. Department of Health and Human Services; 2000.
13. WHO Multicentre Growth ReferenceStudy Group. Assessment of differences in linear growthamong populations in the WHO Multicentre Growth Reference Study. Acta Paediatr Suppl 2006;450:56-65. DOI: 10.1111/j.1651-2227.2006.tb02376.x
14. Fryar CD, Gu Q, Ogden CL. Anthropometric referencedata for children and adults: United States, 2007–2010.National Center for Health Statistics. Vital Health Stat 2012;11:1-28. Disponible en: https://www.cdc.gov/nchs/ data/series/sr_11/sr11_252.pdf
15. Gomez-Campos R, Arruda M, Andruske CL, Leite-Portella D, Pacheco-Carrillo J, Urral-Albornoz C, et al. Physical Growth and Body Adiposity Curves in Students of the Maule Region (Chile). Front Pediatr 2019;6;7:323. DOI: 10.3389/fped.2019.00323
16. Cossio-Bolaños M, Vidal-Espinoza R, Castelli Correia de Campos LF, Sulla-Torres J, Cossio-Bolaños W, Urra-Albornoz C, et al. Ecuaciones que predicen el estado de madurez: Validación en muestra transversal y propuesta de percentiles para evaluar el crecimiento físico y adiposidad corporal en niños y adolescentes chilenos. Endocrinol Diabetes Nutr 2021. En prensa.
17. 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.
18. de Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. Bulletin of the World Health Organization 2007;85(9):660-7. DOI: 10.2471/BLT.07.043497

19. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: International survey. BMJ 2000;320(7244):1240-3. DOI: 10.1136/bmj.320.7244.1240
20. Cole TJ, Green PJ. Smoothing reference centile curves: The LMS method and penalized likelihood. Statistic in Medicine 1992;11:1305-19. DOI: 10.1002/sim.4780111005
21. Pan H, Cole TJ. LMS Chartmaker 2006 [Acceso 28 de marzo de 2015]. Disponible en: http://www.healthforallchildren.co.uk.
22. Kułaga Z, Litwin M, Tkaczyk M, Palczewska I, Zajaczkowska M, Zwolińska D, Krynicki T, et al: Polish 2010 growth references for school-aged children and adolescents. Eur J Pediatr 2011;170:599-609. DOI: 10.1007/s00431-010-1329-x
23. Gómez-Campos R, Andruske CL, Hespanhol J, Torres JS, Arruda M, Luarte-Rocha C, et al. Waist Circumferences of Chilean Students: Comparison of the CDC-2012 Standard and Proposed Percentile Curves. International journal of environmental research and public health 2015;12(7):7712-24. DOI: 10.3390/ijerph120707712
24. Cossio-Bolaños MA, Andruske CL, de Arruda M, Sulla-Torres J, Urra-Albornoz C, Rivera-Portugal M, et al. Muscle Mass in Children and Adolescents: Proposed Equations and Reference Values for Assessment. Front Endocrinol 2019;10:583. DOI: 10.3389/fendo.2019.00583
25. Leite Portella D, Arruda M, Gómez-Campos R, Checkin Portella G, Andruske CL, Cossio-Bolaños MA. Physical Growth and Biological Maturation of Children and Adolescents: Proposed Reference Curves. Ann Nutr Metab 2017;70(4):329-37. DOI: 10.1159/000475998
26. Chung S. Growth and Puberty in Obese Children and Implications of Body Composition. Journal of obesity & metabolic síndrome 2017;26(4):243-50. DOI: 10.7570/jomes.2017.26.4.243
27. Molinari L, Gasser T, Largo RH. TW3 bone age: RUS/CB and gender differences of percentiles for score and score increments. Ann Hum Biol 2004;31(4):421-35. DOI: 10.1080/03014460410001723969
28. Coelho-e-Silva MJ, Vaz Ronque ER, Cyrino ES, Fernandes RA, Valente-dos-Santos J, Machado-Rodrigues A, et al. Nutritional status, biological maturation and cardiorespiratory fitness in Azorean youth aged 11-15 years. BMC Public Health 2013;13:495. DOI: 10.1186/1471-2458-13-495
29. Mirwald RL, Baxter-Jones ADG, Bailey DA, Beunen GP. An assessment of maturity from anthropometric measurements. Med Sci Sports Exerc 2002;34:689-94.
30. Cossio-Bolaños M, de Arruda M, Sulla Torres J, Urra 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. DOI: 10.5546/aap.2017.eng.453
31. Wang Y, Chung MK, Vorperian HK. Composite growth model applied to human oral and pharyngeal structures and identifying the contribution of growth types. Stat Methods Med Res 2016;25(5):1975-90. DOI: 10.1177/0962280213508849
32. de Onis M. Growth curves for school age children and adolescents. Indian Pediatr 2009;46:463-5.