

ORIGINAL

Índice de masa corporal e índice de masa triponderal de 1.453 niños no obesos ni malnutridos de la generación del milenio. Estudio longitudinal de Barcelona

Antonio Carrascosa^{a,b,*}, Diego Yeste^{a,b}, Antonio Moreno-Galdó^{b,c}, Miquel Gussinyé^a, Ángel Ferrández^d, María Clemente^{a,b} y Mónica Fernández-Cancio^{a,b}

^a Servicio de Endocrinología Pediátrica, Hospital Universitario Materno-Infantil Vall d'Hebron. Universidad Autónoma de Barcelona, Vall d'Hebron (Barcelona), España

^b CIBER de Enfermedades Raras (CIBERER) ISCIII

^c Sección de Neumología Pediátrica, Hospital Universitario Materno-Infantil Vall d'Hebron. Universidad Autónoma de Barcelona, Vall d'Hebron (Barcelona), España

^d Centro Andrea Prader, Zaragoza, España

Recibido el 19 de septiembre de 2017; aceptado el 7 de diciembre de 2017

PALABRAS CLAVE

Índice de masa corporal;
Índice de masa triponderal;
Niños de la generación del milenio sanos sin malnutrición;
Niños de la generación del milenio sanos no obesos

Resumen

Introducción: Hasta el momento no se han comunicado valores del índice de masa corporal (IMC) ni del índice de masa triponderal (IMT) de niños sanos sin malnutrición ni obesidad de la generación del milenio. Nuestro objetivo fue obtener estos valores.

Sujetos y métodos: Estudio longitudinal de crecimiento (1995-2017) en 1.453 niños sanos sin malnutrición ni obesidad de la generación del milenio desde el nacimiento ($n = 477$) o los 4 años de edad ($n = 976$) hasta los 18 años en mujeres y los 19 años en varones (25.851 mediciones antropométricas).

Resultados: En ambos sexos, los valores medios del IMC según la edad aumentaron entre el nacimiento y el año de edad, luego decrecieron hasta los 5 años de edad y finalmente aumentaron a partir de dicha edad. Los valores del IMT según la edad descendieron abruptamente en los 6 primeros años de vida y lentamente a partir de esa edad en ambos sexos. Aunque a algunas edades los valores medios del IMC difirieron de manera significativa entre los sexos, esas diferencias fueron pequeñas y de escasa relevancia clínica. Lo mismo ocurrió con los valores del IMT según la edad. Los puntos de corte del IMC según la edad obtenidos para definir la malnutrición (-2 DE) fueron similares a los propuestos por Cole y la OMS en ambos sexos. En cambio, los puntos de corte del IMC según la edad obtenidos para definir la obesidad ($+2$ DE) fueron

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: ancarrascosa@vhebron.net (A. Carrascosa).

menores en ambos sexos (1,0-5,3) en comparación con los propuestos por Cole y similares a los propuestos por la OMS hasta los 12 años en niñas y los 14 en niños, e inferiores (1,0-4,8) a los de la OMS a partir de dichas edades.

Conclusiones: Presentamos valores del IMC y el IMT según la edad de niños sanos sin malnutrición ni obesidad de la generación del milenio. No se observaron diferencias significativas entre los 2 sexos. Estos valores podrían emplearse para evaluar la malnutrición y la obesidad en poblaciones pediátricas actuales y para estudiar la relación entre el IMC y el IMT (según la edad) en la práctica clínica.

© 2018 Publicado por Elsevier España, S.L.U. en nombre de Asociación Española de Pediatría.

KEYWORDS

Body mass index;
Tri-ponderal mass
index;
Healthy
non-underweight
millennials children;
Healthy non-obese
millennials children

Body mass index and tri-ponderal mass index of 1,453 healthy non-obese, non-undernourished millennial children. The Barcelona longitudinal growth study

Abstract

Introduction: Body mass index-for age (BMI) and tri-ponderal mass index-for-age (TMI) values of healthy non-underweight, non-obese millennial children have not been reported until now. We aimed to obtain these values.

Subjects and methods: Longitudinal growth study (1995-2017) of 1,453 healthy non-underweight, non-obese millennial children, from birth ($n = 477$) or from 4 years of age ($n = 976$) to 18 years in girls and 19 years in boys (25,851 anthropometric measurements).

