

# Sistema automatizado de evaluación de la maduración ósea aplicado al método Tanner-Whitehouse 2

A. Suanes Cabello, R. Cañete Estrada

**Resumen.** *Objetivos:* Los métodos automatizados de análisis de imagen aplicados a la maduración ósea pretenden evitar la subjetividad, reducir el tiempo de ejecución y aumentar la continuidad de la escala de maduración. En este trabajo se estudia la maduración ósea por el método de Tanner-Whitehouse (TW2) y por un sistema de análisis de imagen basado en las transformadas de Fourier.

*Material y métodos:* Se ha evaluado la maduración ósea en 200 radiografías de mano y muñeca izquierdas obtenidas de 45 niños con edades entre 2 y 18 años por el método TW2 manual o tradicional, y se ha determinado el estadio madurativo de cada hueso. Asimismo, se ha valorado la maduración ósea de forma automatizada mediante un programa de reconocimiento de formas (IMAGO-2). Hemos utilizado como "patrón" los esquemas de los estadios descritos en el método TW2. La imagen del hueso problema, tras ser captada por una cámara de video y digitalizada, es clasificada por comparación estadística de la matriz de su coeficiente de Fourier con las previamente determinadas para cada uno de los esquemas de los estándares.

Se estudia la concordancia de la edad ósea valorada de manera manual y la determinada computarizadamente.

*Resultados:* El procedimiento informatizado presenta tendencia a proporcionar valores de estadios menores al manual. No hay diferencias significativas entre los estadios medios por ambos métodos (manual e informatizado) en el hueso radio y el V metacarpiano. El menor grado de concordancia lo hemos observado en el III metacarpiano y las falanges. Hemos comprobado una concordancia en los huesos del carpo mejor que la de las falanges, pero inferior al radio y V metacarpiano. En el carpo los peores resultados son los del hueso grande y los mejores en el semilunar y escafoides.

*Conclusiones:* Las divergencias de reproductibilidad entre este sistema informatizado y otros (método CASAS) se relacionan, probablemente, con las diferencias en el proceso de digitalización y las "imágenes patrón" empleadas.

*An Esp Pediatr 1999;50:134-139.*

**Palabras clave:** Maduración esquelética; Edad ósea; Evaluación por computadora.

## AUTOMATED SYSTEM OF BONE MATURITY EVALUATION APPLIED TO THE TANNER-WHITEHOUSE 2 METHOD

**Abstract.** *Objective:* Employing automated methods of image analysis to determine bone maturity helps to avoid subjectivity, reduce the execution time and to increase continuity in maturity scales. We

Unidad de Endocrinología Pediátrica. Hospital Universitario "Reina Sofía". Facultad de Medicina. Córdoba.

*Correspondencia:* Dr. Ramón Cañete Estrada. Hospital Universitario Reina Sofía. Departamento de Pediatría. Consulta externa nº 2. Avda. Menéndez Pidal, s/n. 14004 Córdoba

*Recibido:* Julio 1998

*Aceptado:* Octubre 1998

have studied bone maturity by the Tanner-Whitehouse method (TW2) and by image analysis based on Fourier transformation.

*Patients and methods:* Bone maturity (BM) was evaluated in 200 X-rays of the left hand and wrist from 45 children between 2 and 18 years of age employing the TW2 method, manual or traditional, to determine the state of maturity of each bone. At the same time, BM was evaluated by using an automated form of a recognizance program (IMAGO 2). As a standard we used the schemes of the phases described in the TW2 method. The image of the bone in question captured by a video camera after digitalization was classified by statistical comparison of its Fourier coefficient matrix with that previously determined by each of the standard schemes. Manual and computerized bone age concordance was also studied.

*Results:* The computerized procedure showed a tendency to give lower values than the manual procedure. There were no significant differences between mean phases when calculated by both methods (manual and computerized) for the radius and the fifth metacarpal. The least degree of concordance was observed in the third metacarpal and phalanges. We found better concordance in the carpal bones than in the phalanges. This concordance was lower than that found in the radius and fifth metacarpal. The worst results were observed in the carpus and large bones and the best results were observed in the semilunar and scaphoid bones.

*Conclusions:* Divergence in the reproducibility between this computerized system and others (CASAS method) are probably related to the differences between the digitalization process and the standard images used.

**Key words:** Skeletal maturity. Bone age. Computerized evaluation.

## Introducción

Con la evaluación de la maduración ósea se pretende la obtención de una estimación de un proceso continuo, para el cual falta una escala totalmente apropiada de medida<sup>(1)</sup>. La valoración de los procesos madurativos es más difícil y difiere de la aplicable a los fenómenos de crecimiento, como la talla<sup>(2)</sup>.

