

## Valoración del crecimiento y del estado madurativo en población pediátrica y su importancia clínica

### Assessment of growth and maturation status in pediatric patients and their clinical significance

Emilio González, PhD\*, María José Aguilar, PhD\*

#### Resumen

El crecimiento y el desarrollo constituyen dos procesos orgánicos fisiológicos por los que los seres vivos incrementan su masa y maduran morfológicamente, y por ello, adquieren una plena capacidad funcional. Si se tiene en cuenta que el crecimiento en la especie humana muestra un ritmo discontinuo, esto es, alternancia de períodos de crecimiento rápido o fases de aceleración con fases de desaceleración, su estudio entre la población pediátrica resultará complejo y se hace necesario el uso de modelos matemáticos y estándares de referencia. El objetivo de este trabajo ha sido llevar a cabo una revisión acerca de los principales modelos o métodos existentes para analizar la curva de crecimiento durante la edad pediátrica, así como los estándares de referencia más importantes y los parámetros de evaluación del crecimiento.

**Palabras clave:** Crecimiento; Desarrollo; Niños.

**Colomb Med. 2012; 43: 86-94**

#### Summary

Growth and development are two physiological organic processes by which living beings increase their mass and morphologically mature; thereby, acquiring full functional capacity. Given that growth in the human species shows a discontinuous rate, that is, alternating periods of rapid growth or acceleration phases of deceleration phases, the study in the pediatric population will be complex, requiring the use of mathematical models and reference standards. The aim of this study was to conduct a review on the main models and methods to analyze the growth curve during childhood and the most important reference standards to consider and evaluate growth parameters.

**Keywords:** Growth; Development; Children.

**Colomb Med. 2012; 43: 86-94**

El crecimiento y maduración comprenden fenómenos orgánicos complejos por los que los seres vivos, a la vez que aumentan su masa y maduran morfológicamente, adquieren una plena capacidad funcional<sup>1</sup>. Este proceso está determinado genéticamente y modulado por una serie de factores externos que tiene su inicio en la vida intrauterina y se prolonga a lo largo de toda la infancia<sup>1</sup>.

Durante la pubertad, los cambios en los órganos sexuales están acompañados de una aceleración del crecimiento, seguido de una desaceleración, y constituye el denominado brote puberal, esto es, se produce una modificación tanto en la cantidad como en la distribución del tejido adiposo subcutáneo así como un incremento de la masa muscular especialmente entre los varones<sup>2</sup>. La edad de inicio del brote

\* Profesor, Departamento de Enfermería, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Granada, Granada, España.  
e-mail: emigoji@ugr.es    mariajaguilar@telefonica.net  
Recibido para publicación febrero 4, 2011    Aceptado para publicación julio 8, 2011

puberal entre los varones respecto de la talla ocurre a los  $11.6 \pm 1.1$  años aproximadamente, con una velocidad de  $4.4 \pm 1.2$  cm/año. En el caso de las niñas suele acontecer más temprano, a los  $9.5 \pm 1.2$  años, con una velocidad de  $4.6 \pm 0.9$  cm/año<sup>2</sup>.

A partir de este momento se produce una aceleración del crecimiento hasta alcanzar la máxima velocidad (pico de velocidad máxima) que en el varón tiene lugar a los  $13.5 \pm 1.1$  años con una velocidad estimada de  $9.6 \pm 1.6$  cm/año<sup>2,3</sup>. Entre las niñas sucede a los  $11.7 \pm 1.03$  años con una velocidad aproximada de  $8.6 \pm 1.4$  cm/año. El patrón de crecimiento resulta similar entre ambos sexos, aunque con diferencias significativas en el ritmo de maduración<sup>2,3</sup>.

El crecimiento de la especie humana tiene como característica presentar dos períodos de crecimiento rápido con sus fases de aceleración y desaceleración, separados por un período de crecimiento estable<sup>4,5</sup>. El primero de estos períodos de crecimiento acelerado corresponde al fetal y los primeros meses de vida extrauterina y el segundo el estirón puberal. Entre ambos la velocidad de crecimiento es constante y cerca de los 7 años hay un ligero incremento de la misma que coincide con la adrenarquía. Existe un claro dimorfismo sexual en el estirón puberal y es más precoz y menos intenso en las mujeres que en los varones<sup>6</sup>.