Results: In each sex, mean BMI-for-age values increased from birth to one year, declined until 5 and increased from then onwards. Mean TMI-for-age values decreased abruptly during the first 6 years of age and slowly thereafter, in both sexes. Although, at some ages, mean BMI-for-age values differed statistically between sexes, differences were scant and of poor clinical significance. The same occurred for TMI-for-age values. BMI-for-age cut-off values to define underweight status (-2 SD) were similar to those proposed by Cole and the WHO for both sexes. However, BMI-for-age cut-off values to define obesity ($+2$ SD) were lower in both sexes (1.0-5.3) than those proposed by Cole and similar to those proposed by the WHO until 12 in girls and 14 in boys and lower (1.0-4.8) from these ages onwards.

Conclusions: BMI-for-age and TMI-for-age values of healthy non-underweight, non-obese millennial children are provided. No clinically relevant differences were observed between sexes. These values may be used to measure underweight status and obesity in present pediatric populations and to evaluate the relationship between BMI-for-age and TMI-for-age in a clinical setting.

© 2018 Published by Elsevier España, S.L.U. on behalf of Asociación Española de Pediatría.

Introducción

El índice de masa corporal (IMC) (peso/talla²) se utiliza para evaluar la malnutrición y la obesidad en niños y adolescentes¹⁻⁸. Sin embargo, se sigue debatiendo qué valores de IMC para la edad deberían emplearse como referencia. Los datos de referencia para el IMC empleados actualmente proceden de estudios transversales de crecimiento que incluyen niños obesos y no obesos⁸⁻¹⁵, o de encuestas realizadas el siglo pasado, exceptuando los valores de referencia de la OMS para los primeros 5 años de vida¹⁶⁻²⁰. Por lo tanto, carecemos de datos sobre poblaciones pediátricas actuales sin malnutrición ni obesidad que puedan servir de valores de referencia.

Estudios recientes indican que el índice de masa tri-ponderal (IMT) (peso/talla³)^{1,21} estima los niveles de grasa corporal con mayor precisión que el IMC en niños y adolescentes de 8 a 17 años de edad, y se ha propuesto sustituir el uso de valores z-score del IMC por los del IMT²².

Nuestro objetivo era obtener valores de referencia del IMC y el IMT según la edad (del nacimiento a los 18 años de edad en mujeres y a los 19 en varones) de los niños sanos sin malnutrición ni obesidad de la generación del milenio incluidos en el estudio longitudinal de crecimiento de Barcelona (1995-2017). Además, como el crecimiento puberal (ganancias de talla y peso) varía significativamente según la edad de inicio del brote de crecimiento puberal²³⁻²⁵, decidimos investigar si lo mismo ocurre también con los valores del IMC y el IMT para la edad.

Sujetos y métodos

El grupo estudiado comprendió 1.908 niños sanos de un barrio de clase media-alta de Barcelona. Durante el período de estudio, 132 niños fueron excluidos por obesidad (exploración física e IMC $> 2,0$ DE de controles de la misma edad y sexo)¹², y se perdieron 323 durante el seguimiento. Por lo tanto, 1.453 sujetos (743 mujeres, 710 varones) que

alcanzaron la talla adulta entre enero de 2012 y marzo de 2017 completaron el estudio. Se analizaron los datos correspondientes a sus 25.851 medidas de longitud/talla y peso (12.818 en mujeres; 13.033 en varones). Todas las mujeres habían alcanzado la talla adulta (velocidad de crecimiento < 1 cm/año en 2 intervalos consecutivos de 6-12 meses) a los 17 años, y todos los varones a los 19 años²⁵.

El seguimiento de la población A (239 mujeres, 238 varones) se realizó en 4 prácticas pediátricas: se registraron sus medidas de longitud/talla y peso desde el nacimiento hasta los 18 años en mujeres y hasta los 19 años en varones; el peso y la longitud al nacer fueron normales en relación con la edad gestacional²⁶. El seguimiento de la población B (504 mujeres; 472 varones) se realizó en 4 colegios y sus medidas de talla y peso se registraron de los 4 a los 18 años en mujeres y a los 19 años en varones. No se registraron enfermedades o medicación crónicas ni malnutrición (valores IMC < -2,0 DE de controles de la misma edad y sexo)¹² en ninguna de las 2 poblaciones.

Las medidas de longitud/talla y peso fueron registradas cada 6-12 meses por 4 investigadores en la población A, y una vez al año por uno de los 4 investigadores en la población B, como se ha descrito previamente^{12,24}. La talla se midió con un infantómetro rígido los 2 primeros años de vida, y después con un tallímetro rígido montado en pared en la población A y un tallímetro rígido portátil en la población B. Los tallímetros se calibraron de manera similar durante todo el estudio. El peso se midió con una báscula pesa-bebés los primeros 18 meses de vida y con una báscula de piso digital a partir de esa edad (población A en ropa interior; población B en camiseta y pantalón/falda; se descontaba el peso estimado de la camiseta y la falda/pantalón del peso total). Las medidas se realizaron con una precisión de 0,1 cm para la talla y 0,1 kg para el peso. El IMC (kg/m²) y el IMT (kg/m³) se calcularon para cada medición antropométrica.