La variedad de utilidades y la falta de una escala adecuada de medición de maduración ha inducido a la descripción de numerosas metodologías para su valoración. Sin embargo, ninguno de los métodos descritos ha solventado la totalidad de dificultades o inconvenientes inherentes a la ausencia de una "unidad de madurez".

De todos los procedimientos los que han alcanzado más difusión han sido los métodos cualitativos o descriptivos y los numéricos. Sin embargo, ambos tipos de métodos presentan inconvenientes<sup>(3)</sup>.

Uno de los mayores problemas de los procedimientos cualitativos surge de la utilización del tiempo como unidad de medida y de no disponer de "unidades de madurez"<sup>(4)</sup>.

A los métodos numéricos se les atribuye mayor grado de fiabilidad y exactitud<sup>(6)</sup>. El logro mayor de los mismos consiste en establecer una valoración cuantitativa de los hitos madurativos, consiguiendo, una escala independiente de la variable tiempo. Entre estos métodos los más difundidos han sido los descritos por Tanner y cols. y, generalmente, conocidos como TW1 y TW2<sup>(2)</sup>.

Aunque estos métodos han representado un avance en la valoración de la maduración ósea, en todos ellos persisten limitaciones como: fundarse en el reconocimiento subjetivo de caracteres cualitativos en una radiografía, y emplear escalas sin la continuidad adecuada que, además, precisan de mucho tiempo para su aplicación<sup>(6)</sup>.

En las últimas décadas, se ha iniciado la aplicación de nuevos procedimientos informáticos de análisis de imagen a la valoración de la maduración ósea, con el objetivo de evitar los problemas de los métodos tradicionales. Estos procedimientos, automatizados parcial o íntegramente, pretenden evitar la subjetividad, reducir el tiempo de ejecución y aumentar la continuidad de la escala de maduración.

Entre las nuevas metodologías se incluyen sistemas basados en el reconocimiento automatizado de formas, generalmente aplicados sobre estadios o indicadores de madurez de otros métodos numéricos<sup>(7,8)</sup>. Con este fin se han utilizado las transformadas de Fourier<sup>(9)</sup>, que pueden considerarse una técnica clásica en el campo del reconocimiento de formas e imágenes. Su principal ventaja sobre otros sistemas es la invariabilidad a traslaciones, rotaciones o cambios de tamaño del propio objeto.

En este trabajo se examina la fiabilidad de un sistema de análisis de imagen, basado en las transformadas o descriptores de Fourier, para valorar la maduración ósea siguiendo los estándares del método TW 2.

## Material y métodos

Se ha estudiado la maduración ósea en 200 radiografías de mano y muñeca izquierdas (132 de niñas y 68 de niños) obtenidas de 45 niños (30 niñas y 15 varones) con edades comprendidas entre 2 y 18 años.

A estos niños se les ha realizado una valoración del crecimiento semestral (con un margen de  $\pm 15$  días) durante un período de 18 a 36 meses.

Son niños que habían acudido para estudio de hipocrecimiento a la Unidad de Endocrinología Pediátrica y Crecimiento del Departamento de Pediatría. En ellos no se había objetivado ninguna patología endocrinológica, ni de otros aparatos o sistemas.

Para la evaluación de la maduración ósea empleamos radiografías de mano y muñeca izquierdas obtenidas siguiendo la técnica radiográfica de Tanner y cols.<sup>(2)</sup>

Se ha realizado la valoración de la maduración ósea siguiendo el método TW2<sup>(2)</sup> manual o tradicional, lo que ha permitido definir 20 variables, una para cada hueso examinado en este método, que reflejan el estadio madurativo óseo.

Al efectuar este proceso se desconocía la calificación de estadios realizada por el procedimiento informatizado.

Tres variables muestran las tres puntuaciones del método TW2<sup>(2)</sup>: TW2-CARPO (valora sólo el carpo), TW2-RUS (valora epífisis de cúbito, radio y huesos cortos de los dedos) y TW2-20 huesos (considera los 20 huesos).

La asignación a los estadios de maduración de un valor entero (de 0 a 9 en orden de maduración creciente) ha facilitado los cálculos estadísticos y ha permitido conseguir unas variables que expresan los estadios medios de maduración, de forma independiente, de los huesos incluidos en los sistemas TW2-RUS, TW2-20 huesos y TW2-CARPO.

Para la valoración automatizada de la maduración ósea en las imágenes radiográficas se ha recurrido al programa denominado IMAGO-2 del grupo de investigación S.I.V.A. (Sistemas Inteligentes de Visión Artificial) de la Universidad de Córdoba. Este *software*, diseñado para el análisis automatizado de imágenes, dispone de un sistema de clasificación estadística basado en los descriptores de Fourier<sup>(9)</sup>, que le faculta para efectuar estudios de reconocimiento de formas.

Para el análisis de la imagen, inicialmente se sitúa la placa radiográfica en un negatoscopio, es captada por la cámara de vídeo y transferida a una de las pantallas del equipo informático. El programa permite fijar la imagen captada procediéndose posteriormente al digitalizado del contorno de cada uno de los 20 huesos incluidos en el referido método TW2.

El programa incluye un control para evitar errores en el digitalizado, de manera que son rechazados aquéllos en los que el contorno del hueso no esté completamente cerrado, o bien exista una superposición de líneas al contornear.

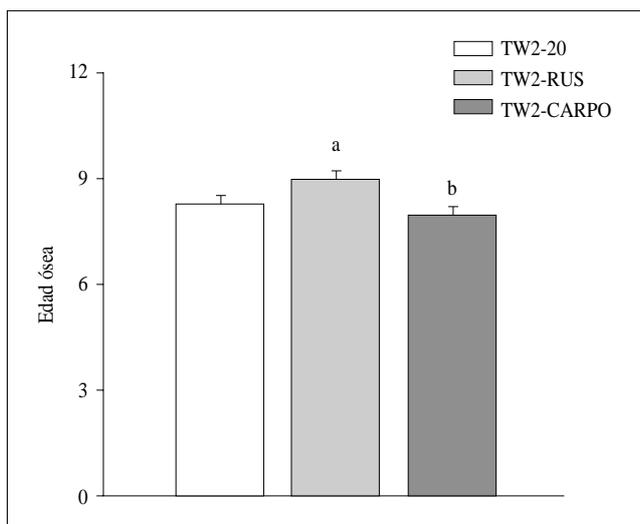
Una vez digitalizado el contorno óseo, el resto del proceso es completamente automatizado. La imagen ósea es clasificada por comparación estadística de la matriz de su coeficiente de Fourier con las previamente determinadas para cada uno de los esquemas de los estadios óseos del método TW 2 utilizados como estándares de referencia.

Con este procedimiento se ha delimitado una variable señalando de manera informatizada el estadio madurativo de los diferentes huesos incluidos en el método TW2. Durante este proceso no fue suministrada información alguna sobre la asignación previa de estadios efectuada de forma manual o convencional.

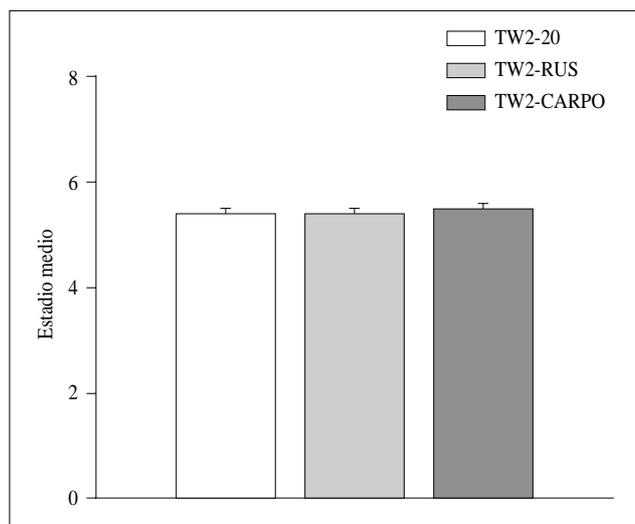
Como en el método manual o convencional, la asignación a los estadios informatizados de un valor numérico entero nos ha facilitado definir tres variables que reflejan, respectivamente, el estadio medio de las puntuaciones TW2-20 huesos, TW2-RUS y TW2-CARPO.

Se estudia la concordancia de la maduración ósea valorada de manera manual o tradicional (método TW 2) y la determinada computarizadamente, mediante diferentes pruebas estadísticas: estadística descriptiva (media, mediana, moda, rangos, desviación típica), análisis de la varianza para datos pareados, prueba de Newman-Keuls y test de Wilcoxon.

En las pruebas de significación se han considerado los resultados estadísticamente significativos cuando se obtuvieron valores "p" iguales o inferiores a 0,05.



**Figura 1.** Concordancia entre medias de edad ósea TW2 manual. a:  $p < 0.01$  vs TW2-20 y TW2-CARPO. b:  $p < 0.01$  vs TW2-20 y TW2-RUS.



