

ORIGINAL

Crecimiento puberal de 1.453 niños sanos según la edad de inicio de la pubertad. 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, Barcelona, España

^b CIBER de Enfermedades Raras (CIBERER) ISCIII, España

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

^d Centro Andrea Prader, Zaragoza, España

Recibido el 19 de septiembre de 2017; aceptado el 19 de noviembre de 2017

PALABRAS CLAVE

Crecimiento puberal;
Inicio del brote de crecimiento puberal;
Valores de talla para la edad;
Valores de velocidad de crecimiento para la edad;
Valores de peso para la edad

Resumen

Introducción: El patrón de crecimiento puberal varía según la edad de inicio del brote de crecimiento puberal, que ocurre dentro de un período de 5 años (mujeres: 8-13 años; varones: 10-15 años). Se ha propuesto la necesidad de utilizar más de un patrón de referencia puberal. Nuestro objetivo fue obtener 5 patrones puberales a intervalos de un año.

Sujetos y métodos: Estudio longitudinal (6 años de edad-talla adulta) de crecimiento en 1.453 niños sanos con evaluación de valores de talla, velocidad de crecimiento y peso para la edad. Según la edad de inicio del brote de crecimiento puberal, las mujeres 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); los varones 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). Se registró la edad de la menarquía y el crecimiento desde esta hasta alcanzar la talla adulta.

Resultados: En ambos sexos se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,0001$) y clínicamente relevantes en el patrón de crecimiento puberal (valores medios de talla para la edad, velocidad de crecimiento para la edad y ganancia de talla puberal) entre los 5 grupos maduradores y entre cada uno de ellos y la población total, a pesar de que los valores de la talla adulta fueron similares en todos los grupos. Se observó la misma tendencia en relación con la edad de la menarquía y la ganancia de talla desde la menarquía hasta la talla adulta ($p < 0,05$).

* Autor para correspondencia.

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

<https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2017.11.018>

1695-4033/© 2018 Publicado por Elsevier España, S.L.U. en nombre de Asociación Española de Pediatría.

KEYWORDS

Pubertal growth;
 Pubertal growth spurt onset;
 Pubertal height-for age values;
 Pubertal growth velocity-for-age values;
 Pubertal weight-for-age values

Conclusiones: En ambos sexos, el inicio del brote de crecimiento puberal es un hito crítico que determina el crecimiento puberal y el desarrollo sexual. Nuestros datos contribuyen a una mejor evaluación clínica del crecimiento de acuerdo con el *tempus* madurativo de cada niño, obviando los errores que se cometen con el uso de un único patrón de referencia puberal.

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

Pubertal growth of 1,453 healthy children according to age at pubertal growth spurt onset. The Barcelona longitudinal growth study

Abstract

Introduction: Pubertal growth pattern differs according to age at pubertal growth spurt onset which occurs over a five years period (girls: 8-13 years, boys: 10-15 years). The need for more than one pubertal reference pattern has been proposed. We aimed to obtain five 1-year-age-interval pubertal patterns.

Subjects and methods: Longitudinal (6 years of age-adult height) growth study of 1,453 healthy children to evaluate height-for-age, growth velocity-for-age and weight-for-age values. According to age at pubertal growth spurt onset girls were considered: very-early matures (8-9 years, n = 119), early matures (9-10 years, n = 157), intermediate matures (10-11 years, n = 238), late matures (11-12 years, n = 127) and very-late matures (12-13 years, n = 102), and boys: very-early matures (10-11 years, n = 110), early matures (11-12 years, n = 139), intermediate matures (12-13 years, n = 225), late matures (13-14 years, n = 133) and very-late matures (14-15 years, n = 103). Age at menarche and growth up to adult height were recorded.

Results: In both sexes, statistically-significant ($P < .0001$) and clinically-pertinent differences in pubertal growth pattern (mean height-for-age, mean growth velocity-for-age and mean pubertal height gain, values) were found among the five pubertal maturity groups and between each group and the whole population, despite similar adult height values. The same occurred for age at menarche and growth from menarche to adult height ($P < .05$).

Conclusions: In both sexes, pubertal growth spurt onset is a critical milestone determining pubertal growth and sexual development. The contribution of our data to better clinical evaluation of growth according to the pubertal maturity tempo of each child will obviate the mistakes made when only one pubertal growth reference is used.

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

Introducción

La talla, la velocidad de crecimiento, el peso y el índice de masa corporal (IMC) son marcadores biológicos de la salud del niño y del bienestar de la comunidad¹⁻³. Tras el nacimiento tiene lugar una deceleración progresiva del crecimiento hasta el inicio del brote de crecimiento puberal, que ocurre dentro de un período de 5 años en ambos sexos (mujeres: 8-13 años de edad; varones: 10-15 años de edad)^{4,5}.

Los estudios longitudinales permiten establecer claramente la edad de inicio del crecimiento puberal. No obstante, debido al escaso número de niños que incluyen, estos estudios tienden a presentar los datos sobre el crecimiento puberal como si se refiriesen a un único grupo, sin tener en cuenta la variedad existente entre individuos en su *tempus* madurativo^{6,7}. El uso de un solo grupo puberal de referencia da lugar a errores en la práctica clínica, por lo que se ha propuesto el uso de más de un grupo de referencia^{4,5,8-10}.

El estudio longitudinal de crecimiento desarrollado previamente por nuestro grupo (1978-2000) presentó datos

sobre el crecimiento puberal de 259 mujeres y 281 varones, clasificados de acuerdo con la edad de inicio del brote de crecimiento puberal en 5 grupos maduradores (muy tempranos, tempranos, intermedios, tardíos, y muy tardíos) definidos en intervalos de un año⁵. Como el número de sujetos en cada grupo fue limitado, en 1995 comenzamos un nuevo estudio longitudinal con el objetivo de obtener un mínimo de 100 sujetos sanos y no obesos de cada sexo en cada uno de los 5 grupos para confirmar o refutar la existencia de diferencias clínicamente significativas en el patrón de crecimiento puberal entre los 5 grupos maduradores.