Se utilizó el programa de cálculo auxológico Auxolog, elaborado con datos de nuestro estudio longitudinal previo^{24,27}, para generar gráficas de crecimiento según la edad del IMC y el IMT para cada niño. Los niños se clasificaron como maduradores muy tempranos, tempranos, intermedios, tardíos o muy tardíos, de acuerdo con su edad de inicio del brote de crecimiento puberal^{24,25}. Para cada sexo, se calcularon los valores medios de los IMC e IMT según la edad de la población total y de cada uno de los grupos maduradores puberales.

Aspectos éticos

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética del Hospital Universitario de Vall d'Hebron (Barcelona). Se obtuvo el consentimiento informado de los niños y de sus padres o tutores legales.

Análisis estadístico

Los resultados se expresan como media ± DE. Se utilizó la prueba *t* de Student para comparar los valores medios de las medidas antropométricas según la edad en cada sexo, y la *t* de Student para una muestra para comparar las medias de las distintas medidas antropométricas para cada edad en la población total con las medias de cada uno de los 5 grupos

maduradores en ambos sexos. El análisis de datos se realizó con el *software* SAS[®] 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC, EE. UU.).

Resultados

En ambos sexos, los valores medios del IMC según la edad fueron similares en la población total y en cada uno de los 5 grupos maduradores puberales, sin encontrar diferencias significativas entre las poblaciones A y B (datos no mostrados). Lo mismo ocurrió con los valores medios del IMT según la edad (datos no mostrados). Debido a ello, los datos de ambas poblaciones se fusionaron y se analizaron como una única población para cada sexo.

De acuerdo con la edad de inicio del brote de crecimiento puberal, las 743 niñas se consideraron: maduradoras muy tempranas (8-9 años, n = 119), maduradoras tempranas (9-10 años, n = 157), maduradoras intermedias (10-11 años, n = 238), maduradoras tardías (11-12 años, n = 127) y maduradoras muy tardías (12-13 años, n = 102). Y según la edad de inicio del brote de crecimiento puberal, los 710 niños se consideraron: maduradores muy tempranos (10-11 años, n = 110), maduradores tempranos (11-12 años, n = 139), maduradores intermedios (12-13 años, n = 225), maduradores tardíos (13-14 años, n = 133) y maduradores muy tardíos (14-15 años, n = 103).

Índice de masa corporal

En ambos sexos, los valores medios del IMC según la edad en la población total aumentaron desde el nacimiento hasta el primer año de edad, a continuación decrecieron hasta los 5 años de edad, y luego aumentaron progresivamente hasta los 18 años en mujeres y los 19 años en varones (fig. 1). Los valores del IMC según la edad fueron similares en ambos sexos, aunque las diferencias entre mujeres y varones fueron estadísticamente significativas en algunas edades ($p < 0,01$ a los 1, 4, 15, 16, 17 y 18 años). La mayor diferencia se observó a los 18 años (0,7; 3,3%) (tabla 1).

En la población total, los puntos de corte del IMC para definir la malnutrición (-2 DE) según la edad fueron similares a los propuestos por Cole y la OMS para ambos sexos^{16-18,20}. Sin embargo, los puntos de corte del IMC según la edad para definir la obesidad (+2 DE) fueron menores en comparación con los propuestos por Cole (1-18 años) en ambos sexos¹⁹ y similares a los propuestos por la OMS hasta los 12 años de edad en las mujeres y los 14 años de edad en los varones, e inferiores a los de la OMS a partir de dichas edades^{17,18,20}. Las diferencias oscilaron entre 1 y 5,3 con respecto a los puntos de corte propuestos por Cole y entre 1 y 4,8 con respecto a los propuestos por la OMS.

En ambos sexos, los valores medios del IMC según la edad en cada uno de los 5 grupos maduradores fueron similares a los de la población total (fig. 2), aunque se observaron diferencias significativas (rango: 0,3 a 0,8; $p < 0,05$ a $p < 0,001$ en algunas edades (datos no mostrados). Las mayores diferencias se observaron entre el grupo madurador muy temprano y la población total: en niñas de los 8 a los 14 años (0,8; 4,2%; $p < 0,001$) y en varones a los 18 años (0,7; 3,7%; $p < 0,001$).

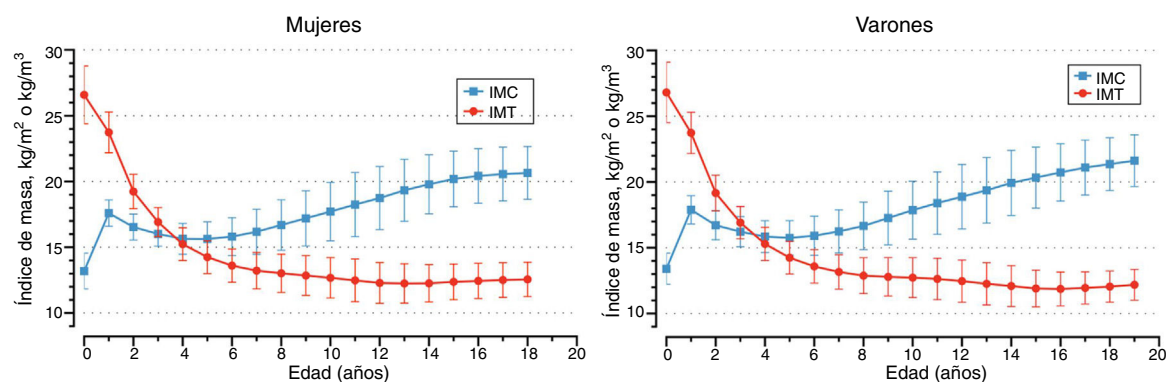


Figura 1 Índice de masa corporal (IMC) e índice de masa triponderal (IMT) según la edad. Valores de la media y DE.

Tabla 1 Valores del índice de masa corporal (IMC) para la edad y el índice de masa triponderal (IMT) según la edad. (Media \pm DE)

IMC ^a Mujeres n = 743 ^c	IMC ^a Varones n = 710 ^c	Edad (años)	IMT ^b Mujeres n = 743 ^c	IMT ^b Varones n = 710 ^c
13,2 \pm 1,4	13,4 \pm 1,2	0	26,6 \pm 2,2	26,8 \pm 2,3
17,6 \pm 1,0	17,9 \pm 1,1	1	23,7 \pm 1,5	23,7 \pm 1,6
16,5 \pm 1,0	16,7 \pm 1,1	2	19,2 \pm 1,3	19,2 \pm 1,4
16,0 \pm 0,9	16,2 \pm 1,1	3	16,9 \pm 1,1	16,9 \pm 1,2
15,6 \pm 1,2	15,9 \pm 1,2	4	15,2 \pm 1,2	15,3 \pm 1,3
15,6 \pm 1,3	15,8 \pm 1,3	5	14,3 \pm 1,3	14,2 \pm 1,2
15,8 \pm 1,4	15,9 \pm 1,5	6	13,6 \pm 1,3	13,6 \pm 1,3
16,2 \pm 1,7	16,2 \pm 1,6	7	13,2 \pm 1,4	13,1 \pm 1,3
16,7 \pm 1,9	16,7 \pm 1,8	8	13,0 \pm 1,4	12,9 \pm 1,4
17,2 \pm 2,1	17,3 \pm 2,0	9	12,8 \pm 1,5	12,8 \pm 1,5
17,7 \pm 2,2	17,9 \pm 2,2	10	12,7 \pm 1,5	12,7 \pm 1,5
18,2 \pm 2,4	18,4 \pm 2,4	11	12,5 \pm 1,6	12,6 \pm 1,6
18,7 \pm 2,4	18,9 \pm 2,5	12	12,3 \pm 1,5	12,5 \pm 1,6
19,3 \pm 2,4	19,4 \pm 2,5	13	12,2 \pm 1,5	12,3 \pm 1,6
19,8 \pm 2,2	19,9 \pm 2,5	14	12,3 \pm 1,4	12,1 \pm 1,6
20,2 \pm 2,1	20,3 \pm 2,3	15	12,4 \pm 1,4	11,9 \pm 1,4
20,4 \pm 2,1	20,7 \pm 2,2	16	12,4 \pm 1,3	11,9 \pm 1,3
20,6 \pm 2,0	21,1 \pm 2,1	17	12,4 \pm 1,3	12,0 \pm 1,2
20,7 \pm 2,0	21,4 \pm 2,0	18	12,5 \pm 1,3	12,1 \pm 1,2
-	21,6 \pm 2,0	19	-	12,2 \pm 1,2

^a IMC. Mujeres vs. varones: $p < 0,01$ a los 1, 4, 15, 16, 17 y 18 años; ns a otras edades.