Se trata de un perfil característico de los primates y que difiere del existente entre el resto de los mamíferos. Este patrón de crecimiento se encuentra entre las especies de menor tamaño. No obstante, entre los antropoides más evolucionados como el chimpancé, se asemeja más al de la especie humana<sup>7</sup>. En ellos, el intervalo entre el nacimiento y la pubertad comprende entre 7 a 8 años. Con el estirón puberal se muestra ya un marcado dimorfismo sexual caracterizado por un brote de crecimiento más precoz y menos intenso entre las hembras y más tardío y amplio entre los machos<sup>8</sup>. Para la realización de este trabajo se llevó a cabo una revisión bibliográfica sistemática de los últimos años, se usó como base de datos Medline y se analizaron 48 artículos. Ahora bien, el objetivo principal de este trabajo ha sido

realizar una revisión acerca de los principales modelos o métodos existentes para analizar la curva de crecimiento durante la edad pediátrica, así como los estándares de referencia más relevantes y los parámetros de evaluación del crecimiento.

## Modelos matemáticos para representar la curva de crecimiento

Han sido múltiples los intentos por desplegar funciones matemáticas que se ajusten a la curva de crecimiento normal. El objetivo de estas curvas es extraer el máximo de información acerca de las medidas antropométricas, analizar hechos representativos como el brote de crecimiento puberal, o investigar el efecto que poseen sobre el crecimiento humano circunstancias tales como enfermedades, nutrición o los tratamientos farmacológicos<sup>9</sup>.

El problema radica en que el patrón de crecimiento humano es tan complejo que resulta difícil encontrar fórmulas sencillas que con pocas constantes permitan interpretar, desde un punto de vista clínico, los datos antropométricos obtenidos<sup>10</sup>.

Karlberg<sup>11</sup> propuso un modelo en el que intentaba sortear dichas limitaciones. Esto es el modelo ICP (infancy, childhood, puberty). En él, el autor consideraba que la curva de crecimiento habría de representar el efecto aditivo de varias fases biológicas. Según esto la curva podría descomponerse en tres partes: fetal y de la primera infancia, prepuberal o de la segunda infancia y un componente puberal. A continuación se describen cada uno de ellos.

### 1. Componente fetal y de la primera infancia.

Abarca desde la segunda mitad de la gestación hasta los tres años de edad. Desde un punto de vista matemático se representa mediante la función exponencial  $y = a + b (1 - \exp [-ct])$ . Este primer componente está regulado por el flujo de sustratos energéticos y nutrientes esenciales. Ahora bien, los factores hormonales que intervienen en su regulación son la insulina y los factores tisulares de crecimiento (IGF-I, IGF-II, EGF, NGF, etc).

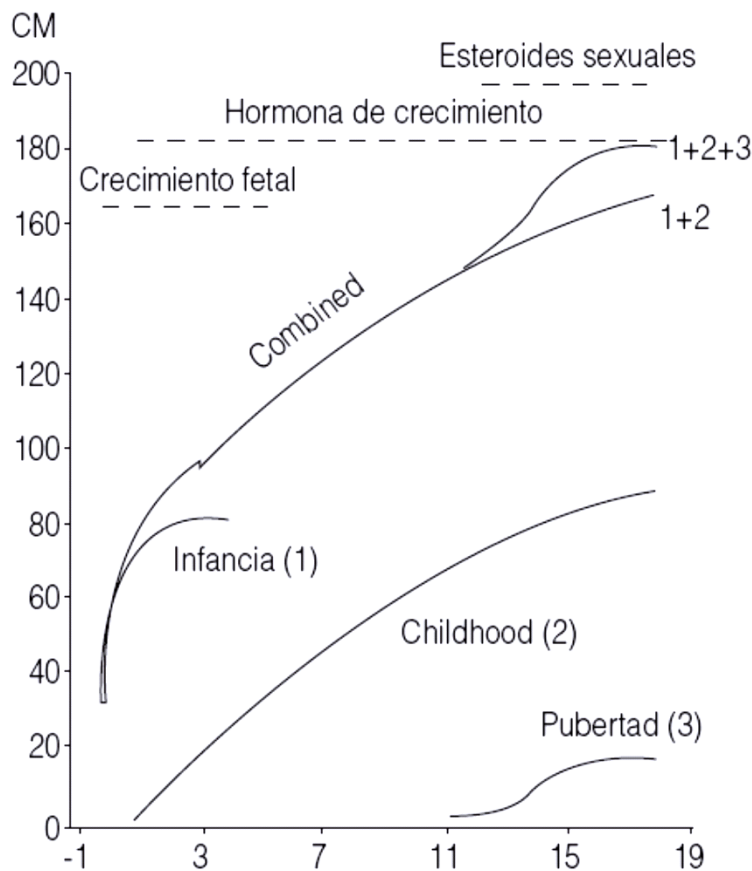
### 2. Componente prepuberal o de la segunda

**infancia.** Comprende desde el final del primer año de vida hasta la última etapa del crecimiento. Desde un punto de vista matemático se representa mediante la función polinomial de segundo grado  $y = a + bt + ct^2$ . Hasta los tres años de edad, el crecimiento en humanos es el resultado de la combinación de estos dos componentes que, en el caso del segundo, su inicio se expresa a expensas de un incremento de la velocidad de crecimiento, habitualmente entre el sexto y el duodécimo mes<sup>11</sup>. De no haberse producido al final del primer año será indicativo de deficiencia o secreción insuficiente de GH. A partir de este momento, la GH se convierte en un factor decisivo para la regulación del crecimiento.

**3. Componente puberal.** Se corresponde al brote puberal. Se representa mediante la función logísti-

ca  $y = a / (1 + \exp(-b [t - tv]))$ . Se encuentra regulado por la hormona del crecimiento y esteroides sexuales. Al igual que los dos anteriores este método es muy discutible en tanto que resulta prácticamente imposible que pueda expresar con precisión todas y cada una de las eventualidades que se observan en la curva de crecimiento, esto es, la inflexión que tiene ocasión durante las últimas semanas de la gestación o el brote de crecimiento con la adrenergia. Esto sólo se logra mediante el empleo de fórmulas complejas dotadas de un número elevado de parámetros.

El aporte más importante de este modelo es que permite relacionar la morfología de la curva con los procesos que se están produciendo y los factores de crecimiento que intervienen en las distintas etapas. De esta forma es viable detectar precozmente la



**Gráfica 1. Modelo de los tres componentes infancia, childhood, puberty (ICP). Curva de altura**

Adaptado de: Karlberg J. A biologically-oriented mathematical model ICP for human growth. *Acta Paediatr Scand.* 1989; 350: 74-94.

alteración de uno o varios de estos factores (Gráfica 1).

### Uso y utilidad clínica de los estándares de referencia

Para el estudio clínico del crecimiento entre población pediátrica es de suma importancia el uso de curvas de referencia realizadas a partir de mediciones de la población en estudios anteriores<sup>12</sup>. En este sentido, los estudios pueden ser longitudinales o transversales. Ahora bien, en relación con su utilización, conviene destacar la selección de aquellos estándares que mejor se adapten a las características de la población. Hoy se dispone de patrones o estándares de referencia elaborados con la población infantil española. Entre ellos, cabe destacar, por su relevancia científica, las curvas y tablas de crecimiento de la Fundación Faustino Orbeago<sup>13</sup>.

#### ***Curvas y tablas de crecimiento de la Fundación Faustino Orbeago. Estudio longitudinal y transversal.***

Características de la muestra:

*Estudio longitudinal.* La recolección de datos se inició entre los años 1978 y 1980, con un total de 600 recién nacidos (300 niños y 300 niñas), a los que se les controló cada 3 meses el primer año de vida y cada 6 meses los siguientes años hasta el año 2000. Las medidas fueron tomadas a lo largo de los 18 años de seguimiento por dos únicos medidores y se realizaron periódicamente controles del error intra e inter-observador.

*Estudio transversal.* La recolección de los datos se llevó a cabo durante el período comprendido entre los meses de noviembre del año 2000 hasta octubre de 2001; se incluyeron 6,443 sujetos (3,496 mujeres y 2,947 hombres) con edades comprendidas entre 1 y 18 años. Respecto de la procedencia de la población de estudio es preciso destacar que la muestra se compuso de recién nacidos en el Hospital de Basurto, por su parte, los niños de 1 mes a 3 años fueron captados a partir de diversas consultas de pediatría pertenecientes a centros de salud así como de consul-

tas privadas. Respecto de las edades posteriores, la población procedía de guarderías, escuelas públicas y privadas y de institutos y centros de formación profesional de la provincia de Vizcaya. En relación con la metodología, las medidas fueron realizadas por 3 equipos de dos personas cada uno, entrenados por los profesionales que intervinieron durante el estudio longitudinal.

*Evaluación del crecimiento.* La evaluación del crecimiento se fundamenta en el estudio de los cambios somatométricos que se producen con la edad<sup>14</sup>. Ahora bien, para llevar a cabo una adecuada valoración de este proceso resultará necesario evaluar una serie de variables antropométricas con el objeto de identificar anomalías en sus valores respecto de la edad y sexo de los sujetos. Las variables que comprende el estudio del crecimiento desde la infancia son el peso, la talla, el perímetro cefálico (PC), el índice de masa corporal (IMC) y la velocidad de crecimiento<sup>15</sup>. A continuación se describen cada una de ellas:

*Peso.* Es el resultado de la acción que la gravedad ejerce sobre la masa corporal. Para llevar a cabo su determinación el sujeto se debe ubicar sobre la balanza en posición antropométrica y procurar su permanencia en el centro de la misma hasta realizar la lectura en kilogramos<sup>15</sup>. La medición se realiza a primera hora y en ayunas. El individuo permanecerá descalzo, sin ropa o con la mínima posible y sin tocar nada durante la medición. En los recién nacidos y lactantes se usará una báscula en la que pueda estar acostado o sentado<sup>15</sup>.

*Talla.* Los niños de 0 a 2 años deben medirse en decúbito supino (longitud) y a partir de esta edad, de pie (talla) porque es así como se han establecido las tablas de referencia. La diferencia media entre ambas medidas en un niño de 18 a 20 meses es de 1-2 cm a favor de la talla en decúbito<sup>16</sup>. Para realizar una correcta medición es necesaria la colaboración de dos personas. Se pone al niño en decúbito supino con las rodillas y caderas en extensión; uno de los exploradores sujeta la cabeza del niño de forma que el plano de Frankfurt (plano imaginario que pasa por el suelo de la órbita y el margen superior del orificio auditivo

externo) quede perpendicular a la superficie del instrumento, mientras, el otro explorador, con una mano extiende las rodillas del niño y con la otra desplaza el soporte móvil de dicho instrumento hasta ajustarlo a las plantas de los pies<sup>17</sup>.

Los instrumentos para medir la talla en bipedestación son similares, pero en este caso, la tabla graduada es vertical y el soporte móvil es el que se desciende hasta la cabeza. Se pone al sujeto de pie, con los talones, nalgas y espalda en contacto con la tabla y mirando al frente. Para incrementar la fiabilidad, tanto de la medición de la longitud como de la talla, se puede utilizar la media de dos o más mediciones consecutivas<sup>17</sup>. Al igual que con el peso la determinación de la estatura deberá hacerse a primera hora de la mañana pues ésta presenta variaciones diurnas de hasta 0.3 mm en las primeras horas de la mañana<sup>18</sup>.

*Perímetro cefálico (PC).* El PC representa la máxima circunferencia de la cabeza que pasa, habitualmente por la glabella (punto medio más saliente del frontal situado entre las cejas, aproximadamente sobre una línea tangente a los bordes superiores de las órbitas) y el opistocráneo (punto más alejado de la glabella en el punto medio sagital)<sup>18</sup>. Se mide con una cinta métrica inextensible, ajustándola lo más posible al cráneo para minimizar el error mediado por el cabello. Dicho parámetro refleja el volumen intracraneal y el crecimiento cerebral que, en su mayor parte, tiene lugar durante los primeros 4 años de vida<sup>18</sup>.

Una vez obtenidas las medidas, se comparan con las curvas de referencia existentes. En los casos en los que se sitúen por encima del percentil 97 o por debajo del percentil 3 se debe calcular las desviaciones estándar (DE). Talla actual-talla en el P50 para la edad/valor de DE para la edad.

Deberán considerarse como patológicos a los sujetos que se alejen en más de 3 DE de la media, esto es, por debajo del percentil 1 o por encima del 99, mientras que los situados entre 2 y 3 DE por encima o por debajo de la media (entre los percentiles 1 al 3 y 97 al 99) serían considerados casos extremos y, por ende, necesitarán un seguimiento cuidadoso<sup>18</sup>.