Sujetos y métodos

El estudio comprendió 1.908 niños sanos de un barrio de clase media-alta de Barcelona. Se excluyeron sujetos con patología o medicación crónica o con un IMC $\leq -2,0$ SDS (ajustado por edad y sexo¹¹). Durante el período de estudio (enero 1995-marzo 2017), se excluyeron 132 niños por obesidad (examen físico e IMC $> 2,0$ SDS ajustado por edad y sexo¹¹) y hubo 323 pérdidas. Por lo tanto, 1.453 sujetos

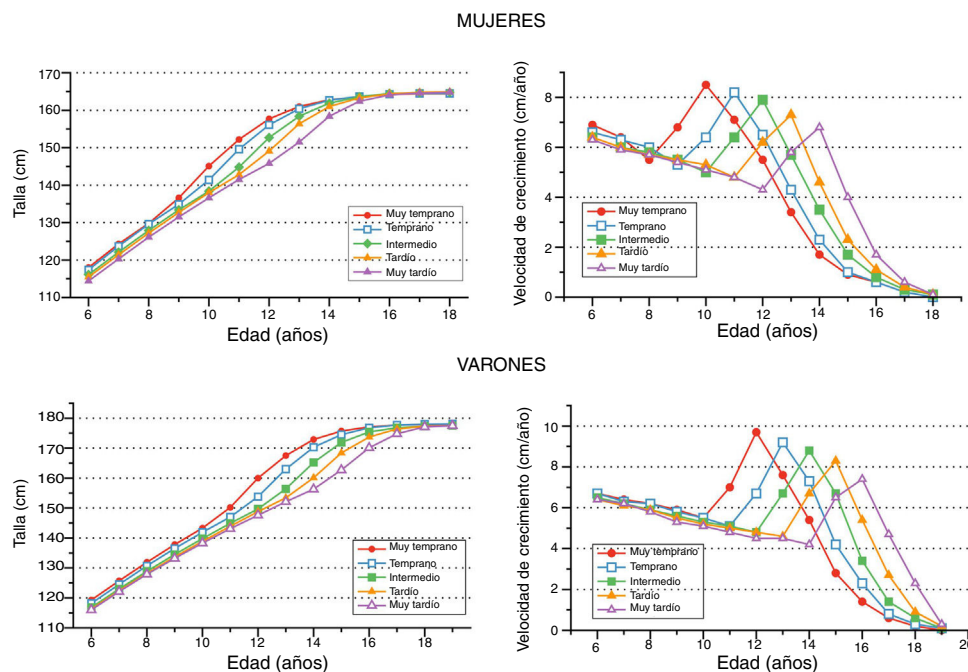


Figura 1 Valores medios de talla y velocidad de crecimiento según la edad de los 5 grupos maduradores puberales. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,0001$) y relevantes para la práctica clínica según la edad de inicio del brote de crecimiento puberal.

(743 mujeres, 710 varones) que alcanzaron la talla adulta entre enero de 2012 y marzo de 2017 completaron el estudio, analizándose los datos correspondientes a las medidas de sus tallas y pesos (mujeres de 6 a 18 años de edad, varones de 6 a 19 años de edad). Se incluyeron 2 poblaciones, una con seguimiento en 4 clínicas pediátricas (población A, 239 mujeres y 238 varones) y otra en 4 colegios (población B, 504 mujeres y 472 varones). Todos los sujetos de la población A nacieron a término con peso y longitud normales¹²; estos datos no se obtuvieron para la población B.

La medición de la talla y del peso de los sujetos fue realizada cada 6-12 meses por 4 investigadores en la población A, y una vez al año por uno de estos 4 investigadores en la población B. La talla se midió con un tallímetro rígido de pared en la población A y con el mismo tallímetro en formato transportable en la población B. Los tallímetros se calibraron de manera similar durante todo el estudio. El peso se cuantificó mediante básculas de suelo (población A, en ropa interior; población B, en camiseta y falda/pantalón, descontándose el peso estimado de la ropa del valor obtenido). Las medidas se realizaron con una precisión de 0,1 cm para la talla y 0,1 kg para el peso. Se recogieron los estadios de Tanner y el volumen testicular cada 6 meses en la población A, pero no en la B por motivos éticos. Se recogió la edad de la menarquia en ambas poblaciones.

Se utilizó el programa de cálculo auxológico «Auxolog», elaborado con datos de nuestro estudio longitudinal previo^{5,13}, para generar gráficas de crecimiento de la talla, la velocidad de crecimiento y el peso de cada sujeto según la edad. La edad de inicio del brote de crecimiento puberal se determinó por medio de los criterios de Tanner^{6,7}, y con base en ella⁵ se clasificó a los sujetos como maduradores muy tempranos (mujeres: 8-9 años; varones: 10-11 años), tempranos (mujeres: 9-10 años; varones: 11-12 años),

intermedios (mujeres: 10-11 años; varones: 12-13 años), tardíos (mujeres: 11-12 años; varones: 13-14 años) y muy tardíos (mujeres: 12-13 años; varones: 14-15 años) (fig. 1). Se calcularon los valores medios de la talla por edades (cm), la velocidad de crecimiento por edades (cm/año), el peso por edades (kg), la talla adulta (velocidad de crecimiento < 1 cm/año en 2 intervalos consecutivos de 6-12 meses), ganancia total de talla durante la pubertad (cm) (diferencia entre la talla al inicio de la pubertad y la talla adulta), edad de la menarquia (años) y ganancia de talla (cm) desde la menarquia hasta la talla adulta para cada uno de los 5 grupos de maduración puberal y para la población total (tablas 1-3).

Aspectos éticos

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

Análisis estadístico

Los resultados se expresan como media \pm DE. La relación lineal entre los valores medios de las medidas antropométricas a distintas edades y los grupos maduradores se evaluó mediante regresión lineal. Se utilizó la *t* de Student para una muestra para la comparación de 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. Las diferencias entre los grupos maduradores puberales en la ganancia media de talla durante la pubertad, la edad de la menarquia y la ganancia de talla desde la menarquia hasta la talla adulta se evaluaron mediante análisis de

Tabla 1 Talla para la edad (cm), ganancia de talla puberal (cm) y, en mujeres, edad de la menarquia (años) y ganancia de talla (cm) desde la menarquia a la talla adulta en los 5 grupos maduradores puberales y en la población total (media ± DE)

Mujeres						Edad (años)	Varones					
Muy temprano n=119	Temprano n=157	Intermedio n=238	Tardío n=127	Muy tardío n=102	^a Población total n=743		Muy temprano n=110	Temprano n=139	Intermedio n=225	Tardío n=133	Muy tardío n=103	^a Población total n=710
118,0±3,7	117,4±3,7	116,1±4,0	115,5±4,1	114,4±3,8	116,3±4,0	6	119,3±4,8	118,2±4,7	116,8±4,0	116,3±4,5	116,0±3,7	117,2±4,4
124,3±4,0	123,7±3,9	122,1±4,2	121,4±4,3	120,3±4,0	122,4±4,3	7	125,7±5,1	124,5±4,9	123,0±4,2	122,4±4,7	122,1±3,9	123,5±4,6
129,8±4,2	129,6±4,1	127,9±4,5	127,2±4,5	126,1±4,2	128,2±4,5	8	131,9±5,4	130,7±5,2	128,9±4,4	128,2±5,0	127,9±4,2	129,4±4,9
136,6±4,4	134,9±4,3	133,4±4,8	132,7±4,8	131,5±4,3	133,9±4,8	9	137,8±5,7	136,5±5,4	134,5±4,7	133,7±5,1	133,2±4,4	135,1±5,2
145,1±4,7	141,4±4,4	138,4±5,0	138,0±5,0	136,6±4,4	139,8±5,5	10	143,3±6,0	141,9±5,6	139,8±4,9	138,9±5,3	138,3±4,6	140,4±5,4
152,2±4,8	149,6±4,6	144,8±5,2	142,8±5,2	141,5±4,5	146,2±6,2	11	150,2±6,2	147,0±5,8	144,9±5,1	143,9±5,5	143,1±4,8	145,7±5,8
157,7±4,8	156,1±4,8	152,7±5,2	149,1±5,4	145,8±4,7	152,6±6,4	12	160,0±6,4	153,8±5,9	149,7±5,3	148,8±5,6	147,6±5,1	151,6±6,9
161,0±4,9	160,4±4,9	158,4±5,3	156,4±5,7	151,5±4,8	158,0±6,0	13	167,5±6,4	163,0±6,2	156,4±5,6	153,4±5,8	152,1±5,3	158,2±7,9
162,8±4,8	162,7±5,1	161,9±5,4	161,0±6,0	158,4±4,8	161,6±5,5	14	172,9±6,4	170,3±6,3	165,2±5,9	160,1±5,8	156,3±5,5	165,1±8,1
163,6±4,9	163,7±5,2	163,6±5,5	163,3±6,1	162,4±4,7	163,4±5,3	15	175,7±6,3	174,5±6,3	171,9±5,9	168,4±5,9	162,7±5,6	171,0±7,2
164,2±4,9	164,3±5,3	164,5±5,5	164,4±6,2	164,1±4,7	164,3±5,4	16	177,1±6,3	176,8±6,3	175,4±5,8	173,7±6,0	170,1±5,5	174,9±6,3
164,4±4,9	164,5±5,3	164,7±5,6	164,8±6,3	164,6±4,8	164,6±5,4	17	177,7±6,3	177,7±6,4	176,8±5,8	176,4±6,2	174,8±5,4	176,7±6,0
164,4±4,9	164,5±5,3	164,8±5,6	164,9±6,3	164,8±4,8	164,7±5,4	18	177,9±6,3	178,0±6,4	177,3±5,7	177,3±6,2	177,1±5,4	177,5±5,9
						19	177,9±6,3	178,1±6,4	177,5±5,7	177,5±6,2	177,5±5,4	177,7±5,9
34,6±2,4	29,6±2,5	26,4±2,4	22,1±2,4	18,9±2,1	-	^b Ganancia de talla puberal (talla adulta menos talla al IBCP)	34,6±2,3	31,1±2,5	27,8±2,0	24,1±2,2	21,2±1,3	-
11,4±0,4	12,3±0,3	12,9±0,3	13,6±0,3	14,9±0,5	12,9±1,1	^b Edad de la menarquia (años)	-	-	-	-	-	-
10,2±1,8	7,4±1,6	6,9±1,3	5,8±1,5	4,3±1,4	7,0±2,3	^b Ganancia de talla de la menarquia a la talla adulta	-	-	-	-	-	-

En negrita, talla a la edad de inicio del brote de crecimiento puberal (IBCP).

Análisis de tendencia lineal de los valores medios de talla para la edad entre los 5 grupos maduradores puberales: $p < 0,0001$ de los 6 a los 15 años en mujeres y de los 6 a los 18 años en varones.

^a Mujeres: Población total vs. grupos muy temprano, temprano y muy tardío de los 6 a los 14 años y vs. grupo tardío de los 7 a los 14 años: $p = 0,0104$ a $p < 0,0001$; vs. grupo intermedio a los 10 y 11 años: $p < 0,0001$. Varones: población total vs. grupo muy temprano de los 6 a los 16 años, vs. grupo temprano de los 7 a los 16 años, vs. grupo tardío de los 7 a los 15 años y vs. grupo muy tardío de los 6 a los 17 años: $p = 0,0081$ a $p < 0,0001$; vs. grupo intermedio a los 12 y 13 años: $p < 0,0001$.

