

Nuevo índice de valoración ósea Ebrí-Carpo-metacarpofalángico* y de predicción de talla adulta



B. Ebrí Torné, I. Ebrí Verde

Servicio de Pediatría. Hospital Universitario Miguel Servet. Zaragoza

Resumen

Se presenta un nuevo método numérico conjunto: carpo-metacarpofalángico para el cálculo de la edad ósea y predicción de talla adulta a su través. La casuística longitudinal comprende a 160 niños aragoneses de ambos sexos, sanos, con edades comprendidas desde los seis meses hasta 20 años, estudiados año tras año. La radiología se efectuó en el Hospital Miguel Servet de Zaragoza, radiografiándose la mano izquierda en proyección dorsopalmar, midiéndose con un nonius, las máximas distancias de los núcleos carpianos y metacarpofalángicos de los 1º, 3º y 5º dedos. Para la labor estadística, se ha utilizado el paquete estadístico "Statistix". El índice carpo-metacarpofalángico está correlacionado con la edad cronológica, originando ecuaciones predictivas de edad ósea, tanto para niños hasta 20 años, como hasta cuatro, a efectos de evitar sobrestimación de la edad ósea en estas pequeñas edades si aplicáramos las ecuaciones generales. Los resultados pueden llevarse a tablas numéricas estándar o en forma del llamado IVO-carpo-metacarpofalángico a una figura de equivalencias, que nos da directamente el estado osificativo del niño. Se exponen, así mismo, en tablas numéricas, ecuaciones para predicción de la talla adulta, a partir de la talla del niño, talla media paterna y el índice carpo-metacarpofalángico. Los resultados se obtienen con una calculadora o utilizando un programa informático. Con el índice conjunto carpo-metacarpofalángico, el clínico dispone de otra herramienta valiosa para obtener la edad ósea y la predicción de talla adulta de niños a estudio, pudiendo evitar la utilización de otros métodos foráneos. Los resultados pueden obtenerse con una calculadora o a través de un programa informático. Su utilización en la clínica nos permitirá saber si la capacidad predictiva de este índice conjunto es superior o no a la utilización por separado del índice metacarpofalángico y carpiano.

Abstract

This work presents a new set numerical method: carpal meta-carpal-phalange, for the calculation of bone age and adult height forecast. The lengthwise case series include 160 Aragon children of both genders and healthy, aged between six months and 20 years old, and studied year after year. The radiology was performed at Miguel Servet Hospital in Zaragoza, making radiographies of the left hand in back-palm projection, measuring with a vernier the maximum distances of the carpal and meta-carpal-phalange cores of the 1st, 3rd, and 5th fingers. For the statistical work we have used the "Statistix" statistical package. The carpal meta-carpal-phalange index is co-related to the chronological age, thus giving predictive equations of the bone age of the children up to 20 years of age, as well as to 4 years of age, in order to avoid an overestimation of the bone age for these ages if general equations were applied. The results can be taken to standard numerical tables, or to an equivalences chart through the so-called IVO-carpal-meta-carpal-phalange, which directly gives us the children's ossifying status. We also present adult height predictive equations on numerical tables, based on the children's height, the father's height, and the carpal meta-carpal-phalange index. Results can be obtained with a pocket calculator or using a software. The carpal meta-carpal-phalange set index provides the practitioner with another valuable tool to obtain the bone age and the adult height forecast of the studied children, avoiding the use of other foreign methods. Results can be obtained with a pocket calculator or with software. Its usage will enables us to know if the predictive capacity of this set index is higher or not than the separate use of the carpal meta-carpal-phalange and carpal indexes.

Palabras clave: Índice osificativo carpo-metacarpofalángico; Predicción talla adulta; Casuística longitudinal española.

Key words: Carpal-meta-carpal-phalange ossifying index; Adult height forecast; Spanish lengthwise case series

Pediatr Integral 2012; XVI(10): 822.e1-822.e9

*Índice Ebrí-Carpo-metacarpofalángico presentado al 60º Congreso de la AEP
Agradecemos al Dr. Ferrández Longás, director del Centro "Andrea Prader", su inestimable ayuda por la cesión del material radiográfico de los niños de la casuística.

Los interesados en el programa informático pueden solicitarlo gratuitamente por email a los autores: ebrí@ebrí.es

Introducción

Definimos el índice ICMF, la región de donde se ha extraído y su bondad respecto a otros métodos de estudio de la edad ósea. A partir de él, pueden confeccionarse también ecuaciones de predicción de talla adulta.

El índice carpo-metacarpofalángico (ICMF) es un índice conjunto de las dos regiones anatómicas del carpo y metacarpo-falanges. Su obtención participa de la metódica base de obtención de todos los índices-Ebrí. Es consecuencia del sumatorio de todos los huesos de estas regiones englobándolos en un solo índice, por lo que sus valores numéricos son diferentes a cuando se analizan por separado estas regiones.

Se ha valorado en conjunto estas dos regiones a efectos de comprobar si sumando todos los núcleos que la componen, quedan aun más relativizadas las asincronías nucleares, es decir, las variadas formas de osificación que supone la diferente cronología de los núcleos de osificación. Esta dificultad que ofrece el atlas de Greulich y Pyle a la hora de elegir la radiografía modelo que encaje con el caso problema, es lo que pretendemos relativizar con nuestros índices, y el ICMF con más motivo; ya que, incluye todos los núcleos de forma conjunta y hace que las asincronías tengan menor importancia al quedar relativizadas, englobadas en un número mayor de núcleos analizado como ofrece este índice. Al dividir el sumatorio de todos los huesos por el número total de ellos, estén o no presentes en el momento de efectuar la medición, se basa la relativización de las asincronías; ya que, aunque en unos niños falte un núcleo determinado, en otro niño sí puede encontrarse presente. Es el sumatorio de medidas el que considera globalmente la osificación y no la presencia o no de un determinado núcleo en particular.

