

# Valoración y utilidad de la edad ósea en la práctica clínica



Purificación Ros Pérez

Pediatra endocrinólogo. Hospital Puerta de Hierro-Majadahonda. Madrid. Profesor Asociado del departamento de Pediatría de la Universidad Autónoma de Madrid.

## INTRODUCCIÓN

El **crecimiento y maduración** del individuo son dos procesos biológicos íntimamente relacionados, pero **no siempre van paralelos** a lo largo de la infancia y la adolescencia. Cada niño tiene un “tempo” de maduración propio, por lo que la edad cronológica (EC) no es necesariamente un indicativo del grado de maduración biológica.

Hasta ahora, el **único indicador aceptado de maduración**, válido desde el nacimiento hasta la madurez, es la **edad ósea (EO)**. Aunque realmente la madurez de los huesos examinados en la valoración de la EO sólo expresan una parte del proceso de maduración, tanto pediatras como endocrinólogos coinciden en admitir que la estimación de la edad ósea (EO) **se aproxima y refleja la edad biológica del individuo**<sup>1,2</sup>.

No obstante, un **error común** es considerar que la EO es una característica mensurable como la talla o el peso, mientras que es sólo “una fotografía o reflejo estático” de un **proceso dinámico**, en continua evolución. Así, en muchas ocasiones tiene más valor clínico el **ritmo de cambio de la EO** que su propio valor absoluto estimado. Es más, el **desfase existente entre la edad biológica y la edad cronológica, no siempre es constante** a lo largo de toda la infancia, pudiendo cambiar en un momento dado, tanto por motivos fisiológicos (p.e. adrenaquia, inicio puberal,) como patológicos (p.e. sobrepeso u obesidad, crecimiento intrauterino retardado, hipertiroidismo, enfermedad de Cushing etc). Es importante destacar también que puede existir un cierto desfase entre la instauración rápida de un cambio clínico evidente (p.e inicio de una pubertad precoz) y su expresión o impacto en la maduración ósea, por lo que, a veces, es más prudente esperar unos meses antes de realizar el estudio.

Establecer **la EO en la práctica clínica** tiene gran impor-

tancia para el diagnóstico y pronóstico así como para el seguimiento de diversos procesos, tanto fisiológicos como patológicos, algunos de los cuales se muestran en la siguiente tabla (tabla 1)<sup>1,2</sup>:

En cuanto a **consideraciones técnicas**, la **dosis de radiación efectiva** recibida por la realización de una **radiografía posteroanterior de mano-muñeca** para la valoración de la EO es menos de 0.00012 mSv, equivalente a menos de 20 minutos de radiación basal natural o 2 minutos de un vuelo transatlántico. Así, en el ámbito de la clínica, el riesgo es mínimo, aunque como cualquier otra prueba complementaria no ha de realizarse sin una justificación<sup>1</sup>.

## MÉTODO DE MEDICIÓN DE LA EDAD ÓSEA

De todos los **métodos descritos** desde el primer estudio realizado en 1898, los dos más frecuentemente utilizados siguen siendo el **atlas de Greulich y Pyle (G&P)** y el **método de Tanner-Whitehouse**<sup>3-6</sup>. El primero es el más ampliamente aceptado por su sencillez y se basa en la **comparación del grado de madurez de los centros de osificación con su “estándar para la edad”**. El segundo, requiere más tiempo para su realización y se basa en la aplicación de puntuacio-

Tabla 1. **Edad ósea en la práctica clínica**

RETRASO EDAD ÓSEA	AVANCE EDAD ÓSEA
<ul style="list-style-type: none"><li>Retraso constitucional crecimiento y desarrollo.</li><li>Déficit hormona de crecimiento.</li><li>Hipotiroidismo.</li><li>Malnutrición.</li><li>Enfermedad crónica.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Pubertad precoz.</li><li>Hiperplasia adrenal congénita.</li><li>Síndromes de hipercrecimiento (Síndrome de Sotos, Beckwith Wiedemann, Marshall –Smith etc).</li><li>Talla alta constitucional, adrenaquia prematura, sobrepeso/obesidad.</li></ul>

nes o “scores” de madurez en los diferentes huesos de la mano y muñeca. En ambos casos, la técnica habitualmente utilizada es la radiografía y la zona anatómica más empleada es la **mano-muñeca no dominante** (generalmente izquierda). Es importante destacar que los diversos métodos de valoración de la EO se basan en la comparación con sujetos sanos, por lo que en situaciones patológicas (pubertad precoz, displasia ósea etc.), debemos ser muy cautos en su interpretación.