**Figura 2.** Concordancia entre estadios medios de maduración ósea TW2 manual.

## Resultados

En el estudio de la concordancia entre las puntuaciones de la edad ósea por TW2 manual (Fig. 1) se observa la sobrevaloración ( $p < 0.01$ ) del *score* TW2-RUS (edad ósea media de 8.93 años) respecto al TW2-CARPO (media de 7.91) y TW2-20 huesos (8.29 de edad ósea media). Si se considera la media de los estadios, y no la edad ósea propiamente dicha, de los huesos incluidos en los tres sistemas no existen diferencias entre TW2-RUS (media: 5.35) y TW2-20 huesos (media: 5.37), aunque sí con el TW2-CARPO (media de estadio: 5.40) (Fig. 2).

El TW2-RUS informatizado (estadio medio: 2.19) otorga valores inferiores al manual (media: 5.35), al igual que el sistema TW2-20 huesos (media manual: 5.37; media informatizada: 2.82) y en menor grado para el CARPO (manual: 5.40; informatizado: 4) (Fig. 3).

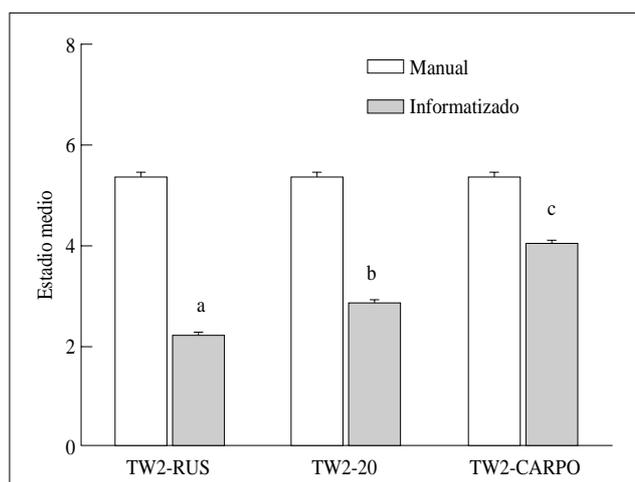
En el examen de la concordancia entre los estadios medios óseos por TW2 manual / TW2 informatizado se observan diferencias estimables entre las diversas clases de huesos, pero son mucho menores dentro del mismo grupo. Así, existen divergencias manifiestas entre las falanges (Tabla I, Fig. 4) y los huesos del carpo (Tabla I, Fig. 4) que se minimizan entre los propios huesos carpianos. Las diferencias entre las falanges de los distintos dedos son escasas.

Para el radio no encontramos diferencias significativas (Tabla I; Fig. 5) y en el cúbito no eran mayores de un estadio de media (Tabla I; Fig. 5).

El menor grado de concordancia entre los metacarpianos ha sido para el III y el mayor para el V (Tabla I; Fig. 5).

## Discusión

Gran parte de las dificultades del método numérico más difundido (método TW 2) se relacionan con el sistema de ponderación, y con las descripciones para la asignación de ciertos



**Figura 3.** Concordancia entre estadios medios de maduración ósea según el procedimiento. a:  $p < 0.001$  vs manual. b:  $p < 0.001$  vs manual. c:  $p < 0.001$  vs manual

estadios, generalmente, los últimos. La discontinuidad de la escala facilita que en su extremo final pequeñas diferencias morfológicas supongan grandes variaciones en la puntuación, con el consiguiente aumento de la influencia en la valoración del componente subjetivo<sup>(10,11)</sup>.

La influencia de la puntuación otorgada a los estadios de cada hueso en el sistema TW2<sup>(2)</sup> se pone de manifiesto en nuestros resultados. Así, han sido diferentes los resultados del análisis de concordancia entre los *scores* (TW2-20 huesos, TW2-RUS y TW2-CARPO) expresados como edad ósea (método manual o tradicional) (Fig. 1), y el mismo tipo de análisis, pero considerando los estadios medios del TW2 manual por los tres *scores* (Fig. 2). La diferencia fundamental entre los dos exámenes de

Tabla I Análisis de la concordancia entre estadios medios de maduración ósea (método TW2), según el procedimiento manual vs informatizado