De todas formas, esta metódica general tiene que quedar probada por el práctico en su experiencia clínica, a efectos de valorar todos los índices que forman parte de ella. Nuestra recomendación es que el pediatra utilice los tres índices y, precisamente para facilitar esta labor, es por lo que se ofrecen también en forma informatizada con un programa a disposición del lector. Así, cuando el clínico

Tabla I. Índice carpo-metacarpofalángico, media y +/-1 desviación típica

Edad	Varones				Mujeres			
	1Sd	Nº ind/medias	-1Sd		1Sd	Nº ind/medias	-1Sd	
0,5	0,65	67	0,46	0,27	0,66	79	0,47	0,28
1	1,21	64	0,76	0,31	2,57	81	1,99	1,41
2	2,98	57	2,06	1,13	3,98	76	3,21	2,45
3	4,45	63	3,49	2,49	5,37	85	4,56	3,76
4	5,58	69	4,64	3,71	6,52	79	5,68	4,84
5	6,69	69	5,73	4,77	7,84	81	6,85	5,86
6	8,04	72	6,88	5,71	9,08	81	8,06	7
7	9,36	71	8,1	6,83	10,2	85	9,2	8,2
8	10,51	67	9,3	8,1	11,41	85	10,4	9,38
9	11,71	70	10,46	9,21	12,4	85	11,4	10,45
10	12,79	73	11,54	10,3	13,46	81	12,5	11,67
11	14,02	72	12,66	11,3	14,48	79	13,5	12,53
12	15,19	72	13,74	12,29	15,11	87	14,3	13,46
13	16,41	73	14,9	13,4	15,58	82	14,8	14,06
14	17,3	72	15,93	14,55	15,85	87	15,2	14,51
15	17,88	73	16,73	15,58	16,02	85	15,37	14,73
16	18,29	66	17,25	16,22	16,13	80	15,48	14,82
17	18,43	63	17,47	16,51	16,21	77	15,58	14,95
18	18,53	59	17,63	16,74	16,26	66	15,61	14,96
19	18,84	18	17,99	17,15	15,99	17	15,35	14,71
20	18,6	9	17,84	17,08	15,43	5	14,98	14,52

Nº IND: número de individuos. Índice carpometacarpofalángico (ICMF) en mm. Edad en años.

introduce en la ventana informática las medidas en milímetros y sus décimas de todos los núcleos, el programa nos da inmediatamente el diagnóstico de la edad ósea del niño y su predicción de talla adulta por las tres series.

A diferencia del IMF (Índice Metacarpofalángico) e IC (Índice Carpiano) que fueron utilizados en amplias poblaciones transversales española y longitudinal suiza por Ebrí Torné⁽¹⁻⁶⁾, el ICMF ha sido utilizado por primera vez en este estudio basado en la casuística longitudinal “Andrea Prader”, ya que faltaba estudiar por este índice propio, no foráneo, la edad ósea nuestros niños españoles.

Las regiones carpiana y metacarpofalángica fueron estudiadas por Tanner desde su propia metódica básica, analizando por separado los siete núcleos del carpo y los trece restantes de los huesos cortos y largos de la mano⁽⁷⁾. En el análisis de estas regiones, nosotros hemos

incluido también el hueso psiforme, y las epífisis distales del cúbito y radio.

Las ecuaciones de predicción de talla adulta que incluimos en este trabajo dependiente del índice ICMF, así como las que se ofrecieron ya a partir del IMF e IC han demostrado su fiabilidad, al no dar diferencias significativas por el test de Student entre las predicciones y la talla adulta que los niños al final de su crecimiento alcanzaron.

Material y métodos

Descripción de la casuística y la metodología radiológica de obtención del índice valorativo de la edad ósea (IVO-ICMF), así como de las ecuaciones de predicción de talla adulta (PTA).

La casuística objeto de estudio comprende a 160 niños sanos: 73 varones y 87 mujeres, distribuidos por sexos y años desde 0,5 hasta los 20 años (Tabla I).

Las radiografías de mano izquierda fueron cedidas, para su valoración con nuestros métodos, por el Centro Andrea Prader. Los niños fueron tallados y radiografiados en cada fecha de su cumpleaños siendo distribuidos por grupos de estudio. Se procedió a la medición radiográfica de los núcleos de osificación del carpo y metacarpo-falanges en radiografía dorsopalmar de mano izquierda con un nonius óptico. Las medidas, en mm y décimas, sirvieron de base para la confección del ICMF (Figs. 1 y 2). Dicho índice es el resultado de la suma de los máximos diámetros de los ocho núcleos carpales y once metacarpofalángicos en los dedos 1°, 3°, y 5° de la mano, comprendiendo también las epífisis de radio y cúbito, en un total de 21 núcleos. Una vez obtenida la suma de los núcleos existentes en el momento de la medición radiográfica, se divide ésta por 21 (para simplificación numérica) número fijo en todos los casos aunque en el momento de la medición no estén presentes todos ellos.

A partir de este índice y a través de ecuaciones, se obtiene la edad ósea, como explicamos en resultados, pero el índice Ebrí -ICMF-, es también un índice de valoración osificativo (IVO). De esta forma, la edad ósea puede expresarse no solo en estándares, sino también en valores numéricos superponibles a una figura de equivalencias que simplifica visualmente el diagnóstico (Fig. 3). Para este cálculo, se presentan también dos tipos de ecuaciones para la valoración de la edad ósea, unas hasta 20 años y otras específicas para niños hasta 2 y 4 años, a fin de evitar la pequeña distorsión en el cálculo que se produciría si utilizáramos las ecuaciones generales.

Todas las mediciones radiográficas se realizaron por un único observador, y el estudio de repetibilidad practicado en 100 radiografías, al mes de su primera medición, fue superior al 95%.

Para la predicción de talla adulta se ofrecen como efectuábamos al describir el índice IMF e IC⁽⁸⁾ ecuaciones de dos y tres variables, siendo su resolución la que nos da la talla adulta predicha. Estas ecuaciones son operativas a partir de los cuatro años de edad. La talla la hemos expresado en centímetros.

Para la labor estadística, se ha utilizado el paquete estadístico "Statistix",

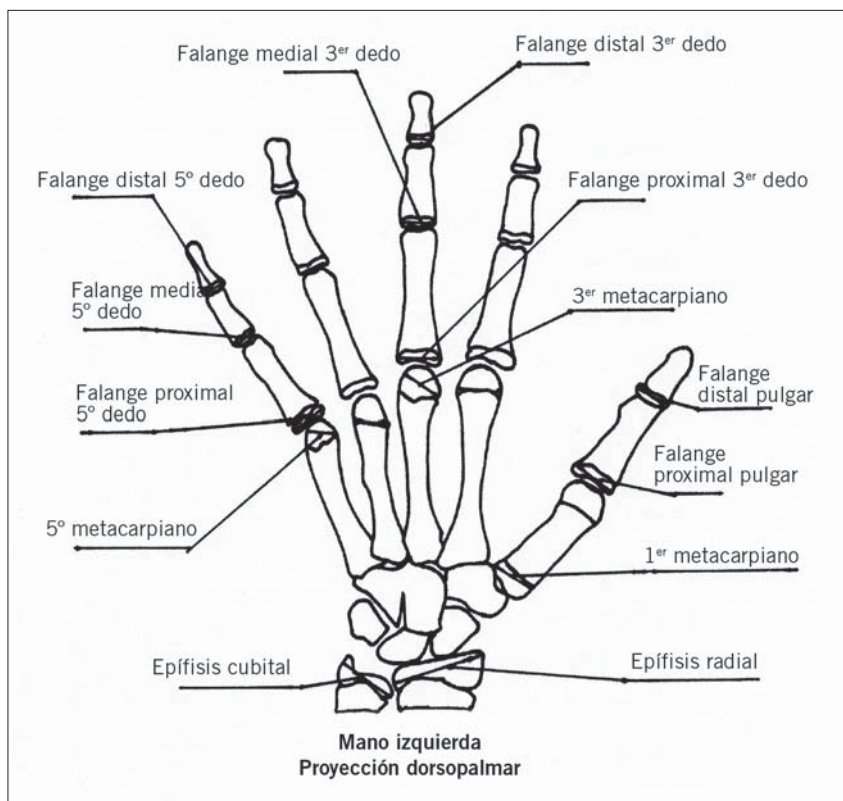


Figura 1. Máximos diámetros de los núcleos de osificación metacarpofalángicos.

