

## Maduración ósea y predicción de talla

M. HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ.\*

Dentro de los cambios que se producen durante el período del crecimiento, hay unos relacionados sobre todo con el aumento de tamaño del organismo y otros que expresan la evolución morfológica y fisiológica hacia la madurez adulta.

Entre éstos se encuentra la maduración ósea, que consiste, en esencia, en la transformación progresiva de las primitivas maquetas fibrosas o cartilaginosas en tejido calcificado. (1).

Este proceso coincide cronológicamente con el aumento de tamaño de los huesos, pero es independiente de él y se rige por mecanismos reguladores distintos. Por eso, para valorarlo no sirven las medidas absolutas del tamaño de los huesos y hay que utilizar criterios morfológicos; los denominados «indicadores de madurez», descritos por Todd hace más de 50 años. (2).

Realizado con una técnica correcta el estudio de la maduración ósea es el método más útil en la clínica para enjuiciar el nivel de desarrollo alcanzado o si se prefiere expresarlo de otra forma, para estimar la edad biológica. El conocimiento de este dato es fundamental para realizar una estimación de la talla final, para valorar las posibilidades terapéuticas de un niño con patología del crecimiento, y para controlar los efectos del tratamiento. Incluso en otras especialidades distintas de la pediatría y endocrinología pediátrica, como la traumatología y ortodoncia, el conocimiento de la maduración ósea es también de gran utilidad para decidir el momento de iniciar algunos tratamientos.

El problema que plantea la valoración de la maduración ósea es que ha de realizarse con una metodología adecuada y con una técnica rigurosa para que realmente sea de utilidad. En esta exposición vamos a revisar los fundamentos de los métodos más utilizados en la clínica y a presentarles las aportaciones realizadas por nuestro grupo en este campo.

### MÉTODOS PARA VALORAR LA MADURACION OSEA

Desde los estudios iniciales de Pryor a comienzos de siglo (3) se han consolidado dos procedimientos para valorar la maduración ósea, cada uno de ellos con sus ventajas y limitaciones: el método del atlas y los métodos cuantitativos o numéricos. El prototipo de los primeros es el atlas de Greulich y Pyle y el de los segundos el método de Tanner-Whitehouse.

Ambos utilizan la radiografía posteroanterior de la mano y muñeca y se basan en el reconocimiento y análisis de los indicadores de madurez de Todd, definidos por Greulich y Pyle como: «caracteres de los distintos huesos que se pueden reconocer en la radiografía y que por producirse de una manera regular y en un orden definido e irreversible señalan su progreso hacia la madurez». (4).

### EL ATLAS DE GREULICH Y PYLE

Consiste en dos series de radiografías de la mano izquierda, una de niños y otra de niñas de distintas edades, que se

\* Departamento de Pediatría de la Universidad Autónoma. Hospital Infantil del Niño Jesús. Madrid Instituto de Investigaciones sobre Crecimiento y Desarrollo de la Fundación F. Orbeagozo.

\* Conferencia pronunciada en el IV Memorial Profesor «Guillermo Arce».

utilizan como modelos. Para valorar la maduración ósea con este método, se compara la radiografía problema con los estándares del atlas, que representan la maduración ósea promedio a distintas edades y se le asigna la edad ósea que corresponda al modelo que más se asemeje o una edad intermedia entre los dos en que se encuentre si no se corresponde exactamente con ninguno de ellos.

Aunque hace falta cierta experiencia para reconocer en la radiografía los indicadores de madurez, la ventaja fundamental del atlas es la sencillez de manejo. Sin embargo, tiene una serie de limitaciones:

- Utiliza el concepto de edad ósea, que es un concepto erróneo ya que, si bien la maduración ósea progresa con la edad, tiene un ritmo distinto en cada niño y en las distintas edades, por lo que tiene que medirse con unidades distintas e independientes de la edad cronológica.

- Enmascara los ritmos de maduración, puesto que no son idénticos los cambios observados durante un año a la edad de 5 ó 6 años que en la pubertad.

- En ocasiones es difícil asignar la edad ósea a una radiografía si están presentes discordancias madurativas y unos núcleos están más avanzados que otros.

- Únicamente se dispone de la radiografía promedio para cada edad pero no se conoce el margen de normalidad y no es posible saber si una determinada radiografía se encuentra dentro de los límites de variación normal o es patológica.