^b Ganancia de talla puberal, edad de la menarquia y ganancia de talla entre la menarquia y la talla adulta: $p < 0,05$ entre cada grupo madurador y cada uno de los otros 4 grupos.

Tabla 2 Velocidad de crecimiento para la edad (cm/año) en los 5 grupos maduradores puberales y la población total (media \pm DE)

Mujeres						Varones						
Muy temprano n = 119	Temprano n = 157	Intermedio n = 238	Tardío n = 127	Muy tardío n = 102	^a Población total n = 743	Edad (años)	Muy temprano n = 110	Temprano n = 139	Intermedio n = 225	Tardío n = 133	Muy tardío n = 103	^a Población total n = 710
6,4 \pm 0,6	6,3 \pm 0,5	6,0 \pm 0,5	6,0 \pm 0,5	5,9 \pm 0,4	6,1 \pm 0,5	6-7	6,4 \pm 0,5	6,3 \pm 0,5	6,2 \pm 0,5	6,1 \pm 0,4	6,2 \pm 0,4	6,2 \pm 0,5
5,5 \pm 0,6	6,0 \pm 0,5	5,8 \pm 0,5	5,7 \pm 0,6	5,7 \pm 0,4	5,8 \pm 0,6	7-8	6,2 \pm 0,5	6,2 \pm 0,5	5,9 \pm 0,5	5,9 \pm 0,6	5,8 \pm 0,5	6,0 \pm 0,5
6,8 \pm 0,5	5,3 \pm 0,6	5,5 \pm 0,5	5,5 \pm 0,5	5,4 \pm 0,4	5,7 \pm 0,7	8-9	5,9 \pm 0,6	5,8 \pm 0,5	5,6 \pm 0,5	5,5 \pm 0,5	5,3 \pm 0,4	5,6 \pm 0,5
8,5 \pm 0,9	6,4 \pm 0,5	5,0 \pm 0,6	5,3 \pm 0,5	5,1 \pm 0,4	5,9 \pm 1,4	9-10	5,5 \pm 0,6	5,5 \pm 0,5	5,3 \pm 0,4	5,2 \pm 0,5	5,1 \pm 0,4	5,3 \pm 0,5
7,1 \pm 0,7	8,2 \pm 0,8	6,4 \pm 0,6	4,8 \pm 0,6	4,8 \pm 0,4	6,4 \pm 1,4	10-11	7,0 \pm 0,7	5,1 \pm 0,5	5,1 \pm 0,5	5,0 \pm 0,5	4,8 \pm 0,4	5,3 \pm 0,9
5,5 \pm 0,7	6,5 \pm 0,7	7,9 \pm 0,7	6,2 \pm 0,6	4,3 \pm 0,4	6,4 \pm 1,4	11-12	9,7 \pm 1,0	6,7 \pm 0,7	4,8 \pm 0,6	4,8 \pm 0,5	4,5 \pm 0,5	5,9 \pm 1,9
3,4 \pm 0,6	4,3 \pm 0,9	5,7 \pm 0,8	7,3 \pm 0,8	5,8 \pm 0,5	5,3 \pm 1,5	12-13	7,6 \pm 0,7	9,2 \pm 1,0	6,7 \pm 0,8	4,6 \pm 0,6	4,5 \pm 0,4	6,6 \pm 1,9
1,7 \pm 0,5	2,3 \pm 0,7	3,5 \pm 0,7	4,6 \pm 0,8	6,8 \pm 0,8	3,6 \pm 1,7	13-14	5,4 \pm 0,7	7,3 \pm 0,9	8,8 \pm 0,9	6,7 \pm 0,7	4,2 \pm 0,5	6,9 \pm 1,8
0,9 \pm 0,3	1,0 \pm 0,4	1,7 \pm 0,5	2,3 \pm 0,7	4,0 \pm 0,7	1,8 \pm 1,1	14-15	2,8 \pm 0,8	4,2 \pm 0,7	6,7 \pm 0,8	8,3 \pm 0,8	6,5 \pm 0,6	5,9 \pm 2,0
0,6 \pm 0,2	0,6 \pm 0,3	0,8 \pm 0,4	1,1 \pm 0,4	1,7 \pm 0,6	0,9 \pm 0,5	15-16	1,4 \pm 0,5	2,3 \pm 0,5	3,4 \pm 0,6	5,4 \pm 0,9	7,4 \pm 0,5	3,8 \pm 2,0
0,2 \pm 0,1	0,2 \pm 0,1	0,3 \pm 0,3	0,4 \pm 0,3	0,6 \pm 0,4	0,3 \pm 0,3	16-17	0,6 \pm 0,3	0,8 \pm 0,3	1,4 \pm 0,5	2,7 \pm 0,6	4,7 \pm 0,5	1,9 \pm 1,4
0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	0,1 \pm 0,1	0,1 \pm 0,1	0,1 \pm 0,2	0,1 \pm 0,1	17-18	0,2 \pm 0,1	0,3 \pm 0,2	0,6 \pm 0,3	0,9 \pm 0,3	2,3 \pm 0,4	0,8 \pm 0,7
						18-19	0,0 \pm 0,0	0,1 \pm 0,1	0,1 \pm 0,1	0,2 \pm 0,2	0,3 \pm 0,3	0,1 \pm 0,2

En negrita, edades al inicio del brote de crecimiento puberal.

Análisis de tendencia lineal de los valores medios de velocidad de crecimiento para la edad entre los 5 grupos maduradores puberales: $p < 0,0001$ a todas las edades en ambos sexos, excepto a los 7-8 años en mujeres (ns).