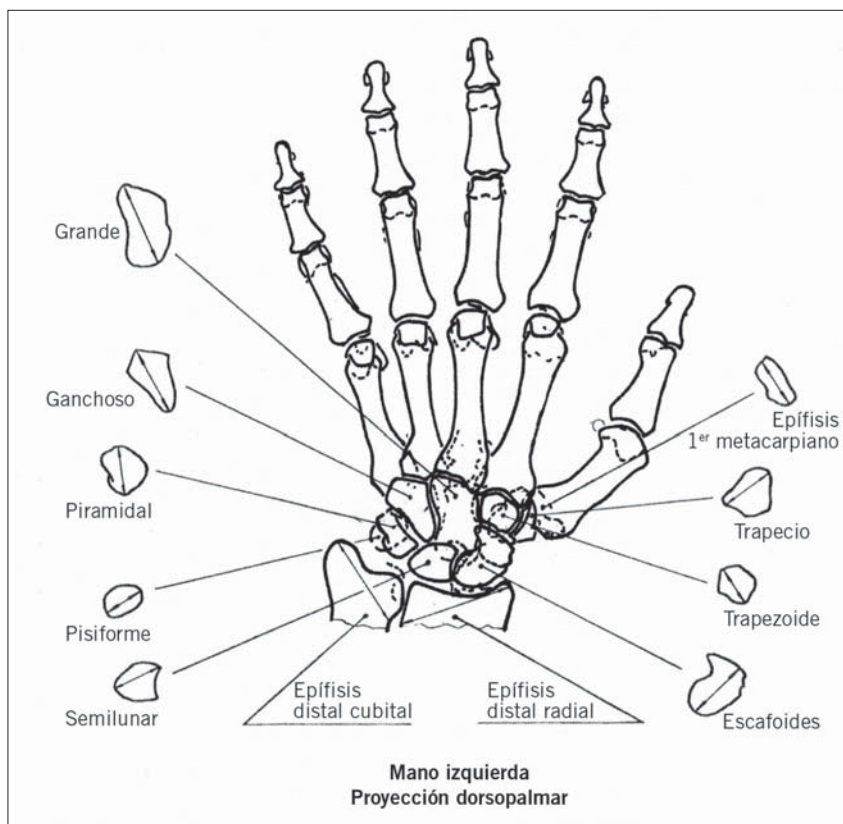


Figura 2. Máximos diámetros de los núcleos de osificación carpianos.

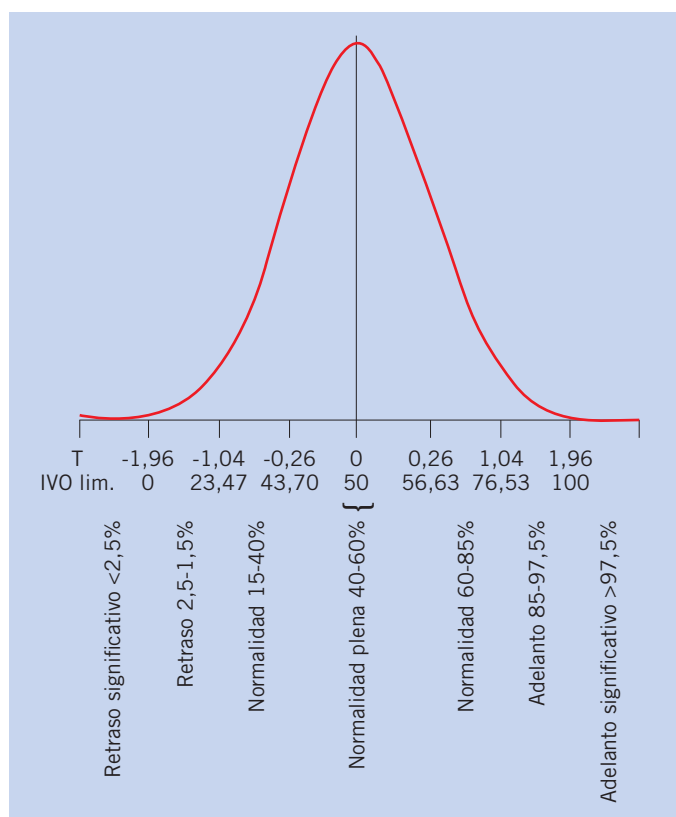


Figura 3. Equivalencias del IVO en edad ósea.

así como el programa Excel para la confección de las tablas y el estudio gráfico que presentamos.

El Estudio General Somatométrico y Radiológico Andrea Prader, fue promovido por la Unidad de Endocrinología del Hospital Miguel Servet de Zaragoza y autorizado por el Comité de Investigación; así mismo, se obtuvo el consentimiento firmado por parte de los padres de los niños. El estudio general fue, además, avalado y apoyado por el Gobierno de Aragón⁽⁹⁾.

Resultados

Se exponen todas las ecuaciones prácticas para el pediatra a fin de que obtenga el diagnóstico osificativo del niño (edad ósea) y de PTA hasta los 20 años. Se confeccionan también unas ecuaciones específicas para cálculo de la edad ósea de niños hasta los cuatro años.

En la tabla I, se ofrecen los estándares del índice ICMF. A partir del ICMF y como resultado de su correlación estadística con la edad cronológica se obtienen en ambos sexos (a partir de la ecuación de la recta de regresión) las ecuaciones de predicción de la edad

ósea. Los coeficientes de correlación son de 0,97 en varones en un total de 1.305 correlaciones y de 0,94 en mujeres en un total de 1.556 correlaciones. Las edades óseas que se pueden predecir oscilan desde los 0,5 hasta los 20 años, y de los 0,5 hasta los 2 y 4 años. La significatividad estadística de todas ellas es de $p < 0,001$.