^b IMT. Mujeres vs. varones: $p = 0,032$ a los 12 y 14 años y $p < 0,001$ a los 15, 16, 17 y 18 años; ns a otras edades.

^c Número de niños a los 0, 1, 2 y 3 años de edad: mujeres n = 239; varones n = 238.

Índice de masa triponderal

En ambos sexos, los valores medios del IMT según la edad en la población total descendieron abruptamente durante los 6 primeros años de vida, y lentamente a partir de esa edad hasta los 18 años en mujeres y los 19 años en varones (fig. 1). Los valores del IMT según la edad fueron similares en ambos sexos, aunque se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,032$ a los 12 y 14 años y $p < 0,001$ a los 15, 16, 17 y 18 años). Las mayores diferencias (0,5; 4%) se observaron a los 15, 16, 17 y 18 años de edad (tabla 1).

En ambos sexos, los valores medios del IMT según la edad en cada uno de los 5 grupos maduradores fueron similares a los de la población total (fig. 2), aunque se observaron

diferencias significativas en algunas edades (rango: 0,2-0,5; $p < 0,05$ a $p < 0,001$) (datos no mostrados). Las mayores diferencias (0,5; 4,0%) se observaron entre el grupo madurador muy temprano y la población total, a los 8 años de edad en niñas y a los 14 y 15 años en varones.

Discusión

Los datos de referencia del IMC empleados actualmente para evaluar la malnutrición y la obesidad en niños y adolescentes proceden de estudios transversales de crecimiento que incluían niños obesos y no obesos⁸⁻¹⁵ o de encuestas realizadas en el siglo XX, exceptuando los valores de referencia de la OMS para los primeros 5 años de vida¹⁶⁻²⁰. Por lo tanto,

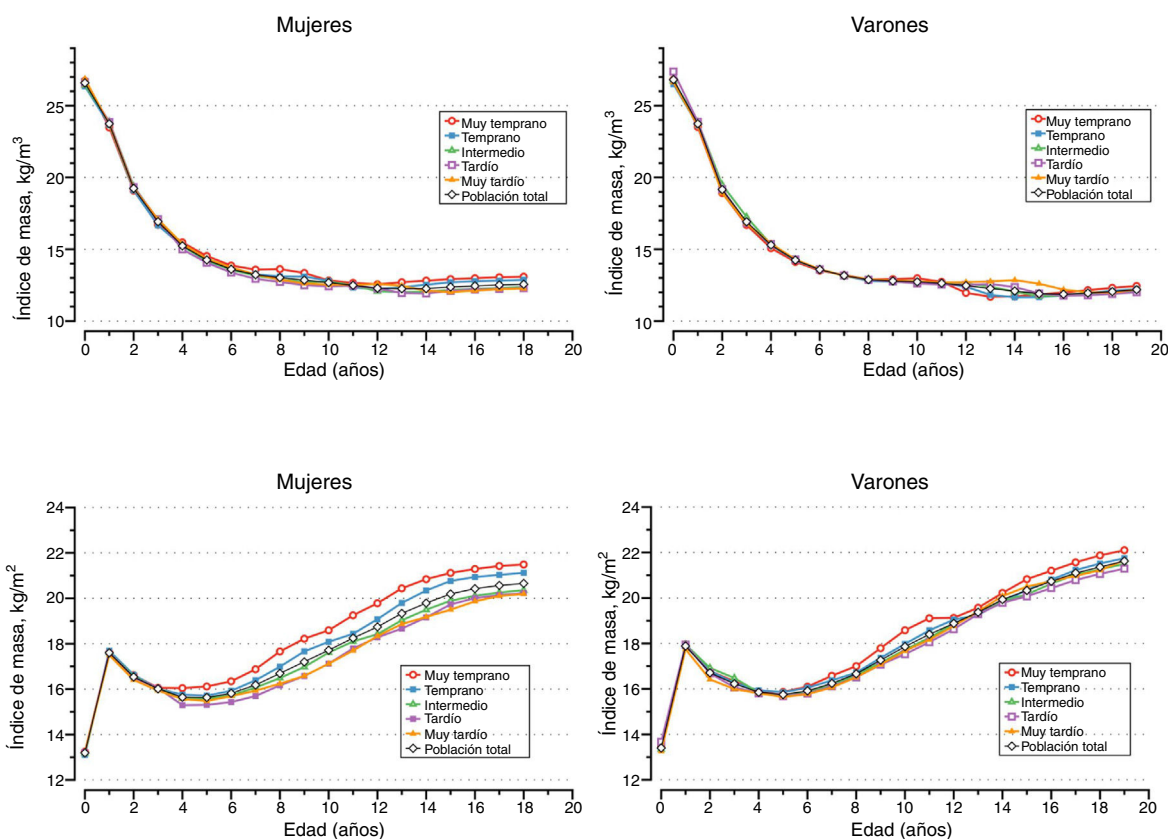


Figura 2 Valores medios del índice de masa corporal (IMC) y el índice de masa triponderal (IMT) según la edad al inicio del brote de crecimiento puberal.