^a Mujeres: población total vs. grupos muy temprano, temprano, tardío y muy tardío de los 6-7 años a los 16-17 años: $p = 0,0197$ a $p < 0,0001$, y vs. el grupo intermedio de los 8-9 años a los 13-14 años: $p < 0,0001$. Varones: población total vs. grupos muy temprano, temprano, tardío y muy tardío de los 8-9 años a los 18-19 años: $p = 0,0069$ a $p < 0,0001$, y vs. grupo intermedio de los 11-12 años a los 17-18 años: $p < 0,0001$.

varianza de un factor, y se realizó la prueba de Bonferroni para la comparación de pares de subgrupos. El análisis de datos se realizó con el software SAS® 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC, EE. UU.).

Resultados

De entre las 743 niñas, el inicio del brote de crecimiento puberal ocurrió a la edad de 8-9 años en 119, 9-10 años en 157, 10-11 años en 238, 11-12 años en 127 y 12-13 años en 102, correspondiendo a maduradoras muy tempranas, tempranas, intermedias, tardías y muy tardías, respectivamente. De los 710 varones, la edad al inicio del crecimiento puberal fue de 10-11 años en 110, 11-12 años en 139, 12-13 años en 225, 13-14 años en 133 y 14-15 años en 103, los cuales se consideraron maduradores muy tempranos, tempranos, intermedios, tardíos y muy tardíos, respectivamente (tablas 1-3).

En ambos sexos, los valores medios de cada una de las variables antropométricas a todas las edades (desde los 6 años hasta alcanzar la talla adulta) en cada uno de los 5 grupos y en la población total fueron similares, sin diferencias significativas entre las poblaciones A y B. Por lo tanto, los datos de ambas poblaciones se fusionaron y se analizaron como una única población diferenciando por sexo.

Talla

Los valores medios de la talla según la edad en los 5 grupos maduradores y en la población total se muestran en la tabla 1 y en la figura 1. Aunque los valores fueron similares en los 5 grupos al nacimiento (población A, datos no mostrados) y al alcanzarse la talla adulta en ambos sexos, se observó una relación lineal estadísticamente significativa ($p < 0,0001$) entre los 5 grupos de maduración puberal entre los 6 y los 15 años en las niñas y entre los 6 y los 18 años en los varones. Las diferencias fueron mínimas cuando todos los sujetos en cada grupo eran prepúberes (edad < 8 años en niñas y < 10 años en varones), para luego aumentar considerablemente de acuerdo con la edad de inicio del crecimiento puberal, y desaparecer al alcanzarse la talla adulta. Encontramos las mayores diferencias entre los grupos maduradores muy tempranos y muy tardíos (11,9 cm a los 12 años en las niñas; 16,6 cm a los 14 años en los niños). La ganancia media de talla en ambos sexos y la edad de la menarquía y la ganancia de talla entre la menarquía y la talla adulta difirieron significativamente ($p < 0,05$) entre cada grupo madurador puberal y los 4 grupos restantes (tabla 1).

En las niñas, los valores medios de la talla para la edad de la población total difirieron significativamente de los valores medios de las maduradoras muy tempranas, tempranas y muy tardías entre los 6 y los 15 años, de los de las maduradoras tardías de los 7 a los 14 años ($p = 0,0189$ a $p < 0,0001$) y de los de las maduradoras intermedias de los 10 a los 11 años ($p < 0,0001$). En los varones, estas diferencias se observaron entre los 6 y los 16 años con el grupo madurador muy temprano, los 7 y los 16 años en el temprano, los 7 y los 15 años con el tardío, los 6 y los 17 años en el muy tardío ($p = 0,0081$ a $p < 0,0001$) y a los 12 y 13 años con el intermedio ($p < 0,0001$). Las diferencias aumentaron considerablemente

de acuerdo con la edad de inicio del brote de crecimiento puberal y decrecieron al alcanzarse la talla adulta.

Dentro de cada uno de los grupos maduradores, las niñas y los niños tenían valores medios similares de talla según la edad hasta los 8 años, aunque la talla tendía a ser mayor en varones que en niñas. A partir de entonces, las diferencias aumentaron de acuerdo con la edad de inicio del crecimiento puberal, y al alcanzarse la talla adulta oscilaban entre los 13,5 y los 12,6 cm, con una diferencia de 13,0 cm para el total de la muestra (tabla 1).

Velocidad de crecimiento

Los valores medios de la velocidad de crecimiento según la edad en los 5 grupos maduradores y en la población total se muestran en la tabla 2 y en la figura 1. Se observó una relación lineal estadísticamente significativa ($p < 0,0001$) entre los 5 grupos maduradores en ambos sexos, excepto entre los 7-8 años en las niñas (ns). Las diferencias fueron menos marcadas cuando todas las niñas o todos los varones en los 5 grupos eran prepúberes, aumentaron considerablemente a partir de ese momento de acuerdo con la edad de inicio del brote de crecimiento puberal, y tendieron a desaparecer con la talla adulta. Observamos las mayores diferencias entre los grupos maduradores muy tempranos y muy tardíos (5,1 cm/año a los 13-14 años en niñas y 6,0 cm/año a los 15-16 años en varones).

En las mujeres, los valores medios de la velocidad de crecimiento según la edad para la población total difirieron significativamente ($p = 0,0197$ a $p < 0,0001$) de los valores medios en los grupos maduradores muy temprano, temprano, tardío y muy tardío de los 6-7 años a los 16-17 años, y de los valores medios del grupo intermedio ($p < 0,0001$) de los 8-9 años a los 13-14 años. En los varones se encontraron diferencias significativas ($p = 0,0069$ a $p < 0,0001$) con respecto a los grupos maduradores muy temprano, temprano, tardío y muy tardío entre los 8-9 años y los 18-19 años, y al grupo intermedio ($p < 0,0001$) entre los 11-12 años y los 17-18 años. Las diferencias aumentaron considerablemente de acuerdo con la edad de inicio del brote de crecimiento puberal y decrecieron al alcanzar la talla adulta.

