

Crecimiento longitudinal posnatal del primer metatarsiano

JULIO J. MASQUIJO, VICTORIA ALLENDE, LUIS M. HERRERA Y ARMANDO TORRES GÓMEZ

Departamento de Ortopedia y Traumatología Infantil, Sanatorio Allende, Córdoba

RESUMEN

Introducción: Si bien el crecimiento prenatal y posnatal del pie ha sido documentado hace varios años, el crecimiento longitudinal del primer metatarsiano en particular no ha sido estudiado previamente. El objetivo del estudio es determinar el patrón de crecimiento longitudinal posnatal de este hueso y compararlo con el del pie y los huesos largos del miembro inferior.

Materiales y Métodos: Mediante una búsqueda informatizada, se identificaron pacientes <18 años de edad con radiografías informadas como "normal" por el radiólogo. Se analizó una muestra de 886 pacientes divididos en 18 grupos según la edad (0-11 meses, 1 año, 2 años, etc.) y el sexo. El análisis de las imágenes se realizó con un *software* de imágenes Kodak Carestream PACS.

Resultados: El largo promedio en el primer grupo fue de 19,91 mm (3,20; 15,22-25,62). El largo promedio en el último grupo fue de 66,13 mm (5,33; 52,50-77,18). La tasa de crecimiento anual fue de 2,71 mm. La edad promedio al momento del cierre de la fisis fue de 14,85 años ($\pm 1,64$) para los varones y 14,77 años ($\pm 3,63$) para las niñas.

Conclusión: El crecimiento del primer metatarsiano acompaña el crecimiento longitudinal del pie, pero no el de los huesos largos del miembro inferior. Las curvas de crecimiento del primer metatarsiano descritas en este artículo pueden ser aplicadas en patologías que afectan el desarrollo del pie o que requieren cirugía de corrección sobre el primer metatarsiano, o se las puede emplear como estándar de referencia en futuros estudios.

PALABRAS CLAVE: Pie pediátrico. Patrón de crecimiento. Metatarsiano.

Nivel de Evidencia: III

LONGITUDINAL POSTNATAL GROWTH OF THE FIRST METATARSAL BONE

ABSTRACT

Background: While prenatal and postnatal growth of the foot has been documented several years ago, longitudinal growth of the first metatarsal has not been previously evaluated. The aim of the study is to determine the postnatal longitudinal growth pattern of this bone and compare it with the foot and lower limb long bones.

Methods: Through a computerized image search, we identified patients <18 years old with radiographs reported as "normal" by the radiologist. A sample of 886 patients was divided into 18 groups according to age (0-11 months, 1 year, 2 years, etc.) and sex. Analysis was performed using Kodak Carestream imaging software PACS.

Results: The average length in the first group was 19.91 mm (3.20, 15.22-25.62). The average length in the last group was 66.13 mm (5.33, 52.50-77.18). Annual growth rate was 2.71 mm. The average age at the time of physal closure was 14.85 years (± 1.64) for boys and 14.77 years (± 3.63) for girls.

Conclusion: Longitudinal growth of the first metatarsal mimics the growth of foot but not that of the long bones of the lower limb. Growth curves described in this article can be applied to conditions that affect foot development or require corrective surgery on the first metatarsal, as well as a standard reference in future studies.

KEY WORDS: Pediatric foot. Growth pattern. Metatarsal.

Level of Evidence: III

Recibido el 6-1-2014. Aceptado luego de la evaluación el 30-7-2014.

Correspondencia:

Dr. JULIO J. MASQUIJO

javimasquijo@yahoo.com.ar

Introducción

El primer metatarsiano es el hueso más corto y voluminoso de los cinco huesos metatarsianos. Posee una base proximal que articula con la primera cuña, un cuerpo y una cabeza distal que forma parte de la articulación metatarsofalángica.¹ Al igual que en los metacarpianos, los metatarsianos tienen epífisis y fisis en ambos extremos, pero solo desarrollan centros de osificación secundarios en sólo un extremo. La epífisis proximal del primer metatarsiano comienza a osificarse entre los 20 y 27 meses de vida,² mientras que la distal no suele desarrollar un centro de osificación secundario.³ El tiempo de osificación presenta una progresión gradual desde el primer metatarsiano hacia el quinto, más precoz en las niñas que en los niños, y con una amplia variabilidad.²

El primer metatarsiano, durante su desarrollo, puede verse comprometido por diversas patologías de origen infeccioso, traumático o congénito. Por lo tanto, la inhibición de su crecimiento a una edad particular podría afectar su longitud máxima proporcionalmente.⁴ Si bien el crecimiento prenatal y posnatal del pie ha sido documentado hace varios años,⁵⁻⁸ el crecimiento longitudinal del primer metatarsiano, en particular no se ha estudiado. En el tratamiento de diversas patologías, el conocimiento de las curvas de crecimiento de este hueso también permitiría establecer cuál es el momento más apropiado para realizar un procedimiento quirúrgico con una menor tasa de falla.

El objetivo del estudio es describir el patrón de crecimiento longitudinal posnatal del primer metatarsiano y compararlo con el del pie y los huesos largos del miembro inferior.

Materiales y Métodos

Diseño

Estudio analítico de una cohorte de sujetos.

Criterios de inclusión y exclusión

Mediante una búsqueda informatizada se identificaron pacientes <18 años de edad, con radiografías de frente de pie descritas como “normal” por el especialista en diagnóstico por imágenes. Se excluyeron aquellos pacientes con cirugía previa, malformaciones congénitas o alteraciones neuromusculares que pudieran afectar el desarrollo normal del pie.

Las radiografías digitales fueron realizadas en una misma institución, durante un período de 5 años (2007-2012), con un equipo Siemens AXIOM Iconos MD. Todos los estudios fueron tomados con el paciente en decúbito supino con la rodilla flexionada y el pie sobre la plataforma receptora de rayos a una distancia de 1 m, con 15° de angulación cefálica, un voltaje de 70 kV y 0,8 mA/seg.

Evaluación de las imágenes

La búsqueda y el análisis de las imágenes se llevaron a cabo con un *software* de imágenes Kodak Carestream Picture Archi-

ving and Communication System (PACS), versión 10.2. Con la función “regla”, se midió la longitud en milímetros del primer metatarsiano. Para la medición se tomó la distancia entre el punto medio de la base del metatarsiano (proximal) y el punto más distal de la cabeza del metatarsiano identificable en la radiografía (Fig. 1). La muestra se dividió en 18 grupos según la edad (de 0 a 11 meses, 1 año, 2 años, 3 años, etc.) y el sexo. Se evaluaron 50 pacientes por grupo (25 del sexo masculino y 25 del sexo femenino), salvo en el primer grupo, donde se incluyó a 36 pacientes (20 del sexo masculino y 16 del sexo femenino). Uno de los investigadores realizó la medición de todos los participantes para omitir la variabilidad interobservador. Se evaluó, además, la variabilidad interobservador e intraobservador. Para ello, tres observadores midieron 50 radiografías tomadas al azar y, posteriormente, un observador midió 50 radiografías en dos ocasiones diferentes, durante un período de 4 semanas.

Análisis estadístico

Las variables categóricas se describen como frecuencias absolutas y relativas. Las variables cuantitativas fueron sometidas a pruebas de normalidad para determinar el método de descripción y análisis. Los dimensionales se describen en términos de media (desviación estándar) o mediana (mínima-máxima). Se utilizó un modelo de ANOVA de efectos mixtos para calcular los coeficientes de correlación intraclass para acuerdo ICC2(A,1). Este procedimiento se aplicó a los tres observadores (variabi-



Figura 1. Medición del primer metatarsiano en milímetros con la herramienta “regla” del PACS.

alidad interobservador) y a la prueba-reprueba del observador 1 (variabilidad intraobservador). Los valores de la longitud del primer metatarsiano se agruparon por estratos correspondientes a cada grupo etario y se calculó la tasa de crecimiento. El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS V 16.0 (SPSS Inc., Chicago, IL). Las mediciones se expresan en milímetros e intervalos de confianza del 95%. Un valor p a dos colas para mediciones únicas de los ICC $<0,05$ se consideró como significativo.

