IV.- DISCUSIÓN

IV. A. DISCUSIÓN DEL ANÁLISIS DE LA MUESTRA

El estudio de los centros de osificación comenzó a cobrar importancia a principios del siglo pasado. Pryor en 1907 sienta las bases de dicho estudio al proponer los tres postulados fundamentales, que son: la aparición de los diferentes centros está determinada genéticamente; el ritmo de aparición es más rápido en el sexo femenino; la osificación es simétrica bilateralmente (Ebrí 1988). Con el análisis de los resultados se podrá comprobar si estos axiomas permanecen invariables; se podrá estudiar la edad de aparición y cierre de los núcleos de osificación del segundo radio del pie, y las variaciones que producen en el crecimiento; se podrá describir la frecuencia y características de las osteocondritis de dichos núcleos; y de ser posible, se podrá establecer un método de estimación ósea a través del desarrollo de los distintos huesos que conforman dicho segundo radio. El primer paso es analizar los resultados generales de la muestra, la distribución poblacional por sexos y lateralidad.

IV. A. 1. Dimorfismo y asimetría de la muestra

La muestra recoge 231 pacientes, con cierto predominio del sexo masculino (59,7%), cifra que casi se iguala al contabilizar el total de casos del estudio (1001 casos), donde el porcentaje masculino es del 52,3%. Con respecto a la lateralidad, del total de casos se obtiene un 48,8% de imágenes correspondientes a pies derechos, frente a un 51,2 % de imágenes de pies izquierdos. Por lo tanto no parece que exista asimetría en función del sexo ni la lateralidad, siendo la muestra homogénea. A este factor se añade, tras el análisis de la lateralidad específica en cada sexo, que no hay diferencias significativas, y por ello la muestra parece no tener sesgos por predominio de un sexo concreto en cuanto a la lateralidad de los pies estudiados y viceversa.

La media de edad de los pacientes es de 8,93 años y la mediana 9,9 años. Para el total de casos estudiados la media de edad es 8,72 años y la mediana 9,8 años. En la muestra, existe una mayor edad media en el subgrupo infantil femenino (9,5 años) comparada con el masculino (7,9 años).

Con respecto a los motivos de consulta, existen cuatro grupos definidos que conforman al 70,6% de la muestra, y que se han tomado como representativos

para el análisis estadístico. Estos son: pie plano (26,8%), traumatismos (22,1%), patