

## Artículo original

## Estudio radiológico sobre la osificación postnatal del primer metatarsiano

Pareja-Esteban JA,\* García-López M,\*\* Pizones-Arce FJ,\*\*\* Benito-Martín E,\*  
Fernández-Camacho FJ,\*\*\*\* Plasencia-Arriba MA\*\*\*\*\*

Hospital Universitario Príncipe de Asturias. Alcalá de Henares (Madrid)

**RESUMEN.** *Antecedentes:* Las descripciones clásicas sobre la osificación del primer metatarsiano evidencian la existencia de un único núcleo de osificación secundario proximal, remedando la osificación típica de una falange. Sin embargo, existen estudios que muestran la existencia de un segundo núcleo de osificación distal, discutiendo sobre su naturaleza: epífisis o pseudoepífisis. El objetivo del estudio es establecer la prevalencia de dicho núcleo distal, determinar su papel en el crecimiento del radio y su relación con diferentes variables cualitativas. *Material y métodos:* Realizamos un estudio retrospectivo incluyendo 971 imágenes dorsoplantares correspondientes a 225 pacientes. Analizamos la existencia de dicho núcleo, la edad de aparición y cierre, la relación con diferentes variables cualitativas y su contribución al crecimiento longitudinal del primer metatarsiano. *Resultados:* El núcleo de osificación distal aparece en 40% del global de las imágenes y en un 81.1% de los casos entre los cuatro y siete años. La edad media de aparición es de 3.07 años, mientras que el cierre fisario se produce a los 7.67 años de media. Encontramos de forma significativa una mayor frecuencia del mismo en niños, pacientes con

**ABSTRACT.** *Background:* Classical descriptions of the ossification of the first metatarsal bone show the existence of a single proximal secondary ossification nucleus, mimicking the typical ossification of a phalanx. However, there are studies that show the presence of a second distal ossification nucleus and discuss its nature: epiphysis or pseudoepiphysis. The objective of the study is to establish the prevalence of such distal nucleus, determine its role in the growth of the radius and its relation with different qualitative variables. *Material and methods:* We conducted a retrospective study that included 971 dorsoplantar images from 225 patients. We analyzed the presence of such nucleus, the age of appearance and closure, the relation with different qualitative variables and their contribution to the longitudinal growth of the first metatarsal bone. *Results:* The distal ossification nucleus appears in 40% of all images and in 81.1% of cases ages 4-7 years. Mean age of appearance is 3.07 years, while physeal closure occurs at a mean of 7.67 years. We found a significantly higher frequency of physeal closure in children, patients with Egyptian type foot, flat foot, and index-plus and Egyptian type foot combinations. The defini-

### Nivel de evidencia: III

\* Facultativo Especialista de Área COT. Hospital Universitario Príncipe de Asturias. Alcalá de Henares.

\*\* Médico Interno Residente de COT. Hospital Universitario Príncipe de Asturias. Alcalá de Henares.

\*\*\* Facultativo Especialista de Área COT. Hospital Universitario de Getafe. Getafe.

\*\*\*\* Catedrático de Anatomía humana y Biomecánica, área de Anatomía y Embriología humana, Facultad de Medicina, Universidad de Alcalá de Henares.

\*\*\*\*\* Facultativo especialista de área COT. Jefe de Servicio COT. Hospital Universitario Príncipe de Asturias. Alcalá de Henares. Profesor de la Facultad de Medicina de la Universidad de Alcalá de Henares.

Dirección para correspondencia:

Dr. José Antonio Pareja Esteban

Calle Julio Caro Baroja, Núm. 5, C-7, CP 28806, Alcalá de Henares (Madrid).

Teléfono: (0034) 608497506. Fax: (0034) 91887459

E-mail: joseapareja@yahoo.es

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medigraphic.com/actaortopedica>

pie tipo egipcio, pie plano y combinaciones index plus-pie egipcio. La longitud definitiva del primer metatarsiano es mayor en los pacientes con un núcleo de osificación distal. **Conclusiones:** Podemos aseverar la existencia del núcleo de osificación distal del primer metatarsiano que se comporta como cartílago de crecimiento fértil.