Dado que ninguno de los dos métodos anteriormente citados son válidos en el primer año de la vida, existen **atlas para el tobillo-pié**, más útiles en **niños menores de 1-2 años**. Concretamente el método numérico SHS, basado en la radiografía lateral de pie y tobillo izquierdo, valora cinco núcleos de osificación (calcáneo, cuboides, tercera cuña y las epífisis distales del la tibia y peroné) <sup>7</sup>.

Existen también métodos automáticos como el CASAS (Computer Aided Skeletal Age Scores) y BoneXpert (Visian, Dinamarca) poco implantados en la actualidad en la práctica clínica. Su ventaja fundamental estriba en la eliminación de la variación interindividual, descrita en los métodos manuales habituales (entre 0.45-0.82 años según diversos autores)<sup>8,9</sup>.

### Proceso de osificación

Al nacimiento, todas las diáfisis deben estar osificadas mientras que la mayoría de las epífisis son cartilaginosas. Posteriormente, tras el nacimiento, las epífisis comienzan a osificarse siguiendo un patrón bastante predecible hasta la edad adulta, pero influenciado por diversos factores genéticos, ambientales, socioeconómicos y hormonales, entre otros. Algunos de los hitos de la maduración ósea quedan reflejados en la **tabla 2**.

No obstante, existen dos excepciones como veremos posteriormente (la epífisis de la falange distal del pulgar suele aparecer al mismo tiempo que las epífisis de los metacarpianos y la falange media del 5º dedo con frecuencia se osifica en último lugar).

Es importante destacar que **los distintos centros de osificación no tienen el mismo valor predictivo de maduración en las distintas edades**, debiendo elegir aquellos que caracterizan mejor la madurez ósea en cada grupo de edad, según queda reflejado en la **tabla 3**.

### Infancia precoz [RN- 10 meses (♀); RN- 14 meses (♂)]

En esta etapa de la vida la estimación de la EO es difícil debido al escaso nº de núcleos de osificación y, concreta-

Tabla 2. **Cronología de la osificación**

• Final de la gestación (2 últimos meses)	• <b>Epífisis distal del fémur</b>
• Final de la gestación (40ª semana)	• <b>Epífisis proximal del húmero</b>
• Edad cronológica de 2 meses ± 2 meses	• Hueso grande (primer núcleo de osificación)
• Primeros meses de la vida	• Osificación de la <b>epífisis proximal del fémur y tibia</b> .
• Edad cronológica 10 años ± 13 meses (♀) 12.6 años ± 1.5 años (♂)	• <b>Último centro de osificación</b> en aparecer es el <b>aductor del pulgar</b>
<b>Secuencia de los centros epifisarios de los huesos largos</b>	
<b>Radio distal &gt; Falanges proximales &gt; Metacarpos &gt; Falanges medias &gt; Falanges distales</b>	

mente al nacimiento, no existe ninguno en la mano. Por ello, se suele recomendar la valoración de los centros de osificación secundarios presentes en las extremidades superior e inferior, sobre todo pie y tobillo.

Como aproximación a la maduración ósea podemos fijarnos en los siguientes núcleos de de osificación: 1) el **hueso grande y ganchoso**, suelen ser ya apreciables en torno a los **3 meses** y se mantiene como único núcleo durante los primeros 6 meses de vida y 2) la **epífisis distal del radio** que suele aparecer en torno a los 10 meses de edad en las niñas y 15 meses de edad en niños.