*Índice de masa corporal (IMC).* El IMC expresa la

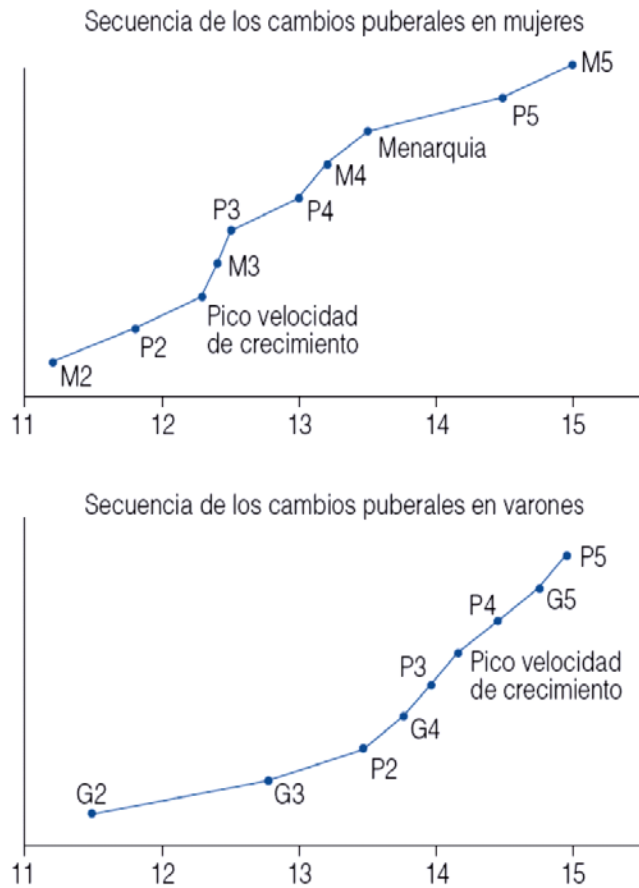
relación del peso en kilogramos entre la talla en metros y al cuadrado [peso (kg)/talla<sup>2</sup> (m)]. Se establece que el punto de partida para el diagnóstico del sobrepeso u obesidad lo constituye el valor o percentil de IMC, a partir del cual el riesgo para la salud comienza a incrementarse de manera significativa<sup>19</sup>. Este punto de inicio resulta complejo precisar, porque la morbilidad por obesidad resulta relativamente «menor» en niños que en adultos.

Luego, para definir los términos de sobrepeso (situación en riesgo de obesidad) y obesidad según la comunidad científica, se haría uso de límites relacionados con la edad. Por consenso, se aceptan los percentiles 85 y 95 (para edad y sexo) como puntos cardinales de corte del IMC para definir el sobrepeso y obesidad respectivamente<sup>20</sup>. Ambos son límites estadísticos arbitrarios y, por tanto, susceptibles de sufrir modificaciones de unas poblaciones a otras.

*Velocidad de crecimiento.* Se expresa en cm/año y se aplica a la edad intermedia entre las edades en las que se hizo la observación. El tiempo transcurrido entre las dos mediciones debe ser calculado con exactitud y extrapolar el crecimiento obtenido a un año, mediante una regla de tres<sup>21</sup>.

El intervalo ideal de observación es de un año (entre 0.8-1.1 años) y en ningún caso inferior a 6 meses porque el error se incrementaría como resultado de las grandes fluctuaciones que, en períodos más cortos, puede experimentar el ritmo de crecimiento<sup>22</sup>. El ejemplo más conocido para ello serían las variaciones estacionales y se destaca un mayor crecimiento, en la mayoría de los niños durante los períodos de primavera y verano<sup>21</sup>.

La interpretación de un valor de velocidad de crecimiento de forma aislada, como normal o patológica, puede resultar complejo debido a la naturaleza cíclica del crecimiento que durante el período prepuberal, se alternan períodos de crecimiento rápido y de crecimiento más lento<sup>23</sup> (Gráfica 2). Asimismo, cabe considerar la existencia de períodos normales de desaceleración de la velocidad de crecimiento durante los primeros 12 a 18 meses de vida en niños con talla baja constitucional y en la fase peripuberal



**Gráfica 2. Cronología de la pubertad**

Adaptado de: Neinstein LS. *Adolescent health care. A practical guide*. Filadelfia: Lippincott Williams & Wilkins; 2002.

en aquellos otros niños con un tiempo madurativo lento<sup>24</sup>. En este sentido, habría de considerarse como potencialmente patológica una velocidad de crecimiento inferior al percentil 3. Si bien, se utiliza como límite de la normalidad el percentil 25, porque cuando un niño mantiene un ritmo de crecimiento en el percentil 25, su talla definitiva será baja. Según este concepto, una velocidad de crecimiento puntual por debajo del percentil 25, en principio, no resultaría patológica, sólo lo sería cuando se mantuviera en ese rango<sup>25</sup>.

Ahora bien, es cierto que el crecimiento se puede ver influido por un potencial genético, según el cual el patrón de crecimiento de los sujetos se hereda con base en un modelo poligénico, no dominante y no ligado al sexo. Según esto, la correlación entre la talla

media de los padres y la talla del hijo (expresada en centímetros) es de 0.75-0.78 y de 0.55-0.60 cuando la expresamos en desviaciones estándar para el período comprendido entre los 2 y los 9 años de edad<sup>26</sup>. Según esto, existen tablas de correlación entre la talla media de los padres (talla materna + talla paterna/2) y la talla del niño entre los 2 y los 9 años publicadas por Tanner<sup>27</sup>.

En aquellos casos en los que el proceso de herencia ha sido normal y que los factores ambientales han influido de forma similar en ambas generaciones, se podría hablar además de la existencia de la denominada talla diana (TD) o talla genética. Se trata de la talla que cabría esperar para el hijo de una determinada pareja.

El método propuesto por Tanner es el más empleado:

$$\text{Niños: } [talla\ padre + (talla\ madre + 13)] / 2 = TMP + 6.5\text{ cm } (\pm 10)$$

$$\text{Niñas: } [(talla\ padre - 13) + Talla\ madre] / 2 = TMP - 6.5\text{ cm } (\pm 9)$$

Si el pronóstico de talla se encuentra en el rango de  $\pm 5$  cm de la TD (aproximadamente 1 DE) probablemente no exista enfermedad.

*Valoración de la maduración.* Por maduración se concibe el conjunto de cambios que presenta un individuo durante su infancia y adolescencia hasta alcanzar el máximo potencial de crecimiento y desarrollo. Entre los indicadores más usados para valorar el estado madurativo de los sujetos en edad pediátrica se encuentran la aparición y evolución de los caracteres sexuales secundarios y la maduración esquelética.

*Estadios de desarrollo según Tanner.* Para analizar el grado de desarrollo entre la población pediátrica y juvenil, Tanner<sup>27</sup> propuso la valoración de una serie de variables o caracteres tanto en hombres como en mujeres. En el caso de las niñas, se deben valorar las mamas y el vello pubiano, a diferencia de los niños en los que habría de valorarse el aspecto global de los genitales externos, el vello pubiano y el volumen testicular.

En las niñas, el inicio de la pubertad está marcado por la aparición del botón mamario y en los niños el

aumento de volumen testicular, por lo general, superior a 4 cc. Ahora bien, la aparición aislada de vello pubiano no será un factor indicativo del inicio de la pubertad<sup>28</sup>. La cronología del desarrollo puberal se muestra en la Gráfica 2.

*Maduración esquelética o edad ósea.* Entre los posibles indicadores para medir la edad fisiológica, uno de los más precisos es el grado de osificación. La zona anatómica más empleada es la mano (mano izquierda por consenso internacional) por las siguientes razones: su fácil accesibilidad, escasa radiación y la existencia de un amplio número de huesos en una pequeña zona corporal.

### **Métodos**

*Atlas.* Se basan en la comparación de una radiografía problema con una serie de radiografías estándares, tomadas de una muestra de la población general.

. Atlas de Greulich y Pyle<sup>29</sup> para la mano y muñeca.

Hay dos sistemas para utilizarlo:

a. Se compara la mano y se le adscribe la edad ósea que corresponda al estándar más parecido o una edad intermedia entre dos estándares sucesivos. Es la forma más usada.

b. Se valora hueso a hueso (se da la edad ósea correspondiente a cada núcleo de osificación que viene en las páginas finales del Atlas) en la página contigua de cada radiografía estándar se refleja la edad de cada núcleo de la radiografía ejemplo. La edad ósea de la radiografía problema se obtiene calculando la edad media de los núcleos de osificación. En Colombia, Hernández *et al.*<sup>30</sup> elaboraron un atlas siguiendo los criterios de Greulich y Pyle, a partir de una muestra de población española.

*Métodos numéricos.* Constituyen indicadores de maduración para cada núcleo de osificación, que conceden una puntuación para cada uno de los estadios evolutivos de acuerdo con el sexo. La suma de las puntuaciones dará la maduración ósea.

. Método de Tanner y Whitehouse<sup>31</sup>. Tanner *et al.*<sup>31</sup> describieron tres métodos de maduración ósea con la mano y muñeca: carpo (emplea solamente los 7 núcleos del carpo), RUS (13 núcleos: radio, cúbito y los huesos cortos de la mano) y 20 huesos (los 7 del

carpo más los 13 del RUS), y el RUS es el más empleado. Una vez obtenida la suma de las puntuaciones el resultado se traslada a una tabla que da la edad ósea. Se han descrito patrones de maduración ósea de referencia para el método de TW en diferentes poblaciones.

. Método SHS<sup>32</sup>. Durante el primer año de vida no son valorables los métodos anteriores, porque en el momento del nacimiento no existe ningún núcleo de osificación en la radiografía de la mano y éstos van apareciendo a lo largo del primer año. El método SHS, desplegado por Hernández *et al.*<sup>rect</sup> se basa en una radiografía lateral del pie y tobillo izquierdos. Es un método numérico y valora cinco núcleos de osificación (calcáneo, cuboides, tercera cuña y las epífisis distales de tibia y peroné) a los que se les da una determinada puntuación de acuerdo con los criterios madurativos que cumplan. La suma de todos ellos dará el grado de maduración ósea, que debe ser comparada con los estándares de la población general.

Para la correcta valoración de la edad ósea es preciso tener una buena técnica de la radiografía: la palma de la mano izquierda apoyada en la placa, el eje del dedo medio alineado con el antebrazo y éste debe estar en el mismo plano horizontal que el brazo y los dedos no se deben tocar, y el pulgar debe situarse de forma natural para formar un ángulo de 30°. La diferencia entre la edad ósea y la edad cronológica de un año se considera normal.

### **Discusión y conclusión**

El crecimiento y maduración entre la población infantil y juvenil comprenden fenómenos orgánicos complejos que necesitan ser valorados de forma periódica porque, además de su utilidad clínica como estándares de referencia para la valoración del crecimiento infantil, informan sobre el bienestar social de la población.

En la actualidad, en España no existen diferencias regionales entre la talla infantil y la talla adulta. Tampoco se han encontrado diferencias en el desa-

rollo. Ello indica la ausencia de desigualdades respecto de los recursos disponibles para garantizar un crecimiento óptimo.

Considerando los principales autores y estudios realizados al respecto, coinciden en enfatizar la relevancia de hacer estudios transversales que proporcionen información rápida y precisa sobre el nivel de crecimiento y desarrollo de la población.

Por otra parte, sería igualmente deseable poner en práctica estudios locales con el objetivo de establecer comparaciones para las variables de crecimiento y maduración entre poblaciones infantiles similares.

Por último, la larga tradición de los estudios de crecimiento y maduración en España permite pensar que los anteriores planteamientos son factibles, fundamentalmente por las innovadoras técnicas de información y comunicación, así como por los nuevos principios de gestión en investigación y salud.