Peso

Los valores medios de peso según la edad de los 5 grupos maduradores y la población total se muestran en la tabla 3. Aunque estos valores fueron similares al nacimiento (población A, datos no mostrados), se observó una relación lineal estadísticamente significativa ($p = 0,0168$ a $p < 0,0001$) entre los 5 grupos maduradores de los 6 a los 18 años en las niñas y de los 6 a los 19 años en los varones. Las diferencias aumentaron considerablemente de acuerdo con la edad de inicio del brote de crecimiento puberal y decrecieron al alcanzarse la talla adulta. Las mayores diferencias se encontraron entre el grupo madurador muy temprano y el muy tardío (10,2 kg a los 12 años en niñas y 11,4 kg a los 14 años en varones).

En las mujeres, los valores medios del peso según la edad para la población total difirieron significativamente ($p = 0,0374$ a $p < 0,0001$) de los del grupo madurador muy temprano de los 6 a los 18 años y de los grupos temprano, tardío y muy tardío de los 6 a los 16 años. En los varones, se

Tabla 3 Peso para la edad (kg) en los 5 grupos maduradores puberales y la población total (media \pm DE)

Mujeres						Varones						
Muy temprano n = 119	Temprano n = 157	Intermedio n = 238	Tardío n = 127	Muy tardío n = 102	^a Población total n = 743	Edad (años)	Muy temprano n = 110	Temprano n = 139	Intermedio n = 225	Tardío n = 133	Muy tardío n = 103	^a Población total n = 710
22,8 \pm 2,6	22,0 \pm 2,4	21,2 \pm 2,7	20,6 \pm 2,2	20,6 \pm 2,3	21,4 \pm 2,6	6	23,0 \pm 3,0	22,5 \pm 3,4	21,7 \pm 2,7	21,4 \pm 2,6	21,2 \pm 2,4	21,9 \pm 2,9
26,1 \pm 3,4	25,1 \pm 3,2	24,0 \pm 3,4	23,2 \pm 2,7	23,1 \pm 3,0	24,3 \pm 3,4	7	26,2 \pm 3,8	25,5 \pm 3,9	24,5 \pm 3,2	24,2 \pm 3,2	24,0 \pm 3,0	24,8 \pm 3,5
29,8 \pm 4,0	28,6 \pm 3,9	27,1 \pm 4,1	26,2 \pm 3,4	25,9 \pm 3,6	27,5 \pm 4,1	8	29,7 \pm 4,5	28,7 \pm 4,6	27,7 \pm 3,8	27,3 \pm 3,9	27,1 \pm 3,6	28,0 \pm 4,2
34,1 \pm 4,6	32,2 \pm 4,6	30,3 \pm 4,8	29,3 \pm 4,1	28,7 \pm 4,0	30,9 \pm 4,8	9	33,9 \pm 5,5	32,5 \pm 5,4	31,1 \pm 4,6	30,6 \pm 4,7	30,4 \pm 4,3	31,6 \pm 5,0
39,2 \pm 5,4	36,2 \pm 5,1	33,9 \pm 5,5	32,7 \pm 4,8	32,0 \pm 4,9	34,8 \pm 5,7	10	38,3 \pm 6,3	36,4 \pm 6,2	34,7 \pm 5,3	34,0 \pm 5,3	33,9 \pm 4,9	35,3 \pm 5,8
44,7 \pm 6,4	41,3 \pm 6,1	38,1 \pm 6,4	36,4 \pm 5,6	35,5 \pm 5,8	39,2 \pm 6,8	11	43,3 \pm 7,1	40,3 \pm 7,2	38,4 \pm 6,0	37,6 \pm 6,0	37,3 \pm 5,7	39,2 \pm 6,7
49,2 \pm 6,6	46,5 \pm 6,3	43,0 \pm 6,6	40,7 \pm 6,1	39,0 \pm 6,3	43,8 \pm 7,2	12	49,1 \pm 7,9	45,2 \pm 7,6	42,3 \pm 6,6	41,4 \pm 6,9	41,0 \pm 6,4	43,6 \pm 7,5
53,1 \pm 6,4	51,0 \pm 6,5	47,9 \pm 6,8	45,7 \pm 6,5	43,4 \pm 6,9	48,4 \pm 7,3	13	55,1 \pm 8,4	51,3 \pm 8,2	47,5 \pm 7,3	45,6 \pm 8,0	45,1 \pm 7,2	48,7 \pm 8,5
55,3 \pm 6,0	53,9 \pm 6,5	51,2 \pm 6,9	49,7 \pm 6,5	48,2 \pm 7,0	51,7 \pm 7,0	14	60,6 \pm 8,6	57,7 \pm 8,7	54,3 \pm 8,0	50,9 \pm 8,4	49,2 \pm 7,6	54,6 \pm 9,0
56,6 \pm 6,1	55,7 \pm 6,4	53,3 \pm 6,5	52,6 \pm 6,3	51,5 \pm 6,7	54,0 \pm 6,6	15	64,4 \pm 8,6	62,1 \pm 8,9	59,7 \pm 7,8	57,1 \pm 8,7	54,4 \pm 7,5	59,6 \pm 8,8
57,4 \pm 6,2	56,5 \pm 6,3	54,5 \pm 6,6	54,1 \pm 6,5	53,5 \pm 6,6	55,2 \pm 6,6	16	66,6 \pm 8,5	65,1 \pm 8,5	63,5 \pm 7,8	61,8 \pm 8,5	60,1 \pm 7,5	63,5 \pm 8,4
57,9 \pm 6,0	56,9 \pm 6,3	55,1 \pm 6,6	54,7 \pm 6,5	54,6 \pm 6,5	55,8 \pm 6,5	17	68,2 \pm 8,2	67,1 \pm 8,5	65,8 \pm 7,7	64,8 \pm 8,4	64,2 \pm 7,6	66,0 \pm 8,1
58,1 \pm 6,0	57,1 \pm 6,1	55,4 \pm 6,5	55,0 \pm 6,6	54,9 \pm 6,5	56,0 \pm 6,5	18	69,3 \pm 7,9	68,2 \pm 8,4	66,9 \pm 7,4	66,3 \pm 8,3	66,7 \pm 7,5	67,4 \pm 7,9
						19	70,0 \pm 7,7	69,0 \pm 8,3	67,8 \pm 7,3	67,2 \pm 8,2	68,3 \pm 7,6	68,3 \pm 7,8

En negrita, edades al inicio del brote de crecimiento puberal.