carecemos de datos actualizados sobre poblaciones pediátricas sanas de la generación del milenio sin malnutrición y sin obesidad que puedan servir como valores de referencia para evaluar la malnutrición, el sobrepeso y la obesidad en las poblaciones pediátricas actuales.

Aunque actualmente los valores del IMT según la edad^{1,21,22} no se utilizan para evaluar la malnutrición y la obesidad en niños y adolescentes, un estudio reciente ha subrayado que los valores del IMT proporcionan una estimación más precisa de la adiposidad corporal que el IMC en niños caucásicos no hispanoamericanos de 8 a 17 años de edad y ha recomendado el uso del IMT en lugar del *z-score* del IMC. No obstante, como señalaron los mismos autores, la investigación ha de extenderse a otros grupos raciales/étnicos y reproducirse en estudios transversales y longitudinales amplios²². Hasta este momento, no se han comunicado datos de referencia en función de la edad y el sexo de niños sanos sin malnutrición ni obesidad de la generación del milenio.

En este artículo, comunicamos los valores del IMC y el IMT en referencia a la edad de 1.453 niños sanos sin malnutrición ni obesidad seguidos en un estudio longitudinal desde el nacimiento ($n = 477$) o los 4 años de edad ($n = 976$) hasta la talla adulta, alcanzada entre enero de 2012 y marzo de 2017, cuyas medidas antropométricas fueron realizadas por tan solo 4 investigadores empleando dispositivos calibrados de manera similar. El estudio se diseñó con objeto de

reducir la dispersión observada en los valores antropométricos en estudios de crecimiento debida a la heterogeneidad de las poblaciones analizadas, la participación de múltiples investigadores involucrados y el empleo de distintos dispositivos de medida.

Aunque no podemos descartar completamente la presencia de sesgos en nuestros resultados, estos representan la distribución de los valores según la edad del IMC y el IMT de 1.453 niños de la generación del milenio sin malnutrición ni obesidad, de los que se registraron 25.851 medidas antropométricas y cuyas tallas prepuberales y adultas²⁵ fueron similares a las de las poblaciones cuyos datos actualmente se emplean como referencias del IMC para evaluar la malnutrición y la obesidad en niños y adolescentes⁸⁻¹⁹. Esto indica que nuestros datos podrían considerarse como una posible referencia para evaluar el bajo peso y la obesidad en las poblaciones pediátricas actuales. Su empleo en la práctica clínica podrá confirmar o refutar este supuesto.

Los valores del IMC según la edad tendieron a diferir entre ambos sexos a algunas edades, pero estas diferencias fueron pequeñas y de escasa relevancia clínica. Lo mismo ocurrió en los valores del IMT según la edad. Esto señala que las diferencias observadas entre los sexos en el peso según la edad se asociaban en su mayoría a diferencias proporcionales en la talla según la edad²⁵, y dan lugar a valores similares para el IMC y el IMT según la edad, lo que corrobora que nuestro

estudio incluyó niños no obesos y sin malnutrición. Nuestros datos también indican la posibilidad de utilizar los mismos valores de referencia en ambos sexos para evaluar el IMC según la edad.

Mientras que los puntos de corte del IMC según la edad para definir la malnutrición (-2 DE) obtenidos en nuestro estudio fueron similares a los propuestos por Cole y la OMS para ambos sexos¹⁶⁻¹⁸, los puntos de corte obtenidos para definir la obesidad difirieron durante la pubertad y la adolescencia de los propuestos por Cole¹⁹ y la OMS^{17,18,20}. Queda por aclarar si las diferencias observadas entre estos estudios se deben a diferencias entre las poblaciones estudiadas (día de hoy vs. siglo pasado), el crecimiento secular⁹⁻¹⁵ y la aceleración del inicio de la pubertad^{25,28-30} o a otros aspectos metodológicos.