	Manual	Informatizado	
Radio	6,3 ± 0,1	6,3 ± 0,15	p=0,813
Cúbito	4,1 ± 0,17	3,2 ± 0,13	p<0,001
I metacarpiano	4,9 ± 0,11	4,9 ± 0,11	p=0,938
III metacarpiano	5,6 ± 0,09	4,3 ± 0,09	p<0,001
V metacarpiano	5 ± 0,09	5 ± 0,11	p=0,490
Falange prox. pulgar	5,4 ± 0,08	0,04 ± 0,02	p<0,001
Falange prox. III dedo	5,7 ± 0,07	0,8 ± 0,15	p<0,001
Falange prox. V dedo	5,5 ± 0,08	0,8 ± 0,12	p<0,001
Falange media III dedo	5,4 ± 0,08	0,8 ± 0,12	p<0,001
Falange media V dedo	5,1 ± 0,08	0,3 ± 0,09	p<0,001
Falange distal pulgar	5,4 ± 0,07	0,6 ± 0,13	p<0,001
Falange distal III dedo	5,4 ± 0,09	0,6 ± 0,12	p<0,001
Falange distal V Dedo	5,2 ± 0,09	0,5 ± 0,09	p<0,001
Grande	6,5 ± 0,009	3,5 ± 0,19	p<0,001
Ganchoso	6,5 ± 0,12	4,6 ± 0,23	p<0,001
Piramidal	5,4 ± 0,14	3,8 ± 0,14	p<0,001
Semilunar	4,8 ± 0,15	4,5 ± 0,18	p<0,001
Escafoides	4,6 ± 0,17	4,2 ± 0,16	p<0,01
Trapezio	4,9 ± 0,20	3,5 ± 0,26	p<0,001
Trapezoide	4,8 ± 0,17	3,6 ± 0,20	p<0,001

concordancia consiste en la ausencia en el último de las puntuaciones asignadas por el método TW2 a cada estadio óseo, porque en éste se consideran los estadios medios de los huesos incluidos en cada *score* (TW2-20 huesos, TW2-RUS y TW2-CARPO), y no la edad ósea surgida del sumatorio de la puntuación de cada estadio.

Se ha defendido que cuando dos medidas se correlacionan muy estrechamente, la segunda, prácticamente no añadirá nueva información sobre el proceso evaluado<sup>(12)</sup>. Por tanto, deberían eliminarse de la valoración aquellos huesos con altas correlaciones, pues sólo facilitarían información redundante. Mientras que las variaciones entre huesos demostrarían diferencias en el rango de maduración, lo cual, es lo que se pretende medir. Asimismo, un procedimiento de evaluación limitado únicamente a los huesos con mayor correlación, podría omitir información importante de los huesos divergentes.

Para otros investigadores, cuando se pretende evaluar una característica subyacente, como la maduración ósea, de forma indirecta es preferible usar aquellos indicadores con más correlación, y en el mayor número posible.

En nuestros resultados apreciamos divergencias entre los diferentes tipos de huesos, pero son escasas dentro de un mismo grupo, lo cual, parece indicar la posibilidad de obtener información redundante cuando se evalúan huesos del mismo tipo. Esto apoyaría el criterio de los autores<sup>(8,12)</sup> que propugnan la reducción del número de huesos a valorar, eliminando los más correlacionados entre sí. No obstante, al comprobarse también

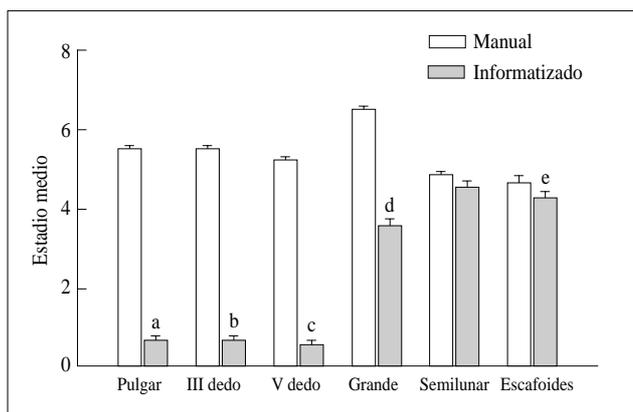


Figura 4. Concordancia entre estadios medios de maduración ósea de las falanges distales y de huesos del carpo, según el procedimiento. a: p < 0,001 vs manual. b: p < 0,001 vs manual. c: p < 0,001 vs manual. d: p < 0,001 vs manual. e: p < 0,01 vs manual.