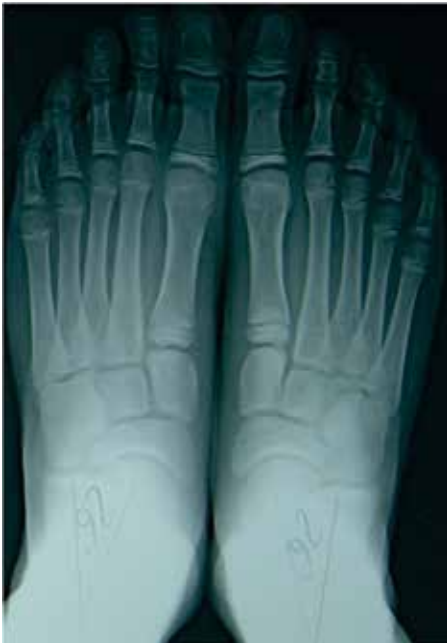
**Palabras clave:** osteogénesis, pie, crecimiento y desarrollo, metatarso.

...tive length of the first metatarsal bone is greater in patients with a distal ossification nucleus. **Conclusions:** We may state the presence of the distal ossification nucleus of the first metatarsal bone that behaves as a fertile growth cartilage.

**Key words:** osteogenesis, foot, growth and development, metatarsus.

## Introducción

El primer metatarsiano, de modo similar a cualquier hueso largo, tiene un patrón de osificación endocondral. Clásicamente se describe la existencia de un núcleo de osificación diafisario primario prenatal<sup>1</sup> y un núcleo de osificación secundario postnatal, cuyas edades de aparición y fusión varían de unos estudios a otros.<sup>2,3,4,5</sup> La osificación postnatal de este metatarsiano es peculiar, debido a la existencia de un núcleo de osificación secundario proximal y no distal como en el resto de los metatarsianos (*Figura 1*). Así, la osificación remeda más a la de una falange que a la de un metatarsiano, existiendo diferentes teorías que tratan de explicar este fenómeno.<sup>6</sup> Sin embargo, al revisar la literatura, encontramos estudios que describen la existencia de un segundo núcleo de osificación secundario (*Figura 2*), localizado distalmente.



**Figura 1.** Paciente de 7.7 años remitido a consultas COT por aplanamiento excesivo de la bóveda plantar. La imagen dorsoplantar en carga denota la presencia de un núcleo secundario de osificación proximal (Risser 2). Se observa un patrón de osificación diferente al resto de metatarsianos, similar a la osificación de una falange.

te.<sup>1,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16</sup> Este conjunto de estudios es heterogéneo respecto al modo de determinar la existencia y prevalencia del núcleo de osificación distal. Incluso, algunas revisiones que describen la existencia anatómica del mismo dudan sobre su verdadera naturaleza y función como auténtico núcleo de osificación, denominándolo como seudoepífisis.<sup>1,17,18,19</sup>

La existencia de dicho núcleo de osificación secundario no sólo es interesante como mera descripción anatómica. Vilaseca (1980)<sup>20</sup> relaciona la presencia de este núcleo con el desarrollo de una fórmula metatarsiana tipo *index plus* y por consiguiente, un mayor riesgo de *hallux rigidus*, osteonecrosis u osteocondritis disecante del primer metatarsiano. Sin embargo, estudios más recientes no encuentran asociación entre la longitud del primer metatarsiano y la aparición de un cuadro de *hallux rigidus*.<sup>21</sup>

La discrepancia entre las diferentes descripciones motiva la realización de este estudio, con el objetivo de determinar en una población infantil moderna la presencia o ausencia del núcleo de osificación distal del primer metatarsiano, su relación con el morfotipo del antepié y determinadas patologías, así como el papel que podría desempeñar en el crecimiento del primer radio.

## Material y métodos

Realizamos un estudio retrospectivo analizando 971 imágenes radiológicas dorsoplantares en carga correspondientes a una población infantil de 225 pacientes que acuden a nuestra consulta por diversos motivos.

Todas las imágenes corresponden a una población moderna formada por caucasoides mediterráneos gráciles, con la excepción racial de un nigeriano y un rumano.

Se llevó a cabo un doble estudio de nuestra muestra, analizando tanto el global de estudios radiológicos como el conjunto de pacientes. Al analizar el conjunto de pacientes —y siempre y cuando existiese disponibilidad de más de una imagen radiológica correspondiente al seguimiento longitudinal de un mismo paciente—, se tomó de forma aleatoria una de ellas, eliminando así el sesgo motivado por la repetición de estudios.

Se diseñó un protocolo de recogida de datos teniendo en cuenta la revisión bibliográfica del estado del arte pre-

vio, recogiéndose datos de edad, sexo, lateralidad, motivo de consulta, presencia o ausencia del núcleo de osificación, estado de la osificación del núcleo y morfología del antepié.

Posteriormente se llevó a cabo la revisión de su historia clínica. Desechamos todas aquellas imágenes en las que la calidad o la proyección radiológica no eran las idóneas, seleccionando únicamente las proyecciones dorsoplantares en carga. Realizamos una copia digital de las todas las imágenes y segmentamos nuestra muestra en cuatro grupos de edad: grupo I, entre 1.93 y 4 años; grupo II, entre 4 y 7 años; grupo III, entre 7 y 10 años y grupo IV entre 10 y 14 años.

La fórmula digital se obtuvo siguiendo el criterio más comúnmente aceptado,<sup>12,19,22,23,24</sup> clasificando los pies como pie griego, cuadrado o egipcio, dependiendo de la longitud relativa entre el primer y segundo dedo desde el punto de intersección de las articulaciones calcáneo-cuboidea y astrágalo-calcáneo-navicular a los puntos distales del primer y segundo dedo:

- Pie egipcio: Longitud relativa del *hallux* > longitud relativa del segundo dedo.

- Pie griego: Longitud relativa del *hallux* < longitud relativa del segundo dedo.
- Pie cuadrado: Longitud relativa del *hallux* = longitud relativa del segundo dedo.

Del mismo modo, de acuerdo con los criterios del Research Committee of the American Orthopedic Foot and Ankle Society Recommendation,<sup>25</sup> determinamos la fórmula metatarsiana en función de la longitud de los primeros metatarsianos, dando lugar a tres tipos de pie:

- *Index plus*: Protrusión distal del primer metatarsiano > protrusión distal del segundo metatarsiano.
- *Index minus*: Protrusión distal del primer metatarsiano < protrusión distal del segundo metatarsiano.
- *Index plus-minus*: Protrusión distal del primer metatarsiano = protrusión distal del segundo metatarsiano.

Para determinar el grado de osificación del núcleo distal, utilizamos una variante de la clasificación clásica de



**Figura 2.**

Varón de 4.72 años que consulta por pie plano. Se aprecia de manera bilateral la presencia de núcleos de osificación proximal y distal en estadio Risser 2.



**Figura 3.**

Adaptación de la escala de Risser para la determinación del grado de madurez con respecto a la osificación del primer metatarsiano. Estadio 1: núcleo de osificación rudimentario. Estadio 2: núcleo correctamente formado. Estadio 3: osificación parcial. Estadio 4: osificación completa.

Risser (1958)<sup>26</sup> (*Figura 3*) descrita para estudiar la maduración esquelética en casos de patología vertebral a partir del estudio de la cresta ilíaca, determinando: estadio 0: ausencia del núcleo de osificación; estadio 1: núcleo de osificación rudimentario; estadio 2: núcleo de osificación conformado; estadio 3: osificación parcial y estadio 4: osificación completa.

Para analizar las variables cuantitativas, al tratarse de un estudio retrospectivo, trabajamos con medidas relativas (índices) para eliminar los factores de confusión propios de mediciones absolutas como es la diferente distancia focal de los diferentes estudios radiológicos. Para establecer la participación del núcleo de osificación distal en el crecimiento longitudinal del primer metatarsiano utilizamos la razón entre la longitud del primer metatarsiano y la longitud definitiva del primer radio al término del crecimiento del mismo (Risser 4 del núcleo de la falange proximal) (*Figura 4*). Posteriormente, realizamos un análisis comparativo entre las medias de los índices de las subpoblaciones con uno o dos núcleos de osificación. Para minimizar el error propio del observador, cada una de las variables cuantitativas fue estimada tres veces en tres ocasiones diferentes, tomándose como valor numérico la media aritmética de las tres estimaciones.

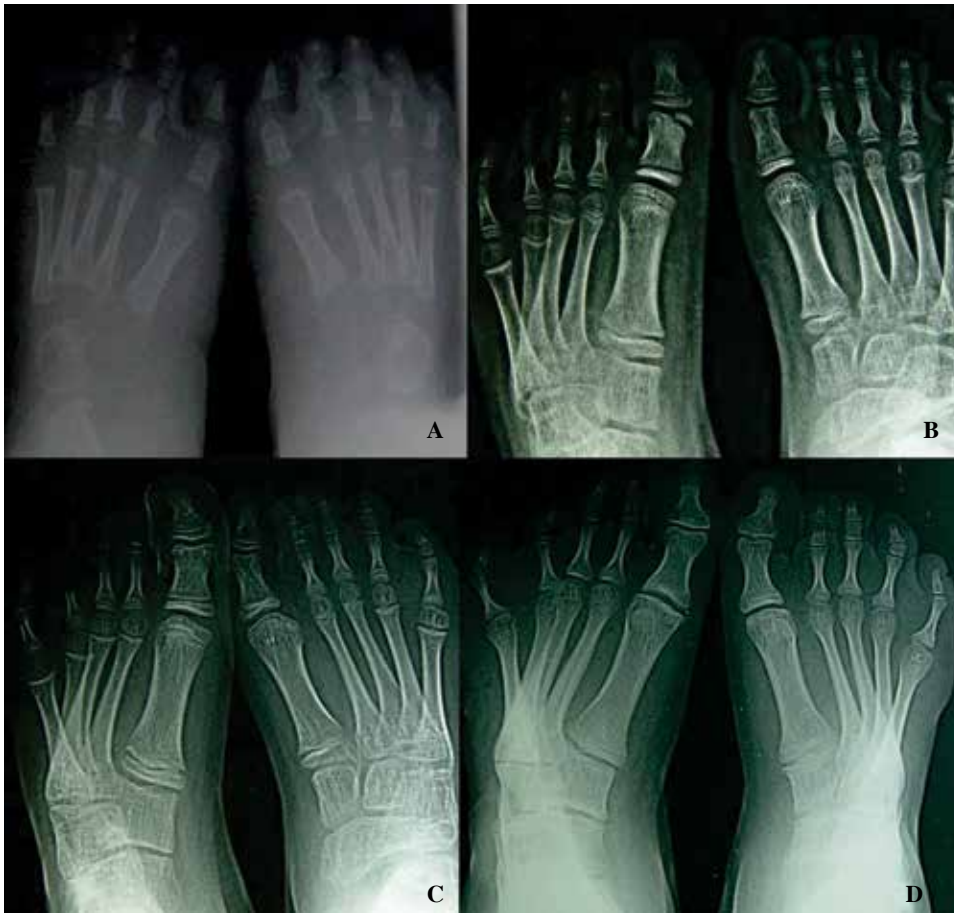
Asimismo, aplicamos diferentes test analíticos en función de la variable sometida a estudio. Se utilizó el análisis

univariante de la diferencia de medias (mediante la prueba T) para afirmar la existencia de diferencia significativa de medias entre variables cualitativas y cuantitativas, con una probabilidad de error inferior al límite fijado, considerando significativo cuando fue  $< 0.05$ .

De igual manera, mediante tablas de contingencia 2 x 2 y análisis de diferencia de porcentajes (Chi cuadrada, corrección de Yates por continuidad, razón de verosimilitud, estadísticos exactos de Fisher unilateral o de una cola y bilateral o de dos colas) hemos analizado la posible relación entre las variables cualitativas. Se ha utilizado el test de contraste de hipótesis de la F de Levene para afirmar la existencia de una diferencia significativa de varianzas con una probabilidad de error menor del límite marcado en 0.05%.

## Resultados

La edad media de nuestra población fue de 8.67 años, con un rango de edad que osciló entre el nacimiento y los 19.94 años, siendo la edad de las niñas (9.56) mayor que la de los niños (7.85) de forma significativa ( $p = 0.000$ ) al aplicar el test de la prueba T; correspondiendo 61.3% (138/225) a sujetos de sexo masculino, mientras que 38.7% (87/225) a sexo femenino. Correspondieron 53.5% (519/971) de las imágenes radiológicas a pie izquierdo, mientras que 46.5%



**Figura 4.**

Evolución y desarrollo del núcleo de osificación distal del primer metatarsiano en paciente con seguimiento longitudinal por artrogriposis. Con 1.44 años de edad no se aprecia núcleo de osificación distal en el primer metatarsiano (**4A**). A los 6.96 años (**4B**) se aprecia un núcleo de osificación distal en estadio Risser 2 en pie izquierdo y estadio Risser 3 en el derecho. A los 8.08 años de edad (**4C**) la osificación es completa en el derecho (Risser 4) y parcial en el izquierdo (Risser 3). A los 13.8 años se objetiva la fusión completa bilateral, con una alteración morfológica en el extremo distal del primer metatarsiano izquierdo (**4D**).

(452/971) fueron proyecciones derechas. La muestra no presenta sesgos por predominio de un sexo en cuanto a la lateralidad de los pies estudiados ( $p < 0.05$ ). Hemos analizado la posible relación entre las variables cualitativas sexo y lateralidad con respecto a la presencia o ausencia del núcleo de osificación distal del primer metatarsiano. Con respecto al sexo, la  $p$  sí alcanzó valores estadísticamente significativos ( $p = 0.018$ ), siendo más frecuente en niños (35.5%) que en niñas (20.7%). Sin embargo, no existe relación entre la lateralidad del pie y la presencia del núcleo de osificación distal secundario ( $p > 0.05$ ).

El núcleo de osificación distal del primer metatarsiano se ha observado en un total de 381 imágenes radiológicas (39.2%), siendo ausente en 60.7% de las imágenes (589/971) y no pudiendo valorarse en un caso por deficiencia técnica. Realizando una segmentación por edades (Figuras 5 y 6), encontramos presente el núcleo de osificación distal del primer metatarsiano en el 52.6% (41/78) de los pacientes del grupo 1 (1.93-4 años de edad), en 81.1% (107/132) del grupo 2 (4-7 años), en 4.4% (114/177) del grupo 3 (7-10 años) y en 26.3% (106/403) de los pacientes correspondientes al grupo 4 (10-14 años).

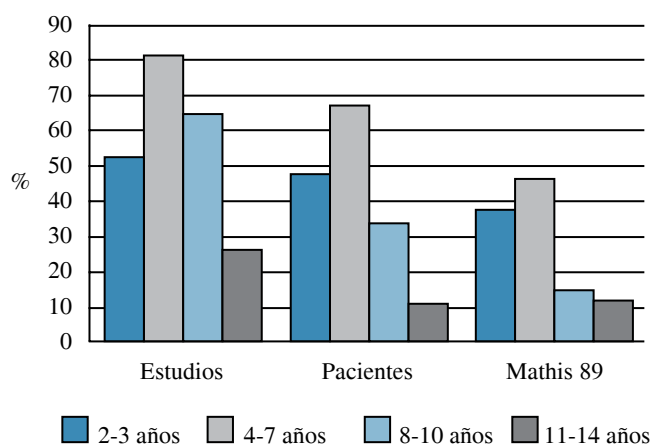


Figura 5. Diagrama de barras comparativo de los resultados de nuestro estudio con el estudio de Mathis (1989).

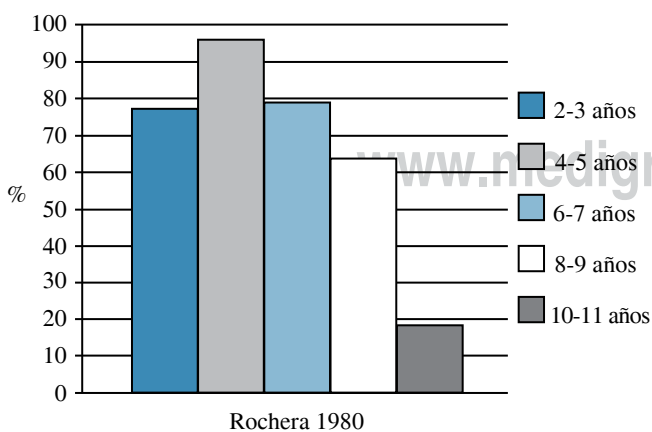


Figura 6. Frecuencia de resultados obtenidos por Rochera (1980).

Sobre el total de los pacientes, es decir, seleccionando una imagen por paciente al azar, encontramos este núcleo en 55 pacientes (24.4%). Por edades, observamos el núcleo en 47.4% del grupo 1, 66.7% del grupo 2, 33.3% del grupo 3 y 10.4% de los pacientes del grupo 4.

La edad media de aparición (Tabla 1) fue de 3.07 años (mínimo: 1.93; máximo: 4.35). Por sexo, la edad media en niñas fue de 2.29 años (mínimo: 1.93; máximo: 2.58) y 3.54 años en los niños (mínimo: 2.92; máximo: 4.35) existiendo una diferencia significativa al aplicar el test de Levene ( $p < 0.05$ ), lo que demuestra una aparición más precoz en niñas.

La edad media de fusión parcial fue de 7.67 años (mínimo: 2.14; máximo: 12.31) y de 10.43 años (mínimo: 4.03; máximo: 18.42) para la fusión total. Se aprecia un nivel de significación por debajo del límite establecido ( $< 0.05$ ) al aplicar el análisis univariante de la diferencia de medias, asumiéndose una diferencia significativa de las edades medias entre ambos sexos al evaluar el cierre completo del núcleo de osificación distal del primer metatarsiano, que se sitúa en 9.49 años para los niños y de 11.21 años para las niñas (Tabla 2).