En ambos sexos, el inicio del brote de crecimiento puberal ocurre dentro de un intervalo de 5 años²³⁻²⁵ y es un hito crítico que determina la velocidad de crecimiento (ganancia de talla y peso) durante la pubertad, el desarrollo a través de los estadios de Tanner y, en mujeres, la edad de la menarquia y el crecimiento desde la menarquia hasta la talla adulta. Aunque en algunas edades había diferencias en los valores medios del IMC entre la población total y el grupo madurador muy temprano, estas eran pequeñas y de escasa relevancia clínica. El patrón de crecimiento del IMC según la edad de cada grupo madurador fue similar al de la población total. Lo mismo ocurrió con el patrón del IMT. Esto señala que, en ambos sexos, las diferencias observadas entre los 5 grupos maduradores en el peso según la edad se asociaban en su mayoría a diferencias proporcionales en la talla según la edad²⁵, y dan lugar a valores similares del IMC según la edad, lo que corrobora que nuestro estudio incluyó niños no obesos y sin malnutrición. Lo mismo ocurrió con los valores del IMT según la edad.

En resumen, se presentan, hasta donde sabemos, por primera vez, valores de referencia para el IMC y el IMT según la edad obtenidos de niños de la generación del milenio sanos, sin bajo peso y no obesos. No se observaron diferencias significativas o clínicamente relevantes entre los sexos en los valores del IMC o el IMT según la edad. Estos valores pueden ser de utilidad para la evaluación clínica de la delgadez y la obesidad durante la lactancia, infancia y adolescencia en poblaciones pediátricas actuales y pueden contribuir a confirmar o descartar la recomendación de sustituir el uso de valores *z-score* del IMC según la edad por el de valores del IMT en la práctica clínica.

Addenda

Gráficas para el IMC y el IMT, según la edad, obtenidas por el método LMS (centiles y SDS) estarán disponibles y podrán descargarse de manera gratuita a partir de febrero de 2018 en el sitio web: <http://www.millennialsgrowth.com> (Cole TJ. The LMS method for constructing normalized growth standards. *Eur J Clin Nutr* 1990;44:45-60).

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Agradecimientos

A los niños, padres, colegios y profesores que hicieron posible este estudio. También a las sociedades científicas (Asociación Española de Pediatría, Sociedad Catalana de Pediatría, Sociedad Española de Endocrinología Pediátrica) e instituciones que apoyan este trabajo. A Juan Bosch-Castañé, médico[†], y a la Dra. Ariadna Campos por su contribución a este trabajo. A Christine O'Hara y a Fidelma Greaves por su ayuda en la elaboración de la versión en inglés del manuscrito.

Bibliografía

- Cole TJ. Weight/height compared to weight/height² for assessing adiposity in childhood: Influence of age and bone age on p during puberty. *Ann Hum Biol.* 1986;13:433-51.
- Dietz WH, Bellizzi MC. Introduction: The use of body mass index to assess obesity in children. *Am J Clin Nutr.* 1999;70:123S-5S.
- Yeste D, Betancourth S, Gussinye M, Potau N, Carrascosa A. [Glucose intolerance in obese children and adolescents] [artículo en español]. *Med Clin (Barc).* 2005;125:405-8.
- Gussinyer S, Garcia-Reyna NI, Carrascosa A, Gussinyer M, Yeste D, Clemente M, et al. [Anthropometric, dietetic and psychological changes after application of the «Nin@s en movimiento» program in childhood obesity] [artículo en español]. *Med Clin (Barc).* 2008;131:245-9.
- Evans EW, Sonnevillie KR. BMI report cards: Will they pass or fail in the fight against pediatric obesity? *Curr Opin Pediatr.* 2009;21:431-6.
- Barton M. Screening for obesity in children and adolescents: US Preventive Services Task Force recommendation statement. *Pediatrics.* 2010;125:361-7.
- Yeste D, Carrascosa A. [Obesity-related metabolic disorders in childhood and adolescence] [artículo en español]. *An Pediatr (Barc).* 2011;75, 135 e131-139.
- O'Connor EA, Evans CV, Burda BU, Walsh ES, Eder M, Lozano P. Screening for obesity and intervention for weight management in children and adolescents: Evidence report and systematic review for the US Preventive Services Task Force. *JAMA.* 2017;317:2427-44.
- Freeman JV, Cole TJ, Chinn S, Jones PR, White EM, Preece MA. Cross sectional stature and weight reference curves for the UK, 1990. *Arch Dis Child.* 1995;73:17-24.
- Fredriks AM, van Buuren S, Burgmeijer RJ, Meulmeester JF, Beuker RJ, Brugman E, et al. Continuing positive secular growth change in The Netherlands 1955-1997. *Pediatr Res.* 2000;47:316-23.
- Wikland KA, Luo ZC, Niklasson A, Karlberg J. Swedish population-based longitudinal reference values from birth to 18 years of age for height, weight and head circumference. *Acta Paediatr.* 2002;91:739-54.
- Carrascosa A, Fernandez JM, Fernandez C, Ferrandez A, Lopez-Siguero JP, Sanchez E, et al. Spanish cross-sectional growth study 2008. Part II. Height, weight and body mass index values in 32,064 subjects (16,607 males and 15,457 females) from birth to adulthood. *An Pediatr (Barc).* 2008;68:552-69.
- Roelants M, Hauspie R, Hoppenbrouwers K. References for growth and pubertal development from birth to 21 years in Flanders, Belgium. *Ann Hum Biol.* 2009;36:680-94.
- Kulaga Z, Litwin M, Tkaczyk M, Palczewska I, Zajackowska M, Zwolinska D, et al. Polish 2010 growth references for school-aged children and adolescents. *Eur J Pediatr.* 2011;170:599-609.