Resultados

La evaluación de la variabilidad interobservador e intraobservador en un subgrupo de 50 pacientes demostró un nivel de acuerdo excelente. La variabilidad interobservador, ICC2(A,1) fue de 0,97 (IC95%: 0,93-0,99, $p <0,001$). Las mediciones de los tres observadores tuvieron una mediana y un rango intercuartil de 60 mm (13), 63 mm (13) y 62,5 mm (13), respectivamente. La variabilidad intraobservador, ICC2(A,1) fue de 0,96 (IC95%: 0,85-0,98, $p <0,001$). Las mediciones basal y reprueba del primer observador tuvieron una mediana y un rango intercuartil (en mm) de 62 (11) y 62,5 (13), respectivamente (Fig. 2).

El total de sujetos incluidos fue de 886, 445 del sexo masculino (50,2%) y 441 del femenino (49,8%). El largo promedio en el primer grupo fue de 19 mm y, en el último (17 años de edad), fue de 66,13 mm (Tabla). La tasa de crecimiento global anual fue de 2,71 mm (sexo masculino 2,82 mm y sexo femenino 2,61 mm). La edad promedio al momento del cierre de la fisis fue de 14,85 años ($\pm 1,64$) para los varones y de 14,77 años ($\pm 3,63$) para las niñas (Fig. 3).

Discusión

El desarrollo prenatal del pie se inicia durante la 5.^{ta} semana de gestación cuando los extremos distales de las extremidades inferiores se aplanan para dar origen a las placas del pie. Hacia el final de la 6.^{ta} semana, el tejido mesenquimatoso de las placas se condensa para formar los rayos digitales. Rápidamente aparecen hendiduras entre los rayos digitales, luego desaparece el tejido entre los surcos, dando origen a la separación de los dedos (8.^{va} semana). A medida que las extremidades inferiores aumentan en longitud, se crean los primordios mesenquimatosos de los huesos para dar lugar a la formación de los centros de osificación. La osteogénesis se inicia en la 7.^{ma} semana a partir de los centros primarios de osificación, y se encuentra avanzada hacia la 9.^{na} semana.⁵ Si bien el desarrollo posnatal del pie ha sido extensamente estudiado en el pasado⁶⁻⁸ e incluso puede ser calculado mediante el método multiplier,⁹ el desarrollo longitudinal posnatal del primer metatarsiano en particular no ha sido estudiado.