#### EL METODO DE TANNER-WHITEHOUSE

La introducción de los denominados métodos numéricos o cuantitativos supuso un cambio trascendental en la manera de valorar la maduración ósea.

Mediante un método matemático se asigna una puntuación a las distintas etapas evolutivas del hueso y de esta forma un fenómeno cualitativo, que se expresa por cambios morfológicos, se transforma en un dato numérico que puede ser analizado, igual que la talla o el peso, con métodos estadísticos y conocer exactamente en qué percentil o desviación estándar se encuentra en relación a los valores de referencia.

Estos métodos son por consiguiente, más precisos, pero exigen más tiempo y experiencia para hacer la valoración. El más representativo es el de Tanner-Whitehouse, que en su segunda versión es el que se utiliza en la mayoría de los países y en el que se basa su método de estimación de la talla adulta.

#### LIMITACIONES DEL ATLAS DE GREULICH-PYLE Y DEL METODO DE TANNER-WHITEHOUSE

Estas dos obras, cada una en su estilo, son modélicas pero están realizadas con muestras de poblaciones muy alejadas en el tiempo y en sus características de la población española actual.

El atlas de Greulich-Pyle está basado en un número pequeño de niños americanos de una clase social privilegiada y fuertemente seleccionada por lo que en nuestro país las edades óseas en general están retrasadas en 4 ó 6 meses. Por el contrario, la muestra utilizada por Tanner pertenece a una clase social baja, que incluye niños de orfanatos y asilos ingleses, lo que hace que la edad ósea de nuestros niños esté avanzada en relación con sus estándares.

Además, «el tempo» o ritmo de crecimiento y maduración de la población española actual es distinto; concretamente nuestras niñas tienen la menarquía aproximadamente un año antes que en Suecia o Inglaterra (5, 6).

Finalmente, ninguno de estos métodos permite valorar la maduración ósea

durante los dos primeros años de vida, ya que el recién nacido no está presente en ningún núcleo de osificación del carpo y los que aparecen posteriormente lo hacen lentamente.

#### APORTACIONES DE NUESTRO GRUPO.

##### EL ESTUDIO DE BILBAO

El estudio de crecimiento de Bilbao fue diseñado para elaborar tablas y curvas de distancia y velocidad de los principales parámetros antropométricos y, además, para obtener una serie amplia de radiografías de niños normales que nos permitiera elaborar un atlas que reflejara la maduración ósea de la muestra estudiada, adaptar a la situación actual de la población española el método numérico más difundido, el TW2, y diseñar un programa para la estimación de la talla adulta a partir de nuestros estándares.

Al iniciar el estudio del grupo de recién nacidos comprobamos que ninguno de los métodos utilizados habitualmente era adecuado para valorar la maduración ósea a lo largo de los dos primeros años de vida por una serie de limitaciones metodológicas que han sido expuestas en publicaciones ante-

riores (7, 8). Para evitar estos inconvenientes decidimos desarrollar un método numérico (SHS) basado en el estudio de una radiografía lateral de tobillo y pie izquierdo (7, 9, 10, 11).

Recientemente hemos terminado este estudio de la maduración ósea y los resultados obtenidos de la valoración de 5.266 radiografías de 1.800 niños y niñas sanos de 0 a 18 años, los hemos recogido en un libro que incluye un atlas, un método numérico basado en el TW2-RUS, el método SHS para valorar la maduración ósea durante los dos primeros años de vida y un «paquete» de programas informáticos que permite calcular de una manera rápida la talla definitiva mediante los tres métodos más utilizados: Bayley-Pinneau, Roche-Wainer-Thissen y TW2-Mark2, pero partiendo de los datos obtenidos con nuestros estándares (12).