En función del motivo de consulta, 23.3% (14/60) correspondieron a pacientes traumáticos, 37.1% a deformidades en valgo del *hallux* (66/178), 46.7% a pie plano (158/338) y 45.6% correspondieron a deformidades en equino varo congénito. Analizamos la posible relación entre los motivos de consulta y la presencia del núcleo de osificación (tablas de contingencia 4 x 2 y razón de verosimilitud), existiendo una relación significativa ( $p < 0.05$ ) entre las subpoblaciones con pie plano (46.7%) y pie zambo (45.6%) con respecto a *hallux valgus* (36.3%) y traumatismos (23.3%). No existe relación estadísticamente significativa entre la presencia del núcleo distal y la fórmula digital ( $p > 0.05$ ). Sin embargo, sí existe asociación estadísticamente significativa entre la

	Global	Niñas	Niños
Tesis	3.07	2.29	3.54
Rochera 1980	(1.93-4.35)	(1.93-2.58)	(2.92-4.35)
Mathis 1989	2-3 a		
Ebri Torne 1988	2-3 a		
Sarrañan 1993	2-3 a		

	Global	Niñas	Niños
Tesis	7.67	11.21	9.49
Rochera 1980	(2.14-12.3)	(6.45-18.42)	(4.03-14.80)
Ebri Torne 1988	6-11 a		
Sarrañan 1993	6-7 a		

presencia del núcleo de osificación distal del primer metatarsiano y la fórmula tipo *index plus* ( $p < 0.05$ ).

Por otro lado, al aplicar test estadísticos de comparación de varianzas y medias (F de Levene y T) se observa una asociación estadísticamente significativa ( $p = 0.000$ ) entre la presencia de núcleo de osificación distal y la mayor longitud definitiva del primer metatarsiano. De otro modo, parece que la presencia del núcleo de osificación distal parece jugar un papel importante en el crecimiento óseo, comportándose de hecho como una epífisis fértil.

## Discusión

En la literatura mundial existe una diatriba en cuanto a la descripción de un núcleo de osificación secundario del primer metatarsiano a nivel distal. Los textos clásicos de anatomía no detallan la presencia de dicho núcleo, asumiendo la osificación posnatal del primer metatarsiano a expensas del núcleo proximal, lo cual se asemeja a la osificación propia de una falange y afirma la teoría de la trifalangea.<sup>5,27,28,29</sup> Esta controversia conlleva la discusión sobre la existencia de patología sobre este núcleo, de forma similar a como ocurre en otros núcleos descritos clásicamente.<sup>20</sup>

Las frecuencias en las que hemos encontrado núcleo de osificación distal del primer metatarsiano han variado en función de si el grupo muestral analizado ha sido el global de las imágenes radiológicas (39.2%) o el global de los pacientes (24.4%). La explicación lógica a este hecho parece deberse a la existencia de más de una radiografía de un mismo paciente. Por otro lado, la selección al azar de la imagen radiológica representativa de un paciente hace posible que dicho paciente presentase este núcleo en otro momento de su vida, bien porque aún no hubiese aparecido o porque ya estuviese osificado.

Respeto al sexo, nuestro estudio concluye de forma significativa ( $p = 0.018$ ) una mayor frecuencia del núcleo de osificación distal en niños de modo similar a lo reflejado en la literatura.<sup>11,12,16</sup>

Mathis (1989)<sup>11</sup> analiza en un total de 116 niños, entre dos y 12 años de edad, mostrando la presencia del núcleo de osificación distal en el 24.9% de su muestra. De forma similar a lo realizado por nosotros, establece cuatro subpoblaciones en función de la edad, encontrando el núcleo de osificación distal en 36.8% de los pacientes del primer grupo (2-3 años), 46.2% del segundo grupo (4-6 años), 14.6% del tercer grupo (7-9 años) y 11.4% de los pacientes pertenecientes al cuarto grupo (10-12 años). Si comparamos estos resultados con los nuestros llama la atención la similitud de los porcentajes globales (24.4 versus 24.9%). Además, los porcentajes en los que se aprecia el núcleo distal van descendiendo conforme avanza la edad, de modo similar a lo observado en nuestro estudio.