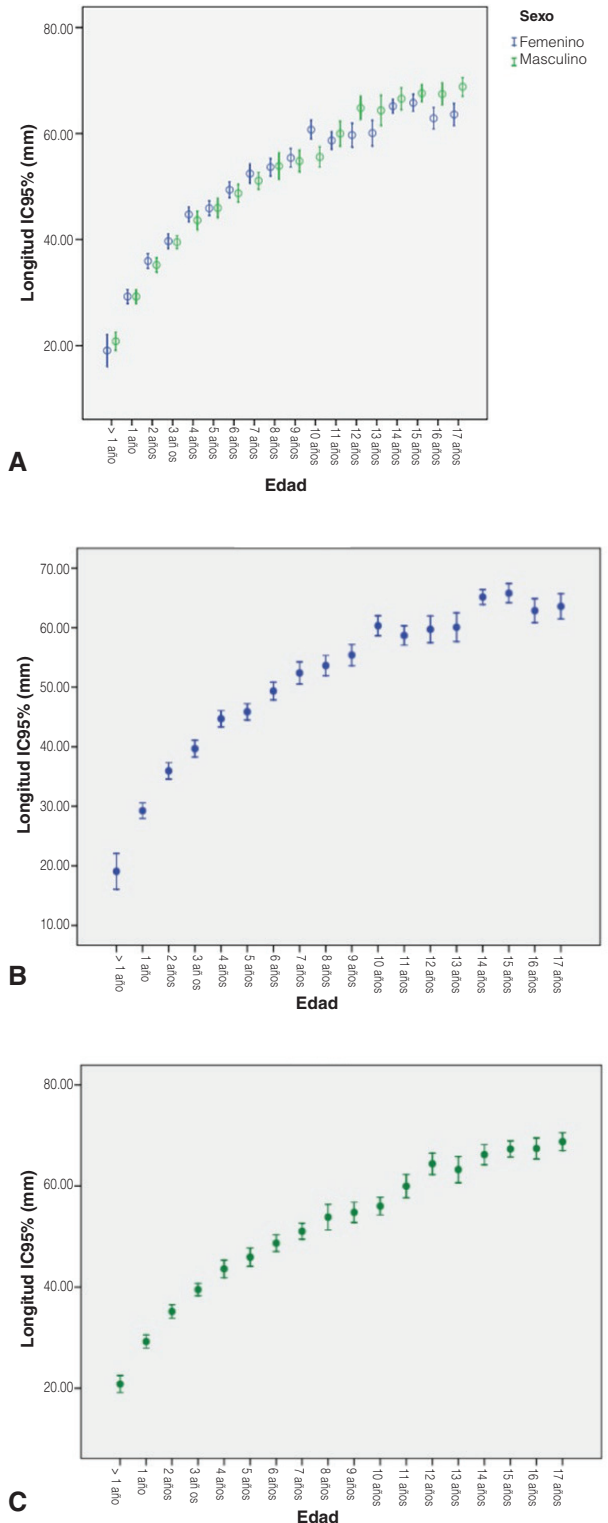


Figura 2. A. Diagrama de dispersión que ilustra las medidas globales del primer metatarsiano, según la edad. B. Medidas del primer metatarsiano para el sexo femenino. C. Medidas para el sexo masculino. Nótese que la curva tiene una pendiente pronunciada en los primeros años, luego, se hace progresivamente menos empinada hasta la adolescencia, hasta que alcanza la longitud final.