#### COMPARACION DE NUESTROS DATOS CON EL ATLAS DE GREULICH Y PYLE Y LOS ESTANDARES BRITANICOS (TW2-RUS)

La comparación de nuestro atlas con el de Greulich y Pyle (13) mostró que los niños tienen un ligero retraso hasta la edad de 6 años; desde esta edad

### BILBAO GROWTH STUDY ATLAS

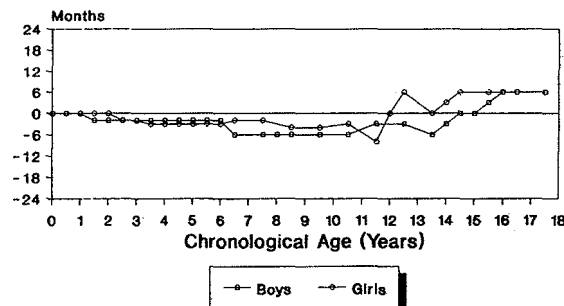


FIG. 1. Diferencias de la edad ósea entre el atlas de Greulich y Pyle y el atlas del estudio de crecimiento de Bilbao

hasta los 14 años, la diferencia se incrementa y es de 3 a 6 meses, pero a partir de este momento, la maduración de nuestros niños avanza y finaliza 6 meses antes que la de los niños americanos. En las niñas se observa este mismo fenómeno sólo que más acentuado, hasta el punto de que la edad ósea de las niñas españolas es superior en 6 meses a partir de los 12 años (Fig. 1).

Cuando se comparan los datos del TW2-RUS con los estándares británicos (13), se observa que hasta la edad de 5 años en las niñas y de 7 años en los niños, las curvas se superponen, pero a partir de esta edad las correspondientes a nuestros niños se desplazan hacia arriba (Figs. 2 y 3). Esto indica que los niños españoles maduran más rápidamente que los británicos y alcanzan la máxima puntuación (1000 puntos) un año antes; a los 15 y 17,2 años respectivamente, como puede apreciarse en la figura 4. Las diferencias son más marcadas para las niñas en la etapa prepube-

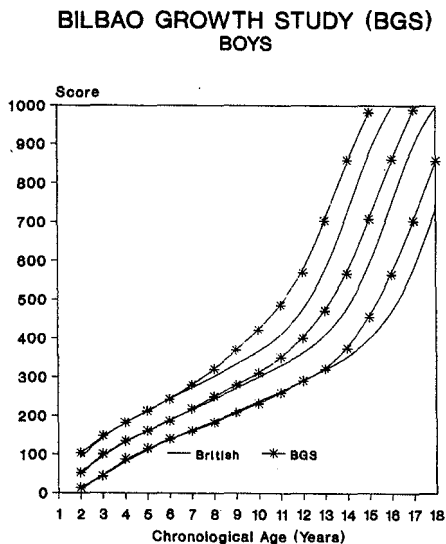


FIG. 2. Valor medio y percentiles 3 y 97 de la maduración ósea valorada mediante el TW-RUS de los niños del estudio de crecimiento de Bilbao comparado con los estándares británicos.

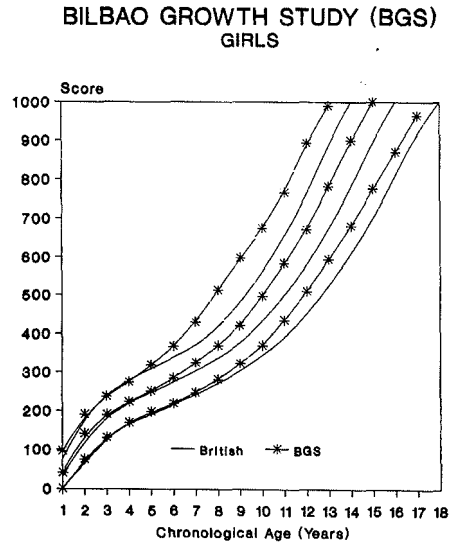


FIG. 3. Valor medio y percentiles 3 y 97 de la maduración ósea valorada mediante el TW-RUS de las niñas del estudio de crecimiento de Bilbao comparado con los estándares británicos.

ral pero durante la pubertad, tanto las niñas como los niños, tienen una maduración ósea superior en un año a los ingleses.

Estos resultados confirman los obtenidos en otros estudios europeos (14, 15, 16, 17, 18, 19, 20) en relación con los datos británicos, pero en cambio contrastan con los aceptados hasta ahora cuando se comparan con el atlas de Greulich y Pyle (14, 17). Nuestros datos demuestran que en la etapa prepuberal los niños españoles se están aproximando a la población estudiada por Greulich y Pyle y que después de la pubertad la maduración ósea es más avanzada y finalizan ésta seis meses antes.