La ecuación general de los varones hasta los 20 años es la siguiente:

$$\text{Edad ósea (EO)} = -0,03 + 0,909 \times \text{ICMF}$$

En mujeres hasta los 20 años:

$$\text{EO} = -1,345 + 1,018 \times \text{ICMF}$$

En varones hasta 2 años:

$$\text{EO} = 0,57013 + 0,52687 \times \text{ICMF}$$

En varones hasta 4 años:

$$\text{EO} = 0,566 + 0,66803 \times \text{ICMF}$$

En mujeres hasta 2 años:

$$\text{EO} = 0,45171 + 0,43276 \times \text{ICMF}$$

En mujeres hasta 4 años:

$$\text{EO} = 0,35162 + 0,58184 \times \text{ICMF}$$

De esta forma, el clínico puede llevar a estas ecuaciones el ICMF obtenido de la medición radiográfica del niño a estudio y saber su edad ósea con un sencillo cálculo.

En la tabla II, se exponen las medias y desviaciones típicas de las eda-

des óseas hasta los 20 años y en ambos sexos, a efectos de que el clínico pueda contrastar los resultados hallados en el niño estudiado.

A efectos de ofrecer al clínico un diagnóstico más detallado y gráfico del proceso osificativo que está estudiando, se ha procedido a obtener el (IVO) de este índice ICMF, lo que permite llevar los resultados a una figura de equivalencias que nos da directamente el diagnóstico.

Para obtener este IVO, hay que llevar a las ecuaciones que seguidamente se presentan, los ICMF calculados en mm, así como las edades cronológicas (EC) del niño en años, y luego resolverlas. El cálculo final puede obtenerse con una calculadora aunque puede disponerse gratuitamente de un programa informático a disposición del lector. Los resultados obtenidos de IVO-ICMF dan valores en ambos sexos que oscilan de 0 a 100 (-1,96 a 1,96 desviación típica). Finalmente, la figura de equivalencias nos dice si la edad ósea del niño se encuentra normal, retrasada o adelantada respecto a su edad cronológica y si este adelanto o retraso es o no significativo. Esta figura puede ser consultada en la publicación de *Anales de Pediatría*⁽⁸⁾.

Ecuaciones de IVO-ICMF de varones hasta 20 años:

$$\text{IVO-ICMF} = 49,4 + 17,5 \times \text{ICMF} - 19,3 \times \text{EC}$$

Mujeres hasta 20 años:

$$\text{IVO-ICMF} = 41,7 + 12,2 \times \text{ICMF} - 15,1 \times \text{EC}$$

0,5-2 años. Varones:

$$\text{IVO-ICMF} = 86,486 + 33,718 \times \text{ICMF} - 63,996 \times \text{EC}$$

0,5-4 años. Varones:

$$\text{IVO-ICMF} = 76,613 + 31,411 \times \text{ICMF} - 47,020 \times \text{EC}$$

0,5-2 años. Mujeres:

$$\text{IVO-ICMF} = 92,696 + 40,905 \times \text{ICMF} - 94,521 \times \text{EC}$$

0,5-4 años. Mujeres:

$$\text{IVO-ICMF} = 70,337 + 33,652 \times \text{ICMF} - 57,837 \times \text{EC}$$

En las tablas III a VI, se presentan las ecuaciones de dos y tres variables para la predicción de talla adulta. A partir de la talla del niño y del índice ICMF (dos variables) y añadiendo la talla media paterna (tres variables) se han confeccionado estas ecuaciones, cuya resolución permite obtener la predicción de la talla en centímetros.

Tabla II. Media y una desviación típica de la edad ósea: ICMF. Varones

Edad años	Varones		Mujeres	
	Medias	Desviación típica	Medias	Desviación típica
0,5	0,39	0,17	0,12	0,18
1	0,66	0,4	0,86	0,59
2	1,84	0,84	1,93	0,77
3	3,14	0,88	3,29	0,81
4	4,19	0,84	4,44	0,81
5	5,17	0,87	5,62	1,01
6	6,22	1,05	6,85	1,07
7	7,33	1,14	8,02	1,01
8	8,42	1,09	9,23	1,03
9	9,47	1,13	10,28	0,99
10	10,46	1,13	11,44	0,91
11	11,47	1,23	12,4	0,99
12	12,46	1,31	13,19	0,84
13	13,51	1,36	13,74	0,77
14	14,44	1,25	14,1	0,68
15	15,17	1,04	14,3	0,65
16	15,65	0,94	14,4	0,66
17	15,85	0,87	14,52	0,64
18	15,99	0,81	14,54	0,66
19	16,32	0,77	14,28	0,65
20	16,18	0,69	13,89	0,46

Son de fácil resolución con una calculadora, pues al pie de cada tabla se especifican las significaciones de las variables. De todas las formas, existe también un programa que con solo introducir los datos de las medidas de los núcleos de osificación del niño a estudio, nos da automáticamente su EO y la talla adulta (TA) predicha. Este programa será enviado vía *mail* al lector interesado, junto con las explicaciones precisas para su óptima utilización. En la figura 4 ponemos un ejemplo de ventana informática donde se detalla el diagnóstico de la EO y la predicción de talla adulta (PTA) de una niña tardana, una vez introducidos los datos de las medidas radiográficas así como su talla actual y la de sus padres (Fig. 4).

Discusión

Se efectúa una breve revisión histórica de otros métodos de cálculo de la edad ósea, haciendo incidencia en otras regiones distintas de la mano. Así mismo, se analizan otros métodos de determinación de la talla adulta.

Los índices numéricos metacarpo-falángico (IMF) y carpiano (IC) se han mostrado eficaces para relativizar las asincronías de los núcleos de osificación, así como para evitar la utilización de métodos foráneos en nuestros niños para determinar la edad ósea y predicción de talla. Se han utilizado en la clínica al haber demostrado su correlación con los dos principales métodos foráneos de determinación de la edad ósea^(10,11).

El ICMF participa de estas mismas ventajas, y completa a los anteriores. Recordemos que la valoración de la edad ósea se utiliza frecuentemente en patología endocrinológica, de la nutrición y del crecimiento, no solo para diagnóstico sino a efectos de valorar la respuesta al tratamiento, además de servir de base para los modernos métodos de predicción de talla adulta. Aunque habíamos comentado ampliamente los métodos de Greulich y Tanner en otras publicaciones⁽⁸⁾, faltaba a nuestro entender efectuar un breve repaso histórico de otros métodos distintos a la región de la mano que, aunque me-

nos utilizados, no son por ello menos importantes.

El interés por la maduración ósea se remonta desde finales del siglo pasado, en la era prerroentgeniana, cuando Sappey en 1874⁽¹²⁾ Hartman en 1877⁽¹³⁾ y Cruvelhier en 1983⁽¹⁴⁾ investigan sobre el cadáver por procedimientos de cortes seriados transversales, estudiando los núcleos de osificación. Desde el advenimiento de la era roentgeniana en 1895, las investigaciones se llevan a cabo valiéndose de la radiografía. Así, Pryor en 1907⁽¹⁵⁾ y 1923⁽¹⁶⁾ propuso tres postulados que, investigaciones posteriores, no lo desmentirían: la consecuencia de la aparición de los núcleos es un carácter hereditario, el ritmo de aparición de los centros de osificación es más rápido en el sexo femenino, y la osificación es simétrica bilateralmente. Al mismo tiempo, anatomistas y radiólogos, coincidieron en que el número de puntos de osificación, que aparecen paulatinamente en las radiografías, pueden ser un índice de desarrollo biológico.

El gran paso en el estudio de la osteogénesis lo realiza Tood en 1937⁽¹⁷⁾ cuando emprende la descripción de cada uno de los núcleos de la mano y de la muñeca desde su aparición hasta su estado adulto. Emplea para ello una serie de radiografías de niños sanos de Cleveland (EE.UU.). Observa este autor que existen unas imágenes radiográficas que aparecen siempre en la evolución de un mismo núcleo. Son imágenes universales para aquel núcleo que Tood describe, dibuja y estandariza, llamándolas determinadores de madurez, y que Greulich y Pyle y sus discípulos, llaman indicadores de madurez y las señalan en su atlas en 1959⁽¹⁸⁾.

Tanner y cols., en 1959, publican una variante de la gran aportación del Atlas de Cleveland, de la mano y de la muñeca⁽¹⁹⁾. Así mismo, en 1991, Hernández M y cols., publican una variante del Atlas, basado en una radiografía lateral de pie y tobillo izquierdos⁽²⁰⁾. La última de las revisiones del método de Tanner, fue realizada en el año 2001, utilizando una muestra de origen norteamericano para estandarizar el sistema RUS y carpal y fue denominada TW3⁽²¹⁾.

Aunque como hemos visto la mano ha sido preferentemente la región más frecuentemente elegida por los auto-

Tabla III. Ecuaciones de predicción de talla adulta a partir de dos variables: ICMF, y talla de los niños, por grupos de edad. Varones

G	Índices	Nº	a	b1	b2	P
4	ICMF	68	28,21	-0,46	1,43	P<0,001
5	ICMF	69	39,34	-0,14	1,24	P<0,001
6	ICMF	72	36,68	-0,63	1,22	P<0,001
7	ICMF	71	42,8	-0,49	1,11	P<0,001
8	ICMF	66	39,08	-0,4	1,09	P<0,001
9	ICMF	70	39,04	-0,76	1,08	P<0,001
10	ICMF	72	42,79	-1,24	1,05	P<0,001
11	ICMF	72	50,37	-1,48	1	P<0,001
12	ICMF	71	63,54	-1,73	0,91	P<0,001
13	ICMF	72	77,28	-2,47	0,86	P<0,001
14	ICMF	72	79,66	-2,61	0,84	P<0,001
15	ICMF	72	64,21	-2,6	0,92	P<0,001
16	ICMF	66	48,86	-0,57	0,79	P<0,001
17	ICMF	63	14,21	-0,7	0,99	P<0,001
18	ICMF	57	29,91	1,87	0,64	P<0,001
19	ICMF	18	3,43	-0,12	0,99	P<0,001
20	ICMF	9	0	0	1	P<0,001

Correlaciones múltiples por grupos de edades:

$$y = a + b1.x1 + b2.x2$$

y = talla adulta

G = grupos de edad

x1 = índices

x2 = talla a la edad en cm

Nº = número de individuos

p = significatividad

Coefficientes de regresión: b1, b2

Ordenada en el origen: a

Tabla IV. Ecuaciones de predicción de talla adulta a partir de dos variables: ICMF, y talla de los niños, por grupos de edad. Mujeres

G	Índices	Nº	a	b1	b2	P
4	ICMF	79	34,49	-0,97	1,29	P<0,001
5	ICMF	81	43,48	-1,13	1,15	P<0,001
6	ICMF	80	141,24	1,28	0,09	P<0,001
7	ICMF	85	27,73	-2,13	1,26	P<0,001
8	ICMF	85	79,31	-0,33	0,67	P<0,001
9	ICMF	85	31,88	-2,28	1,17	P<0,001
10	ICMF	81	81,05	-1,7	0,74	P<0,001
11	ICMF	79	71,15	-2,27	0,84	P<0,001
12	ICMF	87	71,68	-1,37	0,73	P<0,001
13	ICMF	82	28,66	-0,77	0,93	P<0,001
14	ICMF	87	-4,19	-0,33	1,07	P<0,001
15	ICMF	85	-4,81	0	1,03	P<0,001
16	ICMF	79	-0,06	-0,11	1,01	P<0,001
17	ICMF	74	-1,07	-0,07	1,01	P<0,001
18	ICMF	64	1,61	-0,01	0,99	P<0,001
19	ICMF	17	1,48	0,06	0,98	P<0,001
20	ICMF	5	0	0	1	P<0,001

Correlaciones múltiples por grupos de edades:

$$y = a + b1.x1 + b2.x2$$

y = talla adulta

G = grupos de edad

x1 = índices

x2 = talla a la edad en cm

Nº = número de individuos

p = significatividad

Coefficientes de regresión: b1, b2

Ordenada en el origen: a

res para el estudio de la osificación, no ha sido, sin embargo, universalmente aceptada. Así, en 1943, Sontag y Lipford, proponen otras zonas del esqueleto que no sean la mano y la muñeca⁽²²⁾, Pyle y Hoerr en 1955 para la rodilla⁽²³⁾. Sempé en 1979, valora más de 3.000 codos y elabora curvas de distribución de valores, demostrando que los fenómenos puberales, se correlacionan muy directamente con la maduración ósea a nivel de esta región anatómica, posibilitando prever cuando la pubertad va a tener lugar⁽²⁴⁾.

El método de las vértebras cervicales, método CVMS (maduración de los estadios cervicales vertebrales) en la radiografía lateral cefalométrica para la evaluación de la edad ósea, es en la ac-

tualidad utilizado como herramienta para evaluar la maduración del paciente en crecimiento⁽²⁵⁾.

En 1977, Ebrí Torné publica el llamado índice tarsiano (IT), método numérico para el cálculo de la edad ósea, en niños desde el nacimiento hasta los 16 años, siendo objeto de su tesis doctoral. Este índice, incrementándose a lo largo de la evolución del niño, se correlaciona significativamente con la edad cronológica, obteniéndose estándares de población transversal española⁽²⁶⁾. Este mismo autor, en el X Congreso de la Sociedad Anatómica Española defiende su propuesta de que: "Es útil para el pediatra, crear un atlas del pie en el primer año de vida"⁽²⁷⁾, al encontrar en niños hasta el primer año de vida los

huesos: calcáneo, astrágalo, cuboides y la tercera cuña, En un estudio numérico de osificación realizado en la misma región, Ebrí Torné encuentra también diferencias entre el lado derecho e izquierdo en un 3,3%, aunque para una mayor uniformidad del estudio, valora estadísticamente el tarso derecho⁽²⁸⁾.