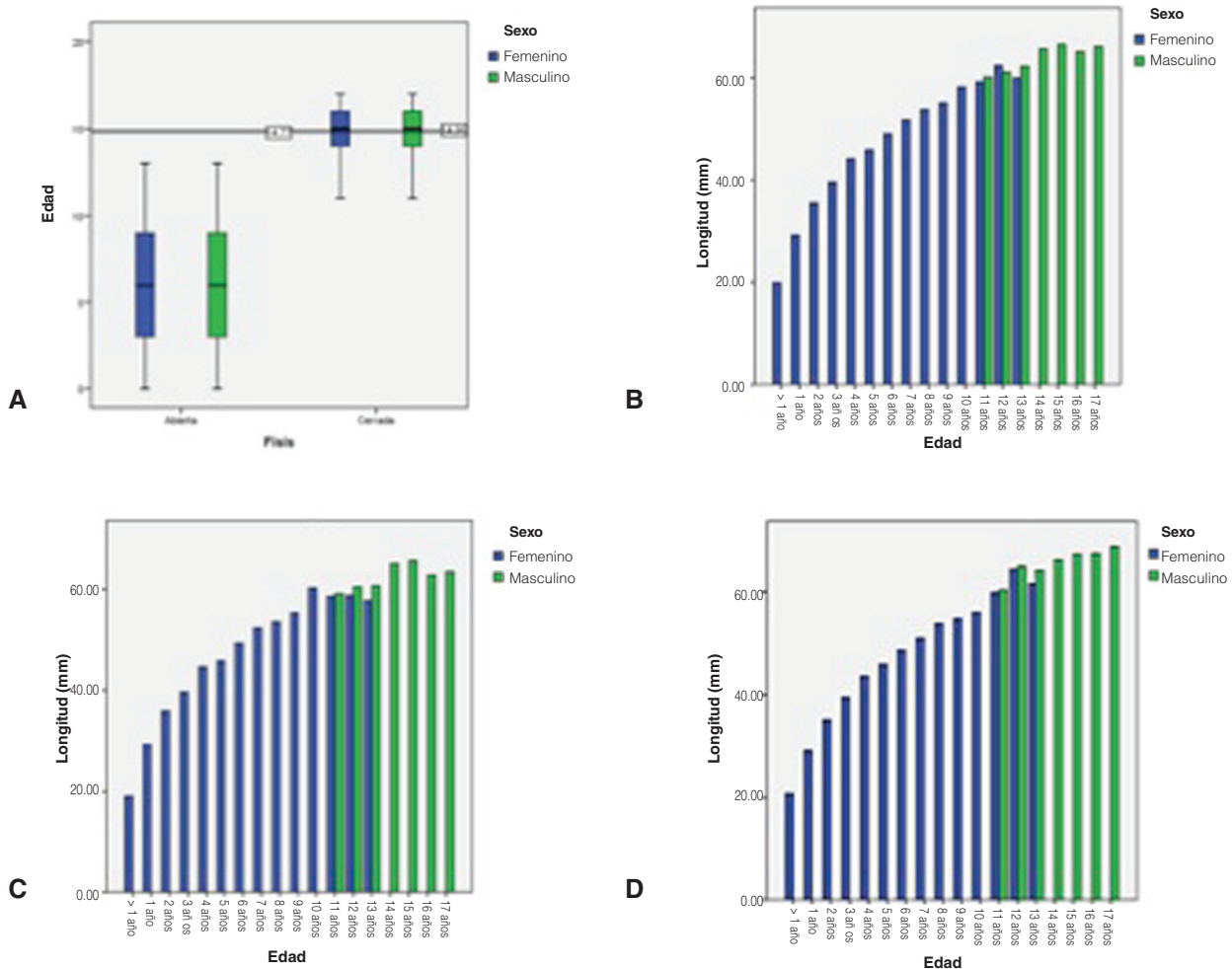


Figura 3. A. Diagrama de cajas que muestra el estado de la fisis (cerrada-abierta). B. Diagrama de barras compuestas global. C. En el sexo femenino. D. En el sexo masculino, donde se objetiva la distribución por edad y sexo de fisis abierta/cerrada. La media de la edad al momento del cierre de la fisis del primer metatarsiano para niñas y niños fue de 14.77 (± 3.63) y 14.85 (± 1.64), respectivamente.

do hasta la fecha. Realizamos un estudio radiográfico en un extenso grupo de pacientes con el objetivo de evaluar el crecimiento del primer metatarsiano y compararlo con el patrón de crecimiento del pie y de otros huesos largos. La predicción del patrón de crecimiento longitudinal es de interés particularmente cuando algunas patologías pudieran afectar el crecimiento y su longitud final. Del mismo modo, en algunas cirugías que involucran el primer metatarsiano (p. ej., hallux valgus juvenil), conocer su crecimiento residual es de vital importancia para la planificación.

La longitud media del primer metatarsiano es de 19 mm en el grupo de 0 a 1 año de vida. El primer metatarsiano crece rápidamente en ambos sexos hasta alcanzar la mitad de su longitud total a los 18 meses de edad. Algo similar ocurre con el pie globalmente que alcanza la mitad de la dimensión total a los 12 meses en el sexo femenino y a los 18 meses en el sexo masculino.⁶ Los huesos largos del

miembro inferior (fémur y tibia) no consiguen la mitad de su longitud total hasta los 3 años en las niñas y 4 años en los niños.⁷ El primer metatarsiano del hombre medio es 5,21 mm más largo que el de la mujer promedio. Estos hallazgos son consistentes con los del crecimiento del pie en el cual el pie de un hombre esqueléticamente maduro es 2,5 cm más largo que el de la mujer. Esto implica que si el primer metatarsiano tuviera una lesión que afectara completamente el cartílago de crecimiento y produjera su cierre a los 10 años en un niño, esto solo representaría la reducción de su longitud total al final del crecimiento en un 18% (12 mm). Al analizar las curvas de crecimiento en el sexo femenino, se observó cierta variabilidad en los valores a partir de los 10 años. Esto probablemente se deba a diferencias en el tamaño del pie o la velocidad de maduración física en este subgrupo y una muestra demasiado pequeña para absorber esas diferencias. Si bien, antes de desarrollar este trabajo, se realizó un cálculo de

Tabla. Medidas globales del primer metatarsiano. Valores expresados en media (\pm DE, mín.-máx.)