Rochera y Rabat (1980)<sup>8</sup> realizaron una revisión de 210 niños, entre dos y 11 años de edad, con un total de 420 pies analizados, encontrando núcleo de osificación distal en 74.7% de los casos. La segmentación muestral en función

de la edad determinó la presencia del mismo en 78% del grupo 1 (2-3 años), 96% del grupo 2 (4-5 años), 79% del grupo 3 (6-7 años), 64% del grupo 4 (8-9 años) y 18% de los pacientes pertenecientes al grupo 5 (10-11 años), demostrando porcentajes superiores a los obtenidos en nuestro estudio. La población analizada en este caso corresponde a una población española mediterránea de finales de los años 70, con posibles diferencias cronorregionales con respecto a la nuestra (población madrileña de la década de los 90). Saggini (1984) remarca la importancia de una correcta técnica radiológica para detectar la presencia del núcleo de osificación distal.<sup>30</sup> En nuestro estudio retrospectivo, no fueron utilizadas dichas proyecciones, por lo que podemos asumir la existencia de falsos negativos en cuanto a la existencia del núcleo.

En ninguno de los artículos revisados existe una relación detallada de los motivos de consulta que propiciaron los diferentes estudios radiológicos. Queremos resaltar la mayor proporción en la que hemos encontrado núcleo epifisario distal del primer metatarsiano en pacientes con pie plano (46.7%) o pie equino varo aducto (45.6%). Rochera (1980) ya apuntó, sin detallar, que la «mayoría» de los sujetos de su estudio presentaba deformidades estáticas del pie tipo pie plano o cavo, sin encontrar relación entre la aparición del núcleo distal y estas patologías.

Clásicamente se ha asociado la presencia del núcleo de osificación distal del primer metatarsiano con la fórmula digital tipo *index plus*.<sup>16,20,30</sup> Nuestro trabajo no ha observado una relación estadísticamente significativa con ninguno de los morfotipos que definen la fórmula digital del pie. Sin embargo, sí hemos encontrado asociación entre la presencia del núcleo de osificación distal del primer metatarsiano y la fórmula tipo *index plus*. Recordemos que para algunos autores, la presencia de un determinado tipo de fórmula digital es independiente de la fórmula metatarsiana de dicho pie.<sup>12</sup>

En la literatura existe una clara asociación entre la presencia de una determinada morfotipia y la predisposición a patologías del antepié. Estudios clásicos hacen referencia a la asociación entre *index plus* y *hallux rigidus*.<sup>20</sup> Por el contrario, estudios más recientes no consiguen demostrar la relación entre estas dos variables.<sup>21</sup>

Las edades medias y límite de aparición y de cierre del núcleo de osificación distal obtenidas en nuestro estudio coinciden con los resultados publicados en estudios similares.<sup>8, 11</sup> Además, nuestro trabajo refleja con significación estadística la aparición más precoz del núcleo distal en el sexo femenino.

Con respecto a las edades de cierre fisario, la literatura no diferencia entre las edades medias del cierre parcial o total, ni realiza la segmentación de muestras por sexo.<sup>8,10,11</sup> En este sentido, nuestro trabajo concluye que el cierre del núcleo con respecto al sexo se comporta de modo contrario al resto de núcleos secundarios del primer radio, siendo el cierre del mismo más precoz en el sexo masculino.

Diversos autores<sup>1,7,17,18,19,31</sup> han considerado el núcleo de osificación distal como una pseudoepífisis. En el caso de tra-

tarse de una verdadera epífisis, el comportamiento como cartílago de conjunción podría modificar el crecimiento en longitud del primer metatarsiano, lo cual debería tenerse presente en el diseño de dispositivos ortopédicos como órtesis plantares. En este sentido, hemos analizado su posible participación en el crecimiento longitudinal del primer metatarsiano, obteniendo una relación significativa entre la presencia del núcleo de osificación distal y la mayor longitud definitiva del primer metatarsiano, demostrando el importante papel de dicho núcleo sobre el crecimiento óseo del primer metatarsiano y su comportamiento como un auténtico cartílago de conjunción.

Según el estudio de Rochera (1980),<sup>8</sup> la existencia de esta epífisis distal tiene trascendencia para la patología del primer radio del pie, ya que al aumentar la longitud del metatarsiano conllevaría la aparición de un *index plus* con predisposición al *hallux rigidus*. Además, las alteraciones en la osificación del mismo justificarían la aparición de una osteonecrosis semejante a la enfermedad de Koehler II y las alteraciones vasculares justificarían los casos de osteocondritis disecante.