Tabla 3. **Núcleos de osificación con mayor valor predictivo según edad.**

• INFANCIA PRECOZ – RN- 10 meses (♀) – RN- 14 meses (♂)	• Preferible radiografía pié-tobillo izquierdo.
• PRESCOLAR – 10 meses-2años (♀) – 14 meses-3 años (♂)	• Número de epífisis visibles en los huesos largos de la mano. • Considerar la radiografía pié-tobillo izquierdo (en menores de 2 años).
• ESCOLAR/PREPUBERAL y PUBERTAD (Estadio Tanner 2-3/4) – Hasta 13 años (♀) – Hasta 14 años (♂)	• Tamaño de las epífisis de las falanges.
• PUBERTAD AVANZADA (Estadio Tanner 3/4-5) – 13-15 años (♀) – 14-15 años (♂)	• Grado de fusión de las epífisis con las diáfisis.
• POST-PUBERTAD – 15-17 años (♀) – 17-19 años (♂)	• Grado de fusión de las epífisis distales del cúbito y radio.

**Edad preescolar o infancia tardía [10 meses- 2años (♀); 14 meses – 3 años (♂)]**

Se identifican los núcleos de osificación de las epífisis de los huesos largos de la mano (falanges y metacarpianos), generalmente el primero es el del 3<sup>er</sup> dedo y el último el del 5<sup>o</sup> dedo. En esta etapa, la madurez de los huesos del carpo son indicadores poco fiables. La secuencia suele ser la siguiente:

Falanges proximales > Metacarpianos > Falanges medias > Falanges distales

Existen dos excepciones:

- la epífisis de la falange distal del pulgar se desarrolla al tiempo que los metacarpianos y es reconocible en torno a los 15 meses en niños y 18 meses en niñas.
- la epífisis de la falange media del 5<sup>o</sup> dedo con frecuencia osifica en último lugar.

**Escolar o etapa prepuberal [2-7años (♀); 3-9 años (♂)] y pubertad en fases tempranas (Tanner 2-3/4) [hasta13 años (♀); hasta14 años (♂)]**

En este amplio grupo de edad, los indicadores de maduración ósea se centran inicialmente en la valoración del tamaño de las epífisis en relación con las metáfisis adyacentes. Según progresa la maduración, se objetiva un crecimiento de los núcleos de osificación epifisarios tanto en grosor como en anchura, hasta igualar a la anchura de las metáfisis (fase escolar prepuberal; figura 1 a). Más tarde, en la etapa de pubertad temprana, estos centros epifisarios sobrepasan la metáfisis y comienzan a “abrazarla o encapsularla” con los finos picos óseos (fase de pubertad temprana y media con estadio Tanner 2-3/4; figura 1 b).

Durante la pubertad, aparecen los centros de osificación del aductor del pulgar y el pisiforme pero no son buenos indicadores de maduración ósea.

**Pubertad (Tanner 3-4/5) [13-15 años (♀); 14-15 años (♂)]**

En la fase de pubertad avanzada, la valoración de la maduración ha de centrarse en el grado de fusión de las epífisis de las falanges con sus respectivas metáfisis, que suele seguir una secuencia característica y distinta a su formación:

Falanges distales >Metacarpos >Falanges proximales > Falanges medias

Los primeros “puentes” o puntos de cierre se suelen establecer en el centro (figura 2).

Dado que los metacarpianos se valoran con dificultad en la radiografías en este grupo de edad, nos debemos centrar fundamentalmente en la valoración de la maduración de las falanges.

Por otra parte y, al igual que en la etapa anterior, los huesos del carpo no son válidos para la valoración de la maduración ósea.

**Postpubertad [15-17 años (♀); 17-19 años (♂)]**

En este grupo de de edad, todos los metacarpianos, falanges y hueso del carpo están ya completamente desarrollados y todas las fisis fusionadas. No obstante, podemos aproximarnos al grado de maduración ósea centrándonos en los núcleos de osificación de las metáfisis del radio y cúbito, ya que la de este último se suele cerrar antes (figura 3).