**Conflicto de intereses.** Los autores del trabajo declaran la no existencia de conflicto de intereses.

## Referencias

1. Tanner JM. *Foetus into man. Physical growth from conception to maturity*. 2ª ed. Cambridge: Harvard University Press; 1989.
2. Hernández Rodríguez M. El patrón de crecimiento humano: factores que regulan el crecimiento. En: Argente J, Carrascosa A, Gracia R, Rodríguez F, eds. *Tratado de Endocrinología Pediátrica y de la Adolescencia*. 2ª ed. Barcelona: Doyma; 2000. p. 63-81.
3. WHO Multicentre Growth Reference Study Group. WHO child growth standards based on length/height, weight and age. *Acta Paediatr*. 2006; 450: 76-85.
4. Pozo J, Argente J. Crecimiento valoración auxológica. En: Argente J, Carrascosa A, Gracia R, Rodríguez F, editores. *Tratado de endocrinología pediátrica y de la adolescencia*. 2ª ed. Barcelona: Doyma; 2000. p. 177-87.
5. Ferrández-Longás A, Mayayo E, Labarta JJ, Bagué L, Puga B, Rueda C, et al. Estudio longitudinal de crecimiento y desarrollo. Centro Andrea Prader. Zaragoza 1980-2002. En: *Patrones de crecimiento y desarrollo en España*. Atlas de gráficas y tablas. Madrid: Ergon; 2004. p. 61-115.
6. WHO Multicentre Growth Reference Study Group. Assessment of differences in linear growth among populations in the WHO Multicentre Growth Reference Study. *Acta Paediatr*. Suppl 2006; 450: 56-65.
7. Carrascosa A, Copi A, Yeste B, Gussigüe M. Curvas de crecimiento. Barcelona. En: *Patrones de crecimiento y desarrollo en España*. Atlas de gráficas y tablas. Madrid: Ergon; 2004.
8. De Onis M, Onyango AW, Borghi E, Garza C, Yang H. WHO Multicentre Growth Reference Study Group. Comparison of the World Health Organization (WHO) Child Growth Standards and the National Center for Health Statistics/WHO international growth reference: implications for child health programmes. *Public Health Nutr*. 2006; 9: 942-7.
9. WHO Working Group on the Growth Reference Protocol and WHO Task Force on Methods for the Natural Regulation of Fertility. Growth patterns of breastfed infants in seven countries. *Acta Paediatr*. 2000; 89: 215-22.
10. WHO Multicentre Growth Reference Study Group. Assessment of differences in linear growth among populations in the WHO Multicentre Growth Reference Study. *Acta Paediatr*. 2006; 450: 56-65.
11. Karlberg J. A biologically-oriented mathematical model ICP for human growth. *Acta Paediatr Scand*. 1989; Suppl. 350: 74-94.
12. Betts PR, Voss LD, Bailey BJ. Measuring the heights of very young children. *BMJ*. 1992; 304: 1351-2.
13. Sobradillo B, Aguirre A, Aresti U, Bilbao C, Fernández-Ramos C, Lizarraga A, et al. Curvas y tablas de crecimiento (estudio longitudinal y transversal). Fundación F. Orbeagozo. En: *Patrones de crecimiento y desarrollo en España*. Atlas de gráficas y tablas. Madrid: Ergon; 2004. p. 145-68.
14. Serra LL, Aranceta J. *Obesidad infantil y juvenil. Estudio EnKid (1998-2000)*. Barcelona: Mason; 2001.
15. Rodríguez Hierro F. Obesidad infantil y juvenil. En: Argente J, Carrascosa A, Gracia R, Rodríguez F, editores. *Tratado de endocrinología pediátrica y de la adolescencia*. 2ª ed. Barcelona: Doyma; 2000. p. 1307-30.
16. Hermanussen M. The analysis of short-term growth. *Horm Res*. 1998; 49: 53-64.
17. Butler GE, McKie M, Ratcliffe SG. The cyclical nature of prepubertal growth. *Ann Hum Biol*. 1990; 17: 177-98.
18. Voss LD, Bailey BLM. The diurnal variation in stature: is stretching the answer? *Arch Dis Child*. 1997; 77: 319-22.
19. Okorodudu DO, Jumean MF, Montori VM, Romero-Corral A, Somers VK, Erwin PJ, López-Jiménez F. Diagnostic performance of body mass index to identify obesity as defined by body adiposity: a systematic review and meta-analysis. *Int J Obes*. 2010; 34: 791-99.
20. López-Jiménez F. Speakable and unspeakable facts about BMI and mortality. *Lancet*. 2009; 373: 1055-6.
21. Carrascosa A, Fernández JM, Ferrández A, López JP, Sánchez E. Estudio transversal español de crecimiento. Barcelona: Pfizer; 2008.
22. Sobradillo B, Aguirre A, Aresti U, Bilbao A, Fernández-Ramos C, Lizarraga A, et al. *Curvas y tablas de crecimiento. Estudios longitudinal y transversal*. Bilbao: Fundación Faustino



- Orbegozo; 2004.
23. Carrascosa A, Audí L, Bosch-Castañé J, Gussinyé M, Yeste D, Albisu M, *et al.* La talla adulta en ambos sexos no está influenciada por la edad de inicio del brote de crecimiento puberal. Datos de un estudio longitudinal de crecimiento en la población de Barcelona. *Med Clin.* 2008; *130*: 645-9.
  24. Cole TJ. The LMS method for constructing normalized growth standards. *Eur J Clin Nut.* 1990; *44*: 45-60.
  25. Hernández M, Sánchez E, Sobradillo B, Rincón JM, Narvaiza JL. A new method for assessment of skeletal maturity in the first 2 years of life. *Pediatr Radiol.* 1988; *18*: 484-89.
  26. Luo ZC, Albertsson-Wikland K, Karlberg J. Target height as predicted by parental height in a population-based study. *Pediatr Res.* 1998; *44*: 563-71.
  27. Tanner JM, Goldstein H, Whitehouse RH. Standards for children's height at ages 2-9 years allowing for height of parents. *Arch Dis Child.* 1970; *45*: 755-62.
  28. Neinstein LS. *Adolescent health care: A practical guide.* Filadelfia: Lippincott Williams & Wilkins; 2002.
  29. Greulich WW, Pyle SI. *Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist.* 2ª ed. Stanford: Stanford University Press; 1959.
  30. Hernández M, Sánchez E, Sobradillo B, Rincón JM. *Maduración ósea y predicción de talla adulta. Atlas y métodos numéricos.* Madrid: Ed. Díaz de Santos; 1991.
  31. Tanner JM, Whitehouse RH, Marshall WA, Healy MJR, Goldstein H. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2 method). 2ª ed. Londres: Academic Press; 1983.
  32. Hernández M, Sánchez E, Sobradillo B, Rincón JM, Narvaiza JL. A new method for assessment of skeletal maturity in the first 2 years of life. *Pediatr Radiol.* 1988; *18*: 484-9.