En 1979, en un estudio de secuencias nucleares desarrolladas en el tarso de niños de ambos sexos, evidencia como hasta los siete años las secuencias típicas nucleares son comparables tanto en varones como en niñas, para luego no serlo, coincidiendo con el dinamismo específico que adquiere cada núcleo. Este dinamismo está al servicio de la necesidad biológica que se requiere para cumplir mejor las necesidades arquitect-

Tabla V. Ecuaciones de predicción de talla adulta a partir de tres variables: ICMF, talla de los niños y talla media paterna por grupos de edad. Varones

G	Índices	Nº	a	b1	b2	b3	P
4	ICMF	68	0	-0,44	1,16	0,34	P<0,001
5	ICMF	69	6,15	-0,27	1,01	0,35	P<0,001
6	ICMF	72	1,1	-0,66	1,01	0,36	P<0,001
7	ICMF	71	0,36	-0,64	0,91	0,41	P<0,001
8	ICMF	66	6,67	-0,65	0,93	0,33	P<0,001
9	ICMF	70	11,78	-0,96	0,95	0,28	P<0,001
10	ICMF	72	11,44	-1,42	0,92	0,31	P<0,001
11	ICMF	72	8,16	-1,71	0,86	0,39	P<0,001
12	ICMF	71	13,72	-1,82	0,75	0,45	P<0,001
13	ICMF	72	17,43	-2,3	0,7	0,5	P<0,001
14	ICMF	72	26,57	-2,12	0,66	0,45	P<0,001
15	ICMF	72	23,16	-2,21	0,76	0,37	P<0,001
16	ICMF	66	10,96	-0,59	0,63	0,39	P<0,001
17	ICMF	63	3,71	-0,69	0,94	0,11	P<0,001
18	ICMF	57	15,67	1,73	0,57	0,17	P<0,001
19	ICMF	18	4,87	-0,12	1	-0,02	P<0,001
20	ICMF	9	0	0	1	0	P<0,001

Correlaciones múltiples por grupos de edades:

$$y = a + b1.x1 + b2.x2 + b3.x3$$

G = grupos de edad

y = talla adulta

x1 = índices

x2 = talla a la edad en cm

X3 = talla media paterna en cm

Nº = número de individuos

p = significatividad

Coefficientes de regresión: b1, b2, b3

Ordenada en el origen: a

Tabla VI. Ecuaciones de predicción de talla adulta a partir de tres variables: ICMF, talla de los niños y talla media paterna por grupos de edad. Mujeres

G	Índices	Nº	a	b1	b2	b3	P
4	ICMF	79	5,07	-0,93	1,17	0,25	P<0,001
5	ICMF	81	8,12	-1,1	1,04	0,28	P<0,001
6	ICMF	80	60,2	1,01	0,07	0,52	P<0,001
7	ICMF	85	7,07	-1,9	1,15	0,19	P<0,001
8	ICMF	85	44,91	-0,25	0,56	0,13	P<0,001
9	ICMF	85	13,32	-2,15	1,09	0,17	P<0,001
10	ICMF	81	44,67	-1,56	0,63	0,3	P<0,001
11	ICMF	79	31,38	-2,06	0,73	0,32	P<0,001
12	ICMF	87	32,62	-1,19	0,62	0,32	P<0,001
13	ICMF	82	7,5	-0,79	0,85	0,2	P<0,001
14	ICMF	87	-6	-0,32	1,06	0,1	P<0,001
15	ICMF	85	-2,1	0	1,05	-0,02	P<0,001
16	ICMF	79	1,82	-0,11	1,02	-0,01	P<0,001
17	ICMF	74	2,3	-0,08	1,03	-0,03	P<0,001
18	ICMF	64	2,75	-0,01	0,99	0	P<0,001
19	ICMF	17	2,15	0,04	0,98	0	P<0,001
20	ICMF	5	0	0	1	0	P<0,001

Correlaciones múltiples por grupos de edades:

$$y = a + b1.x1 + b2.x2 + b3.x3$$

G = grupos de edad

y = talla adulta

x1 = índices

x2 = talla a la edad en cm

X3 = talla media paterna en cm

Nº = número de individuos

p = significatividad

Coefficientes de regresión: b1, b2, b3

Ordenada en el origen: a

turales de sostén del individuo⁽²⁹⁾. En el mismo año, este autor presenta el denominado IVO tarsiano, método numérico para calcular de forma numérica la edad ósea, que desarrolla a partir de un estudio transversal español de 540 niños⁽³⁰⁾. En 1990 este método es publicado en lengua inglesa⁽³¹⁾. En dicho año realiza un estudio longitudinal radiográfico a lo largo de año y medio en la Maternidad Provincial de Zaragoza en niños desde el nacimiento hasta los cuatro años. Compara las secuencias nucleares de niños normales con la de niños raquícticos, así mismo, con la de prematuros y gemelos. Evidencia como los niños raquícticos presentan una cronología nuclear más adelantada, mientras que los prematuros

y gemelos la tienen más retrasada que el resto de los niños⁽³²⁾. En 1988 publica un atlas de mano y pie de radiografías seleccionadas de una población española de 5225 niños en mano y 540 en pie⁽³³⁾. En 1989 describe en tablas y gráficas la cronología de los puntos de osificación del carpo, y los máximos diámetros de los núcleos de osificación carpianos. Encuentra durante el primer año de vida, los huesos grande, ganchoso, epífisis radial y en algunos niños, el piramidal⁽³⁴⁾.

Todos estos estudios muestran discrepancias entre las edades óseas estimadas en las poblaciones estudiadas respecto a los grupos poblacionales donde se aplicó por vez primera cada método en cuestión. Estas diferencias entre los

valores de madurez ósea confirman la influencia de un factor genético, racial y ambiental en el desarrollo de un individuo, de ahí la conveniencia de que en cada población se creen sus propios estándares. Nuestra metodología puede injertarse directamente en grupos poblacionales, afín de realizar estudios comparativos y crear estándares propios sin utilizar como referencia los estándares foráneos.