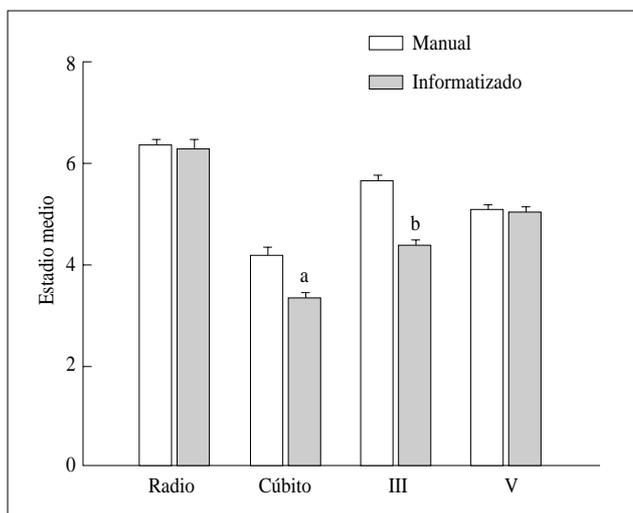


Figura 5. Concordancia entre estadios medios de maduración ósea de los huesos radio, cúbito, III y V metacarpiano, según el procedimiento. a: p < 0,001 vs manual. b: p < 0,001 vs manual.

unas diferencias claras entre las diferentes clases de huesos, en el momento de decidir los huesos a valorar deberían tenerse en cuenta aspectos como: el rango de edad y la finalidad.

Para solucionar el problema del reconocimiento automático de formas aplicado a la identificación de imágenes óseas, en los últimos años se han empleado dos tipos de análisis: uno de clasificación estadística asociado con técnicas de dominio de transformadas, y otro de reconocimiento de patrones sintácticos (estructurales) relacionado con técnicas de dominio espacial<sup>(13)</sup>. En este último, la clasificación final en estadios se efectúa por procedimientos sintácticos (algoritmos) jerarquizados en tres o cuatro estratos. Con este fin utilizan relaciones entre el diámetro máximo de las epífisis y la anchura de la metáfisis, junto a la identificación de contornos basada en la determinación de puntos, rectas y arcos de varias curvaturas<sup>(14)</sup>.

El empleo de criterios de tamaño para los algoritmos podría considerarse inadecuado, cuando se pretende valorar la maduración esquelética. Su inclusión puede suponer aceptar una influencia decisiva del tamaño óseo (crecimiento) en la asignación de los estadios de maduración.

Basado en estas técnicas Hill y Pynsent<sup>(7)</sup> han diseñado un método (*Royal Orthopaedic Hospital Skeletal Ageing System*) que valora la maduración ósea (estándares TW2) de forma completamente automatizada. Según los autores el proceder anula el error intraobservador y, potencialmente, el interobservador. A este método se le ha atribuido<sup>(15)</sup> un porcentaje de rechazo de radiografías cercano al 25%. Esto es debido a que requiere radiografías de técnica muy buena para su lectura.

La comparación de sus resultados con los obtenidos por el TW2 manual o tradicional muestra ciertas diferencias. En la valoración de los huesos radio y cúbito existían variaciones como máximo de 1 estadio en el 30% de los casos.

Aunque nuestro procedimiento informatizado tiene fundamentos técnicos diferentes, hemos observado resultados similares en la concordancia entre TW2 manual e informatizado referida a estos huesos (Fig. 5).

Los peores resultados los obtienen para los metacarpianos I y III, y las falanges distales (I, III y V dedo), con diferencias de hasta 3 estadios<sup>(15)</sup>. En general, también hemos comprobado una divergencia mayor para estas últimas (Fig. 4). Este extremo también ha sido referido al cotejar las valoraciones por TW2 tradicional entre observadores diferentes<sup>(15-17)</sup>.

Se informa de una tendencia de este sistema a sobreestimar el estadije de algunos huesos, fundamentalmente el cúbito y radio<sup>(15)</sup>. Para nuestro procedimiento informatizado encontramos unos resultados inversos (Fig. 5).

Asimismo, ligeras variaciones en la posición radiográfica de la mano pueden hacer que el ordenador otorgue un estadio inadecuado. Por ello, se recomienda la posibilidad de intervenir manualmente cuando se observen errores obvios<sup>(15)</sup>. Esto indica una probable ventaja de los métodos semiautomáticos, como el empleado por nosotros, sobre los automatizados, al menos, hasta la superación de todos los inconvenientes técnicos relacionados con la calidad de la placa; y aun solventados éstos, podrán surgir dificultades al valorar radiografías de casos patológicos o variaciones de la normalidad.

Con los objetivos de aumentar la reproducibilidad y la continuidad de la escala de maduración Tanner y Cols.<sup>(9,16-18)</sup> han presentado un método semiautomático (CASAS o *Computer-Assisted Skeletal Assessment Scores*) fundamentado en los descriptores de Fourier.

El método CASAS, según sus autores<sup>(9,18,20,21)</sup> tiene una escala más continua, mejor reproducibilidad y requiere menor tiempo de ejecución que el TW2 manual o tradicional.