La interpretación precisa de las diferencias observadas es difícil; quizá jueguen algún papel las condiciones socioeconómicas y la tendencia secular pero existen datos que apoyan la hipótesis

## BILBAO GROWTH STUDY TW2-RUS

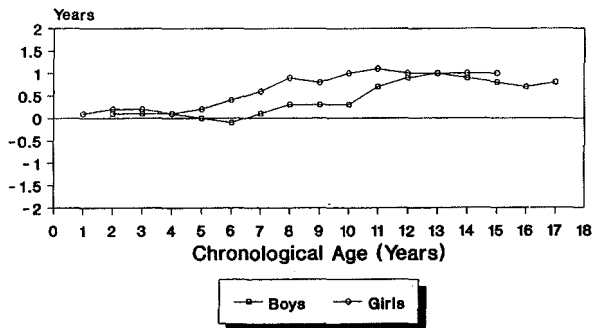


FIG. 4. Edad ósea (TW2-RUS) y edad cronológica en los niños y niñas del estudio de crecimiento de Bilbao comparados con los británicos.

de que son debidas fundamentalmente a diferencias reales entre las distintas poblaciones.

Este hecho justifica la conveniencia de disponer de estándares actualizados obtenidos a partir de una muestra representativa de la población en la que vayan a utilizarse, igual que sucede con los datos antropométricos. En este sentido nuestros estándares, procedentes de una muestra amplia, representativa de la población española actual, probablemente se ajustan más a la situación de la población, no sólo de España, sino de los demás países desarrollados de Europa, que los británicos, debido al alejamiento en el tiempo y la baja extracción social de la muestra inglesa.

### PREDICCIÓN DE TALLA

La posibilidad de hacer un pronóstico lo más aproximado posible de la talla definitiva es un objetivo que puede ser útil para orientar a algunos niños en relación con actividades o carreras profesionales en las cuales la talla juega un papel importante, para decidir iniciar o no la terapéutica en niños con talla baja, sobre todo cuando se trata de tratamientos largos y penosos como el

alargamiento quirúrgico de los miembros, y para controlar la respuesta al tratamiento.

### PRINCIPALES METODOS DE PREDICCIÓN DE TALLA

Todos los métodos utilizados se basan en tres principios:

1º. Que la talla final depende en gran medida de factores hereditarios y existe un coeficiente de correlación aproximadamente de 0,75 entre ésta y la talla de los padres.

2º. Que a partir de los dos años los individuos normales se han situado ya en el canal o percentil que van a seguir hasta el final del período de crecimiento.

3º. Que la maduración ósea es un indicador más preciso que la edad cronológica para conocer el porcentaje de la talla final que se ha alcanzado en un momento determinado.

En el primer principio se fundamenta la estimación de la denominada «talla diana», cuyo conocimiento es muy importante y muy útil ya que permite sospechar una alteración del crecimiento cuando las predicciones de talla definitiva se alejan de ella de forma persistente.

Otro sistema muy sencillo, basado en el segundo principio, consiste en asignar la talla final que corresponda al percentil en que se encuentre el niño. Aunque es un método poco refinado, puede resultar útil siempre que se utilice entre los 2 y los 10 años de edad, ya que fuera de esas edades, la correlación entre talla actual y talla definitiva es muy baja.

Si se exceptúan estos dos, prácticamente todos los métodos que se utilizan en la actualidad incorporan la valoración de la maduración ósea como elemento importante para estimar la talla final.

Los tres más difundidos son el de Bayley-Pinneau (21), el de Roche-Wainer-Thissen (22) y el de Tanner-Whitehouse (23). Difieren en el sistema que utilizan para valorar la maduración ósea, atlas de Greulich y Pyle, los dos primeros, y el método TW2-RUS el último, y en los datos complementarios que utilizan. A los lectores interesados les recomendamos los trabajos originales o la revisión realizada recientemente por B. Sobradillo, en la que recoge la bibliografía básica (12).

#### LIMITACIONES EN LA PREDICCIÓN DE LA TALLA

A pesar del perfeccionamiento progresivo de los distintos métodos, sigue existiendo un porcentaje de impredecibilidad que obliga a ser prudente en la interpretación de los resultados.

Depende fundamentalmente de las diferencias en la amplitud del brote de crecimiento puberal y de la distorsión que se produce cuando hay modificaciones en el ritmo o patrón madurativo, que se van a expresar por diferencias entre la edad ósea y la edad cronológica.