Hace años, los métodos para predecir la talla de los niños, se basaban en métodos que no tenían en cuenta la edad ósea. Actualmente los métodos más utilizados son los que se basan en ella. La primera aplicación clínica de la edad ósea en la predicción de la talla fue

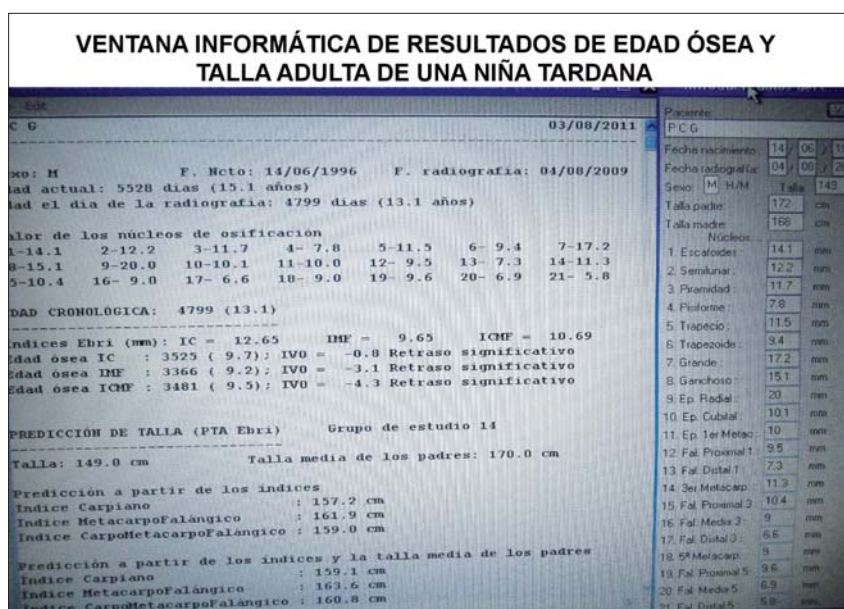


Figura 4. Ejemplo de ventana informática donde se informa del diagnóstico de la edad ósea y predicción de la talla adulta de una niña tardana. Diagnóstico realizado por los tres índices: IC, IMF e ICMF.

realizada por Gill y Abbot en 1942, para pronosticar el alargamiento del fémur y tibia⁽³⁵⁾. Sobradillo en 1979 postulaba que para considerar un método de predicción bueno, éste debía de tener una precisión razonable en un amplio rango de edades, además el error de predicción fuera pequeño, y que resultase válido no solamente para los casos de crecimiento normal, sino también en diferentes patologías⁽³⁶⁾.

De los métodos de predicción de talla adulta el más utilizados es el de Bayley y Pinneau, que se basa en el atlas de Greulich y Pyle⁽³⁷⁾. Tanner y cols. describen también, en 1975, un método basado en diferentes ecuaciones de regresión, calculando la talla adulta en función de la talla actual, edad cronológica, edad ósea, según el método cuantitativo de TW2-Rus y unas constantes⁽⁶⁾. Posteriormente, añade la talla media de los padres. La última versión de Tanner para predicción de talla es el método cuantitativo TW3. En 1975, Roche-Wainer y Thissen, describen un método utilizando los coeficientes de correlación entre la talla adulta y los siguientes parámetros: longitud (en lugar de la talla de pie), peso, edad ósea según el Atlas de Greulich y Pyle para la mano y la muñeca y la talla de los padres⁽³⁸⁾.

Ferrández Longás y cols., 1975, comentan que el método de Bayley y Pinneau es el método con menor error en los casos de endocrinopatía; mientras que, los tres métodos son de valor similar y válidos en los casos normales. El mismo autor y cols., en 2005, publican un método para predecir la talla adulta de los niños que componen la serie longitudinal aragonesa "Centro Andrea Prader" (CAP) basado en ecuaciones multiregresión, y a expensas de las edades óseas de Greulich-Pyle y TW2⁽⁹⁾. Nosotros las hemos aplicado a esta población aragonesa a partir de los índices óseos: IMF e ICMF. En diversos trabajos sobre serie longitudinal suiza, Ebrí Torné llega a la conclusión de que es mejor utilizar las ecuaciones propias elaboradas en cada país a través de sus propias variables biológicas somatométricas⁽³⁹⁾.

Conclusiones

La utilización por el pediatra extrahospitalario de las ecuaciones actuales que ofrecemos, descifrará en un futuro las ventajas selectivas de este índice, sin necesidad de utilizar otros métodos foráneos, no solo en el niño normal sino con diferentes patologías y, además, demostrará su valor para el seguimiento de la talla de estos niños después de haberles sido aplicado el

respectivo tratamiento hormonal sustitutivo o corrector en las diferentes patologías endocrinológicas. Los cálculos pueden ser obtenidos fácilmente con una calculadora, o bien, aplicando un programa informático de fácil resolución que se enviará gratuitamente por vía electrónica al lector interesado. Con la metodología base que ofrecemos, el pediatra podrá también abrir líneas de investigación aplicándola a otras casuísticas a fin de crear nuevos estándares de distintos grupos poblaciones.

Bibliografía

Los asteriscos reflejan el interés del artículo a juicio del autor.

- 1.*** Ebrí Torné B. Maduración ósea sobre carpo y tarso. Estudio clínico radiológico infantil de 5.225 niños. Zaragoza: Editorial Heraldo de Aragón; 1988.
- 2.*** Ebrí Torné B. Nouvelle Indice de Valorisation de L'ossification du Carpe (IVOC) Étude sur 5225 Enfants Espagnols. Pédiatrie. 1993; 48: 813-7.
- 3.*** Ebrí Torné B. Maduración ósea en niños aragoneses. En: Bueno Sánchez M, ed. Crecimiento y desarrollo humanos y sus trastornos. Madrid: Ergon; 1993. p. 60-1.
- 4.** Ebrí Torné B. IVO Carpal de Niño Suizo (Estudio Longitudinal de Zurich). Acta Pediatr Esp. 1993; 51(10): 651-4.
- 5.** Ebrí Torné B. Índice de valoración ósea metacarpoFalángico. Estudio longitudinal suizo. Estudio comparado con Tanner II Rus. Acta Pediatr Esp. 1996; 54(2): 94-102.
- 6.** Tanner JM, Whitehouse RM, Marshall WA, Healy MJ, Goldstein H. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW II method). Londres: Academic Press; 1975.
- 7.** Ebrí Torné B. Nuevas Ecuaciones para el cálculo de la edad ósea en el carpo por el método Ebrí carpiano, en niños recién nacidos hasta los dos y cuatro años. Acta Pediatr Esp. 1994; 52(2): 79-82.
- 8.*** Ebrí Torné B, Ebrí Verde I. Índices numéricos Ebrí-metacarpoFalángico y carpiano para el cálculo de la edad ósea y predicción de talla adulta. An Pediatr (Barc). 2012; 76(4): 199-213.
- 9.*** Ferrández Longás A. Estudio longitudinal de niños españoles normales desde nacimiento hasta la edad adulta. Datos antropométricos, puberales, radiológicos e intelectuales. Zaragoza: Fundación Andrea Prader; 2005.
- 10.* Ebrí Torné B. Estudio Comparativo sobre el Atlas Americano de Greulich y Pyle de población Suiza y Española, a través de los métodos de cálculo de la Edad Ósea de Greulich y Pyle y Ebrí carpiano. Anales