Sin embargo, se han referido resultados de reproducibilidad diferentes<sup>(22)</sup>, y algunos inconvenientes como la necesidad de la intervención activa del operador y la gran importancia de la calidad de la radiografía, para evitar valoraciones erróneas<sup>(18,8)</sup>.

Se ha informado de una diferencia media de 0.32 estadios entre el método CASAS y los valores de referencia del TW2<sup>(8)</sup>. Los resultados de reproducibilidad varían según los estudios y huesos considerados. Los índices más bajos entre los huesos de la puntuación TW2-RUS, en general, han sido para los metacarpianos (especialmente el tercero) y las falanges<sup>(18,22)</sup>. La mejor reproducibilidad, con alguna excepción<sup>(21)</sup>, se ha obtenido para el hueso radio<sup>(18,22)</sup>. Drayer y cols.<sup>(22)</sup> comunican una ligera inclinación del método CASAS a infravalorar, respecto a las referencias del TW2 tradicional, al otorgar los estadios madurativos.

En el estudio de la concordancia entre el procedimiento informatizado utilizado por nosotros y el TW2 manual observamos ciertas similitudes con los resultados comentados del método CASAS. Así, son semejantes los datos de los huesos radio, metacarpianos (III y V) y las falanges (Tabla I; Figs. 4 y 5). Nuestro procedimiento informatizado también presenta una tendencia a proporcionar valores de estadios menores a los del TW2 manual para la totalidad de los huesos, considerados de forma aislada (Figs. 4 y 5) o agrupados (TW2-RUS, TW2-20 huesos y TW2-CARPO) (Fig. 3).

No hemos encontrado referencias de sistemas automatizados basados en los descriptores de Fourier aplicados a la valoración de los huesos del carpo que nos permitan cotejar nuestros resultados.

Se atribuyen muchos de los inconvenientes de la estimación de la maduración a los huesos del carpo. Esta se vería dificultada por la irregularidad en la forma de estos huesos, frente a los huesos "largos" y, especialmente, en los últimos estadios por la necesidad de distinguir ciertos relieves óseos en la radiografía.

Son varios los autores que informan de un error mayor interobservador para la puntuación CARPO. Incluso consideran que estos huesos deben eliminarse de la valoración no sólo porque empeoran los resultados, sino también por dudar de su utilidad "biológica".

Sin embargo, se defiende la utilidad del CARPO en situaciones específicas, generalmente relacionadas con su mayor afectación en ciertas patologías intercurrentes (enfermedades renales, artritis reumatoide juvenil)<sup>(23-25)</sup>.

Estas opiniones y los aceptables resultados de concordancia obtenidos con el procedimiento informatizado, nos hacen pensar que, no debe descartarse la utilidad de estos huesos si con nuevas técnicas se superan las dificultades de su valoración.

En la falta de consecución de fiabilidad de los métodos automatizados debe tener gran influencia la insuficiencia en número y calidad de las "imágenes patrón" utilizadas para la clasificación. Posiblemente, ésta sea la principal causa de la discreta concordancia obtenida.

Aunque los últimos métodos informatizados<sup>(7)</sup> han supuesto un avance respecto a la objetividad y tiempo de ejecución, los inconvenientes mencionados, relacionados, generalmente, con la gran trascendencia de la calidad de la placa radiográfica, plantean nuevos interrogantes. Actualmente deben considerarse as-

pectos, como el comportamiento diferente de los sistemas según el tipo de hueso valorado y, la infra o sobrevaloración respecto de los métodos tradicionales.

Si nuevos adelantos técnicos de los métodos informatizados y la radiología no solucionan los errores notorios, la teórica supremacía de los métodos automatizados deberá cuestionarse. Actualmente puede entenderse como una ventaja del método que prevea la intervención manual, para evitar valoraciones incorrectas<sup>(15,8)</sup>.

Los métodos computarizados necesitan perfeccionarse incrementando en calidad y cantidad las imágenes patrón. Para la consecución de este fin debe considerarse la inclusión de imágenes reflejo de variaciones de la "normalidad", e inclusive las correspondientes a casos patológicos<sup>(26)</sup>.

Las nuevas tecnologías, con sus intentos de soslayar los errores humanos, han reducido la variabilidad de los métodos clásicos de evaluación de la maduración ósea, pero los avances se han centrado en la automatización de técnicas previas. El impacto de la tecnología en el campo de los indicadores de madurez puede calificarse de escaso<sup>(27)</sup>. Posiblemente no exista una "unidad" o método de valoración de la maduración suficiente para resolver todas las dificultades, deberá escogerse aquél o aquellos que se adecuen mejor a la situación clínica presente.