Edad	Global	Niñas	Niños
0	19,91 (3,20; 15,22-25,62)	19,08 (3,90; 15,22-25,62)	20,84 (2,05; 18,67-25,54)
1	29,26 (4,12; 18,90-39,88)	29,26 (4,10; 20,80-39,62)	29,25 (4,19; 18,90-39,88)
2	35,55 (3,24; 29,78-44,10)	35,94 (3,21; 31,37-44,10)	35,19 (3,28; 29,78-40,35)
3	39,61 (3,15; 32,64-46,43)	39,69 (3,41; 32,80-44,95)	39,52 (2,93; 32,64-46,43)
4	44,17 (3,81; 35,18-52,25)	44,71 (3,33; 35,18-49,47)	43,62 (4,23; 36,66-52,25)
5	45,91 (3,88; 37,07-57,50)	45,88 (3,33; 41,52-54,84)	45,95 (4,43; 37,07-57,50)
6	49,04 (3,75; 40,45-59,91)	49,37 (3,60; 42,07-59,91)	48,71 (3,94; 40,45-54,06)
7	51,73 (4,20; 45,38-64,42)	52,40 (4,52; 45,38-64,42)	51,05 (3,84; 45,65-60,13)
8	53,76 (5,06; 40,88-65,86)	53,65 (4,05; 46,64-62,67)	53,86 (5,99; 40,88-65,86)
9	55,11 (4,56; 43,76-61,81)	55,41 (4,30; 48,01-61,35)	54,80 (4,88; 43,76-61,81)
10	58,18 (4,57; 50,64-68,70)	60,32 (3,98; 52,19-68,70)	56,03 (4,15; 50,64-62,61)
11	59,33 (4,84; 49,10-71,47)	58,69 (3,94; 50,68-66,11)	59,98 (5,61; 49,10-71,47)
12	62,01 (5,59; 49,19-72,63)	59,72 (5,44; 49,19-68,08)	64,40 (5,00; 55,34-72,63)
13	61,60 (6,05; 47,88-73,36)	60,08 (5,83; 48,77-73,36)	63,25 (5,97; 47,88-71,78)
14	65,67 (3,97; 56,28-72,38)	65,15 (3,02; 58,77-70,66)	66,22 (4,76; 56,28-72,38)
15	66,54 (3,89; 54,40-72,56)	65,78 (3,90; 54,40-71,22)	67,32 (3,90; 57,42-72,56)
16	65,14 (5,41; 52,64-74,73)	62,86 (4,86; 52,64-70,82)	67,42 (5,04; 55,88-74,73)
17	66,13 (5,33; 52,50-77,18)	63,58 (5,11; 52,50-77,18)	68,79 (4,20; 59,89-74,65)

la muestra necesaria para obtener una muestra representativa y hemos observado que otros autores han utilizado un número equivalente de pacientes en estudios radiográficos similares al nuestro,¹⁰ estas diferencias pueden sesgar, en cierto modo, las curvas de crecimiento.

De acuerdo con las mediciones de este estudio, el crecimiento del primer metatarsiano acompaña el crecimiento del pie. Se podría pensar que esto es lógico, ya que es uno de los huesos de mayor longitud del pie y representa aproximadamente el 30% de la longitud ósea total del pie. Sin embargo, el calcáneo que es el hueso más largo del pie presenta un crecimiento diferencial. En una publicación reciente, Parikh y cols.,¹¹ comunicaron que este hueso no acompaña el crecimiento del pie, sino el de los huesos largos del miembro inferior.