- del Hospital Miguel Servet 1992, 4: 83-90.
- 11.** Ebrí Torné B. Estudio estadístico y descriptivo en niño suizo de la edad ósea en el carpo por los métodos de Tanner y Ebrí. *Rev Esp Quir Mano*. 1994; 21(47): 67-75.
- 12.* Sappey PH. *Tratado de Anatomía Descriptiva*. Madrid; 1874.
- 13.* Hartman MJ. *Manual de anatomía descriptiva*. Barcelona; 1883.
- 14.* Cruvelhier J. *Traité d'Anatomie Descriptive*. París; 1887.
- 15.* Pryor JW. The hereditary nature of variation in the ossification of bones. *Anat Rec*. 1907; 1: 84.
- 16.* Pryor SW. The cronology and order of ossification of the bones of the human carpus. *Bull Univ Kentucky*; 1909.
- 17.** Tood TW. *Atlas of skeletal maturation. Part I. the hand*. S. Luis: CV Mosby; 1937.
- 18.*** Greulich W, Pyle SJ. *Radiographic atlas of skeletal development of the hand wrist*, 2ª ed. California: Stanford University Press; 1959.
- 19.*** Tanner J, Whitehouse R. *Standards for skeletal maturation*. París: International Children's Center; 1959.
- 20.** 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.
- 21.** Tanner J, Whitehouse R, Cameron N, Marshall W, Healy M, Goldstein H. *Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3 method)*. 3a ed. London: W.B. Saunders; 2001.
- 22.* Sontag LW, and Lipford J. The effect illness and other factors on appearance pattern of skeletal epiphyses. *J Pediatr*. 1943; 23: 391.
- 23.* Pyle SI, Hoerr NL. *Radiographic atlas of skeletal development of the knee*. Springfield, I, 11, Charles C. Thomas; 1955.
- 24.* Sempe M, Capron JP. *Chronos: Analyse de la maturation squelettique par une methode numérique automatisée*. *Pediatric*. 1979; 34: 834.
- 25.* Baccetti T, Franchi I, McNamara JA JR. The cervical vertebral maturation method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopaedics. *Semin Orthod*. 2005; 11: 119-29.
- 26.** Ebrí Torné B. Contribución al estudio de la osificación del Tarso. Estudio de la edad ósea desde el nacimiento hasta los 16 años, siguiendo metodología numérica, basada en un índice obtenido en el tarso, denominado Índice Tarsiano". *Revista del Seminario de la Cátedra de Patología Médica A de Barcelona. Arch Esp Med Intern*. 1977; 10: 721-4.
- 27.* Ebrí Torné B. Estudio numérico y radiológico de los huesos del tarso, en una población humana desde la época fetal hasta la pubertad. *Actas del X Congreso de la SAE. Zaragoza*; 1978. p. 175-81.
- 28.* Ebrí Torné B, Asiron Iribarren P, Nieto Amada JL, Pellejero Altuna S, Gómez Beltrán JM, Jiménez González L. Aspecto cronológico y morfológico de los puntos de osificación del tarso. Estudio porcentual de los huesos accesorios. *Archivos de la Facultad de Medicina de Zaragoza*. 1978; 26(1-3): 47-56.
- 29.* Ebrí Torné B. Estudio estadístico y ritmo de osificación de los huesos tarsianos en el niño. *RIMT*. 1979; 6: 128-38.
- 30.*** Ebrí Torné B, Altarrriba Farrán J. Presentación de un nuevo método biométrico (I. V. O) para la valoración de la edad ósea en niños. *Medizinische Klink*. 1979; 214: 50-6.
- 31.*** Ebrí Torné B. Biometric method adaptation al Basic. *Acta Pediatr Scand*. 1990; 79: 1242-3.
- 32.* Ebrí Torné B. Maduración ósea. Análisis secuencial cronológico y diferencial de los núcleos de osificación del Tarso, procedente de la población de la Maternidad Provincial de Zaragoza. *Munchener Medizinische Wochenschrift*. 1979; 3: 129-39.
- 33.** Ebrí Torné B. *Atlas radiográfico de carpo y tarso*. Zaragoza: Editorial Heraldo de Aragón; 1988.
- 34.* Ebrí Torné B. Aportación en tablas numéricas y gráficas de los máximos diámetros de los núcleos de osificación del carpo. Estudio de población española de 5.225 niños. *Rev Esp Quir Mano*. 1989; 38(16): 55-62.
- 35.* Gill GG, Abbott LC. Practical method of predicting the growth of femur and tibia in the child. *Arch Surg Chicago*. 1942; 45: 286.
- 36.*** Sobradillo B. Predicción de la talla adulta. *Monografía sobre Nutrición, crecimiento y desarrollo*. Instituto de Investigación sobre Crecimiento y Desarrollo. Bilbao: Fundación Faustino Orbeagozo; 1979. p. 55-63.
- 37.** Bayley N. Tables for predicting adult height from skeletal age and present height. *J Pediatr*. 1946; 28: 49.
- 38.* Roche AF, Wainer H, Thissen D. The RET method for the prediction of adult stature. *Pediatrics*. 1975; 56(6): 1033.
- 39.** Ebrí Torné B. Predicción de talla adulta en niño suizo a través de la metódica predictiva Ebrí incorporada a las edades óseas. *Acta Pediatr Esp*. 1997; 55(7): 330-3.

Bibliografía recomendada

– Ebrí Torné B. Maduración ósea sobre carpo y tarso. Estudio clínico radiológico infantil de 5.225 niños. Zaragoza: Editorial Heraldo de Aragón; 1988.

Libro monográfico sobre maduración ósea que aborda de forma completa el proceso madurativo del ser humano, tanto en sus aspectos fisiológicos-anatómicos como en las diferentes patologías que lo alteran. Se presenta el primer gran estudio transversal que se realizó en nuestro país por el autor, a partir del índice carpiano y tarsiano. Se detallan las bases matemáticas generales de la obtención del IVO, que puede aplicarse luego a cada índice.

– Bueno Sánchez M. Crecimiento y desarrollo humanos y sus trastornos. Madrid: Ergon; 1993.

Excelente estudio monográfico sobre el crecimiento humano y sus trastornos, incluida la maduración ósea.

– Ferrández Longás A. Estudio longitudinal de niños españoles normales desde nacimiento hasta la edad adulta. Datos antropométricos, puberales, radiológicos e intelectuales. Zaragoza: Fundación Andrea Prader; 2005.

Excelente atlas que aporta de forma muy completa datos somatométricos e intelectuales de los niños de la casuística: Andrea Prader.

– Ebrí Torné B, Ebrí Verde I. Índices numéricos Ebrí-metacarpofalángico y carpiano para el cálculo de la edad ósea y predicción de talla adulta. *An Pediatr (Barc)*. 2012; 76(4): 199-213.

Artículo que ofrece las ecuaciones para el cálculo de la edad ósea y predicción de talla adulta, a través del índice carpiano y metacarpofalángico. Estos índices, junto con el que presentamos en el trabajo actual, constituyen una tríada conjunta, siendo recomendable que el práctico utilice indistintamente a efectos de aumentar el valor de la metódica predictiva Ebrí.