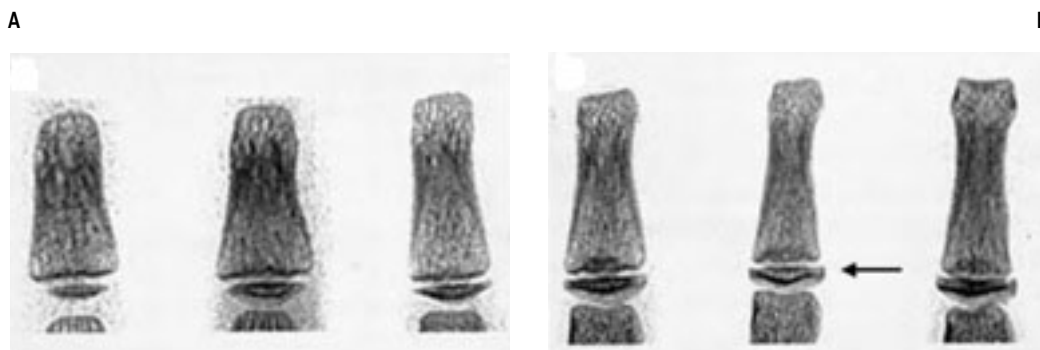


Figura 1. Valoración del tamaño de las epífisis en relación con las metáfisis adyacentes. A. fase escolar prepuberal. B. fase de pubertad temprana y media con estadio Tanner 2-3/4



Figura 2. Primeros "puentes" o puntos de cierre establecidos en el centro

## ASPECTOS PRÁCTICOS PARA LA VALORACIÓN DE LOS CAMBIOS DE LA EDAD ÓSEA EN LA PRÁCTICA CLÍNICA. PREDICCIÓN DE TALLA ADULTA.

La valoración de la EO es siempre recomendable como parte de la rutina del estudio de los niños con problemas de crecimiento, tanto con motivos diagnósticos como pronósticos (predicción o pronóstico de talla adulta). En este sentido, existen diversos métodos orientativos para el cálculo del pronóstico de talla adulta, de los cuales los más extendidos son el de Bayley-Pinneau<sup>10</sup> y el de Tanner-Whitehouse<sup>6</sup>, ambos suficientemente precisos cuando se estudian grupos de niños "normales", pero pierden precisión en condiciones patológicas. El más empleado por su sencillez es el método de B&P y se basa en la correlación entre la talla actual y adulta a distintas edades, o deicho de otro modo, el porcentaje de talla adulta alcanzada a una EC determinada. Esto es: a los 9 años de EC en las niñas y 11 años de EC en los niños la correlación entre ambas es de 0.8. Esta correlación disminuye transitoriamente los siguientes 2-3 años (período de desaceleración prepuberal) para aumentar de nuevo en las últimas etapas de la pubertad. Para el cálculo se debe conocer la edad cronológica, la EO y la talla actual<sup>10</sup>:

$$\text{Talla actual} = \left[ \frac{\text{talla actual}}{\text{porcentaje de talla adulta alcanzada (\%)}} \right] \times 100$$

Si el pronóstico de talla adulta se encuentra entre  $\pm 5$  cm de la talla diana, nos orienta hacia la concordancia de la talla del niño con la de sus padres y la probable ausencia de patología del crecimiento.

A continuación se muestran algunos ejemplos del dinamismo de la maduración ósea y las posibles valoraciones erróneas del potencial de crecimiento en distintas patologías.

La EO esta frecuentemente retrasada en los pacientes con talla baja idiopática, con una media de aproximadamente 1.5-2 años (rango de 0-4 a) a los 8-11 años de edad. La ausencia de retraso de la EO es un argumento sólido en contra de la existencia de un déficit de GH (GH). Un retraso sustancial de la EO puede ser un signo de retraso constitucional del crecimiento y desarrollo (RCCD) o déficit de GH, aunque el retraso de la EO no siempre implica retraso de la pubertad.

En los pacientes con talla baja y antecedentes de crecimiento intrauterino retardado (CIR), la EO está generalmente retrasada hasta los 8 años y, durante la etapa prepuberal, posiblemente durante la adrenarquia, tiene lugar una aceleración rápida de la misma paralelamente a un estirón puberal algo prematuro y de magnitud reducida.