En estos casos es necesario extremar la prudencia, así como en condiciones normales los métodos TW2 y el de Roche-Wainer-Thissen son más preci-

sos, cuando estas diferencias son muy elevadas el método que expone a un menor error es el de Bayley-Pinneau (24).

#### «PREDICTA», UN PROGRAMA INFORMÁTICO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA TALLA ADULTA CON ESTÁNDARES ESPAÑOLES

Como complemento de la publicación citada (12), hemos elaborado un conjunto de programas, tablas y procedimientos para calcular y editar el pronóstico de talla definitiva según los tres métodos mencionados: Bayley-Pinneau, Rocher-Wainer-Thissen y la última revisión de Tanner et al (TW2 Mark2), así como la última diana.

Aunque se utilizan tablas y fórmulas publicadas por los autores, las edades óseas deben ser las obtenidas por comparación con nuestros estándares, que se identifican en la pantalla del ordenador con las siglas: ATLAS/FOC y ROS/FOC (Fig. 5). El programa realiza la conversión y los cálculos de acuerdo con los algoritmos fijados.

Los resultados aparecen en la pantalla y pueden ser editados en una impresora. En el informe final aparecen:

- Los datos descriptivos iniciales (edad cronológica, sexo, talla, peso, talla de los padres y edad ósea).
- El pronóstico de talla por los tres métodos.
- La talla diana, con los límites de  $\pm 1$  DE.

Los dos programas que forman el «paquete», junto con el procedimiento de tratamiento y las tablas se han incluido en un disquete de fácil manejo, que se adjunta como complemento con el libro: «Maduración ósea y predicción de talla» (12).

PANTALLA PRINCIPAL DE ENTRADA DE DATOS

#####

¡¡ATENCIÓN!! PARA FINALIZAR CUALQUIER PROCESO PULSAR 'ESCAPE'

NOMBRE  NUMERO: .....

Fecha de exploración (dd/mm/aa): \_\_/\_\_/\_\_

Fecha de nacimiento (dd/mm/aa): \_\_/\_\_/\_\_

Sexo (h o m); \_ Talla: \_\_. \_\_ cm Peso: \_\_. \_\_ kg

Edad ósea ATLAS-FOC (aa/mm): \_\_/\_\_ Edad ósea RUS-FOC: \_\_\_\_

Talla padre: \_\_. \_\_ cm Talla madre: \_\_. \_\_ cm

FIG. 5. Pantalla para la introducción de datos del programa PREDICTA.

#### BIBLIOGRAFIA

1. SANCHEZ, E.: «Estudio de la maduración ósea», en: M. Hernández et al.: *Crecimiento y salud infantil. Estudio longitudinal de crecimiento de Bilbao*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. Vitoria, 1986: 57-69.
2. TODD, T. W.: *Atlas of skeletal maturation (Hand)*. CV Mosby Co, St. Louis, 1937.
3. PRYOR, J. W.: «The hereditary nature of variation in the ossification of bones». *Anatomical Record*, 1907. 1: 84-88.
4. GREULICH W. W.; PYLE, S.: *Radiografic atlas os skeletal development of the hand and wrist*. 2nd Ed. Stanford University Press, Stanford Ca, 1959.
5. TANNER, J. M.: Presentación. En M. Hernández, E. Sánchez, B. Sobradillo, J. M. Rincón: *Maduración ósea y predicción de talla*. Ed. Díaz de Santos, Madrid, 1991, pp. 11.
6. RUIZ, I.: *Estudio longitudinal del crecimiento en la etapa puberal en una muestra de escolares del Gran Bilbao*. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco. Bilbao, 1989.
7. SANCHEZ, E.: *Valoración de la maduración ósea en los dos primeros años de vida. Desarrollo de un nuevo método y su estandarización en una población infantil de Vizcaya*. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco. Bilbao, 1983.
8. SANCHEZ, E.: «Estudio de la maduración ósea», en: M. Hernández et al., (eds.). *Crecimiento y salud infantil. Estudio longitudinal del crecimiento de Bilbao*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. Vitoria, 1986. 57-69.
9. SANCHEZ, E.; SOBRADILLO, B.; HERNANDEZ, M.; NARVAIZA, J. L.: *Standards of skeletal maturity of the ankle and foot in the first two years of life in Spanish children*. En: Borms J., Hauspie, R. Sand A., Susanne, C. Hebbelinkk, M. (eds.). *Human Growth and Development*. Plenum Press. Nueva York, 1984: 387-396.
10. SANCHEZ, E.; HERNANDEZ, M.; SOBRADILLO, B.; RINCON, J. M.; NARVAIZA, J. L.: *Un nuevo método de valoración de la maduración ósea en los dos primeros años de vida*. Rev. Esp. Pediatr. 1985, 41: 99-100.
11. HERNANDEZ, M.; SANCHEZ, E.; SOBRADILLO, B.; RINCON, J. M., NARVAIZA, J. L.: *A new method for*