Análisis de tendencia lineal de los valores medios de peso para la edad entre los 5 grupos maduradores puberales: $p = 0,0168$ a $p < 0,0001$ de los 6 a los 18 años en mujeres y de los 6 a los 19 años en varones.

^a Mujeres: población total vs. grupo muy temprano de los 6 a los 18 años y vs. grupos temprano, tardío y muy tardío de los 6 a los 16 años: $p = 0,0374$ a $p < 0,0001$. Varones: población total vs. grupo muy temprano de los 6 a los 18 años, vs. grupo temprano de los 12 a los 14 años, vs. grupo tardío de los 10 a los 16 años y vs. grupo muy tardío de los 10 a los 17 años: $p = 0,0126$ a $p < 0,0001$.

observaron diferencias significativas ($p = 0,0126$ a $p < 0,0001$) con respecto al grupo madurador muy temprano entre los 6 y los 18 años, al grupo temprano de los 12 a los 14 años, al grupo tardío de los 10 a los 16 años y al grupo muy tardío de los 10 a los 17 años. Las diferencias aumentaron de manera sustancial de acuerdo con el inicio del brote de crecimiento puberal y decrecieron en la talla adulta.

Desarrollo puberal

En las niñas, el valor medio del IMC a la edad de inicio del crecimiento puberal de los grupos maduradores muy temprano, temprano, intermedio, tardío y muy tardío fueron $17,5 \pm 2,0$, $17,7 \pm 2,1$, $17,6 \pm 2,2$, $17,8 \pm 2,3$ y $18,4 \pm 2,5$, respectivamente, sin observarse diferencias significativas entre grupos. El estadio II de Tanner del desarrollo mamario se objetivó a los 4-6 meses del inicio del brote de crecimiento puberal, y el estadio IV o V al alcanzarse la talla adulta. El pico de la velocidad de crecimiento se alcanzó entre los estadios II y III de Tanner del desarrollo mamario. Hubo diferencias significativas en la edad media de la menarquia ($p < 0,05$) entre cada grupo madurador y cada uno de los 4 grupos restantes (tabla 1). Los valores del IMC en el momento de la menarquia fueron $19,2 \pm 2,3$, $19,3 \pm 2,1$, $19,0 \pm 2,2$, $19,0 \pm 2,1$ y $19,6 \pm 2,2$ en los grupos maduradores muy temprano, temprano, intermedio, tardío y muy tardío, respectivamente, sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

En los varones, los valores medios del IMC fueron $18,6 \pm 2,3$, $18,6 \pm 2,5$, $18,9 \pm 2,5$, $19,3 \pm 2,6$ y $20,1 \pm 2,4$ en los grupos maduradores muy temprano, temprano, intermedio, tardío y muy tardío, respectivamente, sin diferencias estadísticamente significativas entre los grupos muy temprano, temprano, intermedio y tardío; los valores del grupo madurador muy tardío difirieron significativamente ($p < 0,05$) de los de los grupos muy temprano, temprano e intermedio. Se registraron volúmenes testiculares de 4-6 ml al inicio del crecimiento puberal y de 20 ml al alcanzarse la talla adulta. El pico de la velocidad de crecimiento ocurrió entre los estadios III-IV de Tanner, y el estadio V de Tanner cuando los sujetos habían alcanzado la talla adulta.

Discusión

Los estudios longitudinales proporcionan valores de referencia para la evaluación del crecimiento puberal. Como el crecimiento puberal varía dependiendo de su edad de inicio, se ha propuesto el uso de más de un patrón de referencia^{4,5,8-10}.

En este artículo, comunicamos los valores de la talla, velocidad de crecimiento y peso según la edad desde los 6 años hasta la talla adulta en 1.453 niños sanos no obesos de un barrio de clase media-alta de Barcelona, cuyas medidas antropométricas fueron realizadas por tan solo 4 investigadores empleando instrumentos calibrados de manera similar. El objetivo del estudio era reducir la dispersión observada en los parámetros antropométricos en estudios de crecimiento debida a la heterogeneidad de las poblaciones analizadas, el número de investigadores involucrados y los instrumentos utilizados. Los niños se distribuyeron en 5 grupos maduradores puberales definidos a intervalos de un año (muy

temprano, temprano, intermedio, tardío y muy tardío) de acuerdo con su edad al inicio del brote de crecimiento puberal.

En ambos sexos, los valores medios de la longitud al nacer (población A, datos no mostrados), el peso al nacer (población A, datos no mostrados), la talla adulta y el peso adulto fueron similares en los 5 grupos maduradores puberales. Sin embargo, los valores medios de la talla para la edad, velocidad de crecimiento para la edad y peso para la edad difirieron entre los grupos a partir de los 6 años. Las diferencias fueron pequeñas y de escasa relevancia clínica cuando todas las niñas (edad < 8 años) y todos los varones (edad < 10 años) eran prepúberes. No obstante, a partir de estas edades las diferencias aumentaron y adquirieron relevancia clínica según la edad de inicio del crecimiento puberal, para luego desaparecer al alcanzarse la talla adulta.