Nuestro estudio tiene algunas limitaciones: las mediciones por radiografía sólo evalúan la porción osificada del metatarsiano. El estudio ideal debería realizar la medición con resonancia magnética o ecografía para evaluar la porción cartilaginosa, pero esto es inaplicable en un grupo de

tal magnitud. de Vasconcellos y cols.¹² evaluaron el crecimiento de los metatarsianos en el período fetal midiendo la porción osificada y la distancia total del metatarsiano. Estos autores observaron que la porción osificada crece a un ritmo mayor que la cefalocaudal (total), lo que supone que, en nuestro estudio, las medidas están subestimadas, pero la tasa de crecimiento está levemente sobrestimada en los grupos de menor edad. Otra desventaja de la evaluación radiográfica es que las modificaciones en la angulación del equipo podrían inducir pequeños errores en las mediciones. Sin embargo, estudios previos¹³ han demostrado que los errores de posicionamiento y el movimiento durante la radiografía causan cambios ínfimos en las mediciones, que no tendrían consecuencias en la práctica. Otras variables, como la fórmula del pie (egipcia, griega o romana), la forma de la articulación metatarsofalángica (oval, chevron o plana), la articulación cuneometatarsiana (recta, oval u oblicua) o el lado (derecho o izquierdo) no se tuvieron en cuenta, pero creemos que podrían afectar, en menor grado, las mediciones.

Conclusiones

Los conocimientos obtenidos a partir de este estudio pueden ser aplicados en patologías que afectan el desarro-

llo del pie o que requieran cirugía de corrección sobre el primer metatarsiano. Además, las curvas de crecimiento aquí descritas pueden ser utilizadas como estándar de referencia en futuros estudios.

Agradecimientos: Este trabajo se llevó a cabo gracias a la beca económica “Juan Cruz Derqui”, otorgada por la familia Derqui y la Sociedad Argentina de Ortopedia y Traumatología Infantil.

Bibliografía

1. **Standring S, Gray H.** *Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice*. 40th ed. New York, NY: Churchill-Livingstone; 2009.
2. **Roche AF.** The sites of elongation of human metacarpals and metatarsals. *Acta Anat* 1965;61:193-202.
3. **Pyle I, Sontag LW.** Variability in onset of ossification in epiphyses and short bones of the extremities. *Am J Roentgenol* 1943;49:795-8.
4. **Holden D, Siff S, Butler J, Cain T.** Shortening of the first metatarsal as a complication of metatarsal osteotomies. *J Bone Joint Surg Am* 1984;66(4):582-7.
5. **Gardner E, Gray DJ, O'Rahilly R.** The prenatal development of the skeleton and joints of the human foot. *J Bone Joint Surg Am* 1959;41:847-76.
6. **Anderson M, Blais MM, Green WT.** Lengths of the growing foot. *J Bone Joint Surg Am* 1956;38:998-1000.
7. **Anderson M, Green WT.** Lengths of the femur and the tibia; norms derived from orthoroentgenograms of children from 5 years of age until epiphysial closure. *Am J Dis Child* 1948;75:279-90.
8. **Anderson M, Blais M, Green WT.** Growth of the normal foot during childhood and adolescence; length of the foot and interrelations of foot, stature, and lower extremity as seen in serialrecords of children between 1-18 years of age. *Am J Phys Anthropol* 1956;14:287-308.
9. **Lamm BM, Paley D, Kurland DB, Matz AL, Herzenberg JE.** Multiplier method for predicting adult foot length. *J Pediatr Orthop* 2006;26(4):444-8.
10. **McGraw MA, Mehlman CT, Lindsell CJ, Kirby CL.** Postnatal growth of the clavicle: birth to eighteen years of age. *J Pediatr Orthop* 2009;29(8):937-43.
11. **Parikh SN, Weesner M, Welge J.** Postnatal growth of the calcaneus does not simulate growth of the foot. *J Pediatr Orthop* 2012;32(1):93-9.
12. **de Vasconcellos HA, Prates JC, Moraes LG, Rodrigues HC.** Growth of the human metatarsal bones in the fetal period (13-24 weeks postconception): a quantitative study. *Surg Radiol Ana.* 1992;14(4):315-8.
13. **Simons GWA.** Standardized method for the radiographic evaluation of clubfeet. *Clin Orthop Relat Res* 1978;135:107-18.