- assessment of skeletal maturity in the first 2 years of life.* *Pediatr. Radiol.* 1988. 18: 484-489.
12. HERNANDEZ, M.; SANCHEZ, E.; SOBRADILLO, B.; RINCON, J. M.: *Maduración ósea y predicción de talla.* Ed. Diaz de Santos S. A., Madrid, 1991.
  13. SANCHEZ, E.; SOBRADILLO, B.; RINCON, J. M.; HERNANDEZ, M.: *Bilbao Growth Study: a comparison of skeletal maturity reference data with Greulich-Pyle atlas and British standards TW2-RUS.* VIth International Congress of Auxology. Abstracts Book: 89, 1991.
  14. ANDERSEN, E.: *Comparison of Tanner-Whitehouse and Greulich and Pyle methods in a long scale danish survey.* *Amer J. Phys. Anthropol.* 1971. 35: 373.
  15. TARANGER, J.; BRUNING, B.; CLAEISSON, I.; KARLBERG, P.; LANDSTRÖM, T.; LINDSTRÖN, B.: *The somatic development of children in a Swedish urban community, IV. Skeletal development from birth to 7 years.* *Act. Paediatr. Scand (Suppl. 258)* 1976. 98-106.
  16. WENZEL, A.; MELSEN, B.: *Skeletal maturity in 6-16 year old danish children assessed by the Tanner-Whitehouse-2 methods.* *Ann. Hum. Biol.* 1984. 11: 173-177.
  17. WENZEL, A.; DROSCHL, H.; MELSEN, B.: *Skeletal maturity in Austrian children assessed by the GP and the TW-2 methods.* *Ann. Hum. Biol.* 1984. 11: 173-177.
  18. TARANGER, J.; KARLBERG, J.; BRUNING, B.; ENGSTRÖN, I.: *Standard deviation score charts of skeletal maturity and its velocity in Swedish children assessed by the Tanner-Whitehouse method (TW2-2G)* *Ann. Hum. Biol.* 1987. 14: 357-365.
  19. BEUNEN, G.; LEFEBVRE, M.; OSTYN, M.; FRENSEN, R.; SIMONS, J. VAN GERVEN, D.: *Skeletal maturity in Belgian youths assessed by the Tanner-Whitehouse method (TW2).* *Ann. Hum. Biol.* 1990. 17: 355-376.
  20. VIGNOLO, M.; MILANI, S.; DI BATTISTA, E.; NASSELLI, A.; MOSTERT, M.; AICARDI, G.: *Modified Greulich-Pyle, Tanner-Whitehouse, and Roche-Wainer-Thissen (knee) methods for skeletal age assessment in a group of Italian children and adolescents.* *Eur. J. Pediatr.* 1990. 149: 314-317.
  21. BAYLEY, N.; PINNEAU, S. S. R.: *Tables for predicting adult height from skeletal age: revised for use with the Greulich-Pyle hand standards.* *J. Pediatr.* 1952. 40: 423-441.
  22. ROCHE, A. F.; WAINER, H. THISSEN, D.: *Predicting adult stature for individuals.* *Monogr. Paediatr.* 1975. 3: 1-114.
  23. TANNER, J. M.; LANDT, K. W.; CAMERON, N.; CARTER, B. S.; PATEL, J.: *Prediction of adult height and bone age in childhood: a new system of equations (TW Mark II) based on a sample including very tall and very short subjects.* *Arch. Dis. Child.* 1983. 58: 767-776.
  24. ZACHMANN, M.; SOBRADILLO, B.; FRANK, M.; FRISH, H.; PRADER, A.: *Bayley-Pinneau, Roche-Wainer-Thissen, and Tanner height predictions in normal children and in patients with various pathologic conditions.* *J. Pediatr.* 1978. 93: 749-755.