En ambos sexos, el inicio del brote de crecimiento puberal es un hito crítico que determina la velocidad de crecimiento (ganancias de talla y peso) durante la pubertad, la maduración sexual a través de los estadios de Tanner y, en las mujeres, la edad de la menarquia y la ganancia de talla entre la menarquia y la talla adulta. Cada grupo madurador puberal tiene un patrón de desarrollo puberal característico que, además, se diferencia del de la población total. En la práctica clínica, la evaluación del crecimiento puberal (talla, velocidad de crecimiento y peso) y el desarrollo sexual individuales con referencia al patrón de maduración correspondiente (muy temprano, temprano, intermedio, tardío y muy tardío) puede contribuir a evitar los errores que se cometen actualmente con el empleo exclusivo del patrón de la población total como referencia.

Aunque no podemos descartar completamente la presencia de sesgos en nuestros resultados, en ambos sexos los valores correspondientes a las tallas para la edad en individuos prepúberes (niñas < 8 años, varones < 10 años) y la talla adulta fueron similares a los comunicados en estudios transversales realizados recientemente en España¹¹, Europa¹⁴⁻²⁰ (excepto por la población holandesa, con una talla adulta de 5,9 cm mayor en ambos sexos) y América^{21,22}, lo que sugiere que nuestros datos para los 5 grupos maduradores puberales también podrían resultar de utilidad en la evaluación del crecimiento puberal en estas poblaciones.

En niñas, las diferencias en los valores del IMC al inicio del crecimiento puberal entre los 5 grupos maduradores no fueron estadísticamente significativas, ni tampoco a la edad de la menarquia. Tampoco lo fueron en los varones al inicio del crecimiento puberal, exceptuando las diferencias entre el grupo muy tardío y los grupos muy temprano, temprano e intermedio, aunque estas diferencias fueron de escasa relevancia clínica. Estos datos sugieren que en ambos sexos el inicio de la pubertad requiere una masa corporal similar en todos los individuos, y en las mujeres la aparición de la menarquia, independientemente de la edad a la que ocurra. Además, la edad de la menarquia en la población total fue similar a la descrita recientemente por otros autores, lo que concuerda con la aceleración secular observada en los últimos años²³⁻²⁵.

En resumen, se obtuvieron datos antropométricos (talla, velocidad de crecimiento y peso, todos según la edad) correspondientes al período de crecimiento puberal para ambos sexos de un estudio longitudinal de crecimiento que incluyó 1.453 niños sanos de la generación del milenio,

clasificados en 5 grupos de acuerdo con la edad de inicio del brote de crecimiento puberal. Estos datos pueden contribuir a mejorar la evaluación clínica del crecimiento teniendo en cuenta el *tempus* madurativo de cada niño, evitándose los errores que se cometen actualmente con el uso de un único patrón de referencia. También se comunican datos sobre el desarrollo sexual y, en niñas, la edad de la menarquia.

Adenda

Gráficas para la talla, velocidad de crecimiento, peso e IMC, todas según la edad, obtenidas por el método LMS (centiles y SDS) estarán disponibles para su descarga 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 Fidelma Greaves por su ayuda en la elaboración de la versión en inglés del manuscrito.

Bibliografía

- Tanner JM. Growth as a mirror of the condition of society: secular trends and class distinctions. *Acta Paediatr Jpn*. 1987;29:96-103.
- Gelander L. Children's growth: a health indicator and a diagnostic tool. *Acta Paediatr*. 2006;95:517-8.
- Scherdel P, Dunkel L, van Dommelen P, Goulet O, Salaun JF, Brauner R, et al. Growth monitoring as an early detection tool: a systematic review. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2016;4:447-56.
- Ferrández A, Carrascosa A, Audí L, Baguer L, Rueda C, Bosch-Castañé 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.
- Carrascosa A, Ferrández A, Audí L, Sánchez 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). London: Springer; 2012.
- Tanner JM, Whitehouse RH. Clinical longitudinal standards for height, weight, height velocity, weight velocity, and stages of puberty. *Arch Dis Child*. 1976;51:170-9.
- Tanner JM, Davies PS. Clinical longitudinal standards for height and height velocity for North American children. *J Pediatr*. 1985;107:317-29.
- Hagg U, Taranger J. Height and height velocity in early, average and late maturers followed to the age of 25: a prospective longitudinal study of Swedish urban children from birth to adulthood. *Ann Hum Biol*. 1991;18:47-56.
- Gasser T, Sheehy A, Molinari L, Largo RH. Growth of early and late maturers. *Ann Hum Biol*. 2001;28:328-36.
- Kelly A, Winer KK, Kalkwarf H, Oberfield SE, Lappe J, Gilsanz V, et al. Age-based reference ranges for annual height velocity in US children. *J Clin Endocrinol Metab*. 2014;99:2104-12.
- Carrascosa A, Fernández JM, Fernández C, Ferrández A, López-Siguero JP, Sánchez 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.
- Carrascosa A, Ferrández A, Yeste D, García-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.
- Carrascosa A, Audí L, Fernández-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.
- 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, 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.
- Deheeger M, Rolland-Cachera MF. [Longitudinal study of anthropometric measurements in Parisian children aged ten months to 18 years]. *Arch Pediatr*. 2004;11:1139-44.
- 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.
- Gohlke B, Woelfle J. Growth and puberty in German children: is there still a positive secular trend? *Dtsch Arztebl Int*. 2009;106:377-82.
- Kulaga Z, Litwin M, Tkaczyk M, et al. Polish 2010 growth references for school-aged children and adolescents. *Eur J Pediatr*. 2011;170:599-609.
- Castilho LV, Lahr MM. Secular trends in growth among urban Brazilian children of European descent. *Ann Hum Biol*. 2001;28:564-74.
- Fryar CD, Gu Q, Ogden CL. Anthropometric reference data for children and adults: United States, 2007-2010. *Vital Health Stat* 11. 2012;1-48.
- 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.
- García-Cuartero B, González A, Frías E, Arana C, Díaz E, Tolmo MD. Assessment of the secular trend in puberty in boys and girls. *An Pediatr (Barc)*. 2010;73:320-6.
- 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.