#### Bibliografía

1. Tax HR: Podopediatrics. Baltimore: Williams and Wilkins; 1980.
2. Tachdjian MO: Osteochondroses and related disorders. Pediatric Orthopedics. 2nd Edition. Philadelphia: Saunders Company; 1990: 932-6.
3. Giannestras NJ: Foot disorders. Medical and Surgical management. 2nd Edition. Philadelphia: Lea & Febiger; 1973: 422.
4. Orts Llorca F: Anatomía Humana. Vol. 1. Barcelona: Editorial Científico Médica; 1944 y 1969.
5. Testut L, Latarjet A: Anatomía Humana. Vol. 1. Barcelona: Salvat Editores; 1990.
6. Guillem P, Demondion X, Drizenko A, Fontaine C: The biphalangy of the thumb: General review of the literature. *Morphologie*. 1999; 83(262): 27-31.
7. Caffey J: Pediatric X-ray diagnosis. Vol. 2. Chicago: Year book Medical Publishers; 1972; 879: 883-4.
8. Rochera R, Rabat E: The growth of the first metatarsal bone. *Foot Ankle*. 1980; 1: 117.
9. Sarrafian SK: Anatomy of the foot and ankle. J.B. Lippincott, Philadelphia, 1983: 1-3.
10. Ebrí Torné B: Estudio del tarso. En: Maduración ósea. Metodología sobre tarso y carpo. Zaragoza: Talleres Generales de Imprenta de Aragón; 1988.
11. Mathis SK, Frame BA, Smith CE: Distal first metatarsal epiphysis. A common pediatric variant. *J Am Pod Med Assoc*. 1989; 79(8): 375-9.
12. Viladot A: Patología del antepié. Barcelona: Springer; 2001: 1-8, 22-26, 78-79, 146-57.
13. Moreno JL, Catena M: Osteocondritis en el pie. Generalidades y su importancia en el deportista. Jerez de la Frontera. *Revista Española de Podología*. 1997; 8(1): 13-25.
14. Soames RW: Sistema esquelético. En: Williams PL. Anatomía de Gray. Vol. 1. Madrid: Harcourt Brace & Churchill Livingstone; 1998: 469-71.
15. Anderson T: Additional manal and pedal epiphyseal centers. *Ann Anat*. 2001; 183: 485-8.
16. González Casanova JC: En: Viladot A. Patología del antepié. Barcelona: Springer; 2001: 1-8, 22-26, 78-79, 146-57.
17. Lachman E: Seudoepiphyses in the hand and foot. *AJR*. 1953; 70: 149.
18. Brailsford JF: The radiology of bones and joints. 4th Edition. Baltimore: Williams and Wilkins; 1948.
19. Montagne J, Chevrot A, Galmiche, JM: Atlas de Radiología del pie. Barcelona: Masson; 1984: 50-3.
20. Vilaseca RR, Ribes ER: The growth of the first metatarsal bone. *Foot Ankle*. 1980; 1(2): 117-22.
21. Coughlin MJ, Shurnas PS: Hallux rigidus: demographics, etiology and radiographic assessment. *Foot Ankle Int*. 2003; 24(10): 731-43.
22. Faure C: The skeleton of the anterior foot. *Anat Clin*. 1981; 3: 49-65.
23. Shereff MJ: Radiographic analysis of the foot and ankle. En Jahss MH. Disorders of the foot and ankle: Philadelphia: WB Saunders; 1991; (1): 91-108.
24. Monreal DG: Biometría del esqueleto del primer radio del pie [tesis doctoral dirigida por el Prof. Dr. Francisco Javier Fernández Camacho]. Universidad de Alcalá de Henares; 2004.
25. Smith RW, Reynolds JC, Stewart MJ: Hallux valgus assessment. Report of the Resarch Committee of the American Orthopedic Foot and Ankle Society. *Foot Ankle*. 1984; 5: 92-103.
26. Risser JC: The iliac apophyses. An invaluable sign in the management of scoliosis. *Clin Orthop*. 1958; 11: 111.
27. Gómez Oliveros L: Lecciones de Anatomía Humana. Madrid: Editorial Marban; 1960.
28. Báez-Prieto: Apuntes de podología. Escuela Oficial de Podología. Universidad Complutense de Madrid. 1980; 1978-80.
29. Williams PL, Warwick R: Gray Anatomía. Editorial Salvat. Barcelona; 1985.
30. Saggini R, Colotto S, Innocenti M: Presence of a nucleus of distal ossification of the first metatarsus and its correlation with the pathogenesis of juvenile hallux rigidus. *Arch Putti Chir Organi Mov*. 1984; 34: 59-69.
31. Scheuer L, Black SM: Developmental Juvenile Osteology. London: Elsevier Academic Press; 2000.