15. Fryar CD, Gu Q, Ogden CL. Anthropometric reference data for children and adults: United States, 2007-2010. *Vital Health Stat.* 2012;11:1-48.
16. Cole TJ, Flegal KM, Nicholls D, Jackson AA. Body mass index cut offs to define thinness in children and adolescents: International survey. *BMJ.* 2007;335:194.
17. WHO Multicentre Growth Reference Study Group De Onis M. WHO Child Growth Standards based on length/height, weight and age. *Acta Paediatr.* 2006;95(S450):76-85.
18. WHO Growth reference data for 5-19 years [consultado Sep 2017]. Disponible en: www.who.int/growthref/who2007_bmi_for_age/en
19. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: International survey. *BMJ.* 2000;320:1240-3.
20. De Onis M, Lobstein T. Defining obesity risk status in the general childhood population: Which cut-offs should we use? *Int J Pediatr Obes.* 2010;5:458-60.
21. Burton RF. Why is the body mass index calculated as mass/height², not as mass/height³? *Ann Hum Biol.* 2007;34:656-63.
22. 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;171:629-36.
23. Ferrandez A, Carrascosa A, Audi L, Baguer L, Rueda C, Bosch-Castane J, et al. Longitudinal pubertal growth according to age at pubertal growth spurt onset: Data from a Spanish study including 458 children (223 boys and 235 girls). *J Pediatr Endocrinol Metab.* 2009;22:715-26.
24. Carrascosa A, Ferrandez A, Audi L, Sanchez E. Pubertal growth and adult height according to age at pubertal growth spurt onset: Data from a Spanish study including 540 subjects (281 boys and 259 girls). Londres: Springer New York Dordrecht Heidelberg London; 2012.
25. Carrascosa A, Yeste D, Moreno-Galdó A, Gussinyé M, Ferrández A, Clemente M, et al. Crecimiento puberal de 1.453 niños sanos según la edad de inicio de la pubertad. Estudio longitudinal de Barcelona. *An Pediatr (Barc).* 2018. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2017.11.018>
26. Carrascosa A, Ferrandez A, Yeste D, Garcia-Dihinx J, Romo A, Copil A, et al. Spanish cross-sectional growth study 2008. Part I. Weight and height values in newborns of 26-42 weeks of gestational age. *An Pediatr (Barc).* 2008;68:544-51.
27. Carrascosa A, Audi L, Fernandez-Cancio M, Yeste D, Gussinye M, Campos A, et al. Height gain at adult-height age in 184 short patients treated with growth hormone from prepubertal age to near adult-height age is not related to GH secretory status at GH therapy onset. *Horm Res Paediatr.* 2013;79:145-56.
28. Bau AM, Ernert A, Schenk L, Wiegand S, Martus P, Gruters A, et al. Is there a further acceleration in the age at onset of menarche? A cross-sectional study in 1840 school children focusing on age and bodyweight at the onset of menarche. *Eur J Endocrinol.* 2009;160:107-13.
29. Garcia-Cuartero B, Gonzalez A, Frias E, Arana C, Dias E, Tolmo MD. Assessment of the secular trend in puberty in boys and girls. *An Pediatr (Barc).* 2010;73:320-6.
30. Sorensen K, Mouritsen A, Aksglaede L, Hagen CP, Mogensen SS, Juul A. Recent secular trends in pubertal timing: Implications for evaluation and diagnosis of precocious puberty. *Horm Res Paediatr.* 2012;77:137-45.