## Bibliografía

- 1 Taranger J, Karlberg J, Bruning B, Engström I. Standard deviation score charts of skeletal maturity and its velocity in swedish children assessed by Tanner-Whitehouse method (TW2-20). *Ann Hum Biol* 1987; **14**:357-365.
- 2 Tanner JM, Whitehouse RH, Marshall WA, Healy MJR, Goldstein H. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW 2 method). London: Academic Press, 1975.
- 3 Sizonenko PC, Ricker AT. Assessment of bone age. *Paediatrician* 1973; **2**:212-219.
- 4 Sarría A, Moreno L, Bueno M. Métodos de valoración de la maduración ósea. *Rev Esp Pediatr* 1985; **41**:91-98.
- 5 Cameron N. Assessment of growth and maturation during adolescence. *Horm Res* 1993; **39**:9-17.
- 6 Marti Henneberg C, Roy MP, Masse NP. El análisis de la maduración esquelética en el hombre. Metodología. *Med Clin* 1975; **64**:49-55.
- 7 Hill K, Pynsent PB. A fully automated bone-ageing system. *Acta Paediatr* 1994; **406**:81-83.
- 8 Tanner JM, Gibbons RD. A computerized image analysis system for estimating Tanner-Whitehouse 2 bone age. *Horm Res* 1994; **42**:282-287.
- 9 Brigham E O. The fast Fourier transform. New Jersey:Prentice-Hall, 1974.
- 10 Benso L, Vannelli S, Pastorin L, Angius P, Milani S. Main problems associated with bone age and maturity evaluation. *Horm Res* 1996; **45**(suppl 2):42-48
- 11 Gilli G. The assessment of skeletal maturation. *Horm Res* 1996; **45** (suppl 2):49-52
- 12 Tanner JM. Principles in the evaluation of skeletal age. En: La Cauza C, Root AW. Problems in Paediatric Endocrinology. London: Academic Press, 1980: 321-328.
- 13 Kwabwe SA, Pal SK, King RA. Recognition of bones from X-rays of the hand. *In J Syst Sci* 1983; **16**:403-413.
- 14 Pathak A, Pal SK. Syntactic recognition of skeletal maturity. *Patt Recog Lett* 1984; **2**:193-197.
- 15 Cox LA. Preliminary report on the validation of a grammar-based computed system for assessing skeletal maturity with the Tanner-Whitehouse 2 method. *Acta Paediatr* 1994; **406**:84-85.
- 16 Beunen G, Cameron N. The reproducibility of TW2 skeletal age assessments by a self-taught assessor. *Ann Hum Biol* 1980; **7**:155-162.
- 17 Wenzel A, Melsen B. Replicability of assessing radiographs by the Tanner and Whitehouse-2 method. *Hum Biol* 1982; **54**:575-581.
- 18 Tanner JM, Gibbons RD. Automatic bone age measurement using computerized image analysis. *J Pediatr Endocrinol* 1994; **7**:141-145.
- 19 Tanner JM, Gibbons RD, Bock RD. An image analysis system for TW skeletal maturity. Proceedings of VIth International Congress of Auxology; 1991 Sept 15-19, Madrid: 30.
- 20 Tanner JM, Gibbons RD, Bock RD. An image analysis system for TW skeletal maturity. *Horm Res* 1992; **37**:11.
- 21 Tanner JM, Oshman D, Lindgren G, Grunbaum JA, Elsouki R, Labarthe D. Reliability and validity of computer-assisted estimates of Tanner-Whitehouse skeletal maturity (CASAS): comparison with the manual method. *Horm Res* 1994; **42**:288-294.
- 22 Drayer NM, Cox LA. Assessment of bone ages by the Tanner-Whitehouse method using a computer-aided system. *Acta Paediatr* 1994; **406**:77-80.
- 23 Skorpik G, Koob E, Grill F. Premature maturation of the carpal bones as an early diagnostic sign of juvenile rheumatoid arthritis. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1991; **23**:202-206.
- 24 Cundall DB, Brocklebank JT, Buckler JM. Which bone age in chronic renal insufficiency and end-stage renal disease?. *Pediatr Nephrol* 1988; **2**:200-204.
- 25 Levine E. The contributions of the carpal bones and the epiphyseal centres of the hand to the assessment of skeletal maturity. *Hum Biol* 1972; **44**:317-327.
- 26 Cox LA. Tanner-Whitehouse method of assessing skeletal maturity: Problems and common errors. *Horm Res* 1996; **45**(suppl 2):53-55