Los pacientes tratados con GH sufren una aceleración de la EO durante la etapa prepuberal y mayor durante la pubertad. No obstante, la EO suele permanecer retrasada en la mayoría de los niños.

En relación con la maduración ósea en las pacientes con síndrome de Turner, la edad ósea suele estar discretamente retrasada en la primera valoración tras el nacimiento y se mantiene así hasta aproximadamente los 10 años. En este momento, comienza un incremento progresivo del retraso madurativo, debido a la ausencia, parcial o total, de actividad estrogénica.



Figura 3. Núcleos de osificación de las metáfisis del radio y cúbito.

En los pacientes con **insuficiencia renal crónica**, la edad ósea y el inicio puberal suelen estar retrasados, con un periodo de crecimiento puberal y, concretamente de estirón puberal, disminuidos. Aunque la EO está retrasada antes de la pubertad, se acelera dramáticamente durante la misma, con la consiguiente pérdida de talla progresiva. Así, en estos casos, la predicción de talla adulta puede conducirnos a error, sobreestimando el potencial de crecimiento.

Los niños con **talla alta** suelen tener un discreto avance de la EO y acorde con su edad-talla. No obstante tanto el método de Tanner-Whitehouse como el de Bayley-Pinneau tienden a sobrestimar la talla adulta en estos pacientes.

En algunas niñas con **pubertad precoz**, la maduración ósea puede no ser mantenida o avanzar a un ritmo lento, manteniendo el potencial de talla adulta previsto. Sin embargo, en otros casos la pubertad es rápidamente progresiva ( $EO > DE$  para la edad). Además, cuando la PP se diagnóstica precozmente, la EO puede estar sólo mínimamente acelerada y debe realizarse un seguimiento estrecho para asegurar un ritmo de maduración adecuado. Los esteroides sexuales afectan mucho más a los huesos cortos que a los largos o los huesos del carpo. Esto implica que los huesos más útiles para el diagnóstico y monitorización de la pubertad precoz son los huesos cortos (al igual que ocurre en los paciente con hiperplasia adrenal congénita). Por último destacar que, en los casos de PP, los métodos más extendidos de predicción de talla adulta (Bayley- Pinneau y Tanner-Whitehouse) tienden a sobreestimar la talla adulta, por lo que debemos ser muy cautos a la hora de hacer estimaciones sobre el potencial de talla.

Las **displasia esqueléticas** constituyen un grupo heterogéneos de entidades caracterizadas por alteración del crecimiento óseo y la determinación de la valoración de la EO

es sólo posible en algunas entidades concretas, por lo que las estimaciones de potencial de talla no debe de realizarse de forma sistemática.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Martin DD, Wit JM, Hochberg Z, Sävendahl L, Van Rijn RR, Fricke O et al. The use of bone age in clinical practice- Part 1. *Horm Res Paediatr.* 2011;76:1-9.
2. Martin DD, Wit JM, Hochberg Z, Van Rijn RR, Fricke O, Werther G et al. The Use of Bone Age in Clinical Practice- Part 2. *Horm Res Paediatr.* 2011;76:10-6.
3. Gilsanz V, Osman R Eds. *Hand Bone Age. A Digital Atlas of Skeletal Maturity.* Berlin, Springes, 2005.
4. 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.
5. Greulich WW, Pyle SI. *Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist, 2ª ed.* Standford, Stanford University Press, 1959.
6. 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.
7. 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;18:484-489
8. Tanner JM, Gibbons. A computerized image analysis system for estimating Tanner-Whitehouse 2 bone age. *Horm Res.* 1994;42:282-7.
9. Thodberg HH, Kreiborg S, Juul A, Pedersen KD. The BoneXpert method for automated determination of skeletal maturity. *IEEE Trans Med Imaging.* 2009;28:52-66.
10. Bayley N, Pinneau S. Tables for predicting adult height from skeletal age. *J Pediatr.* 1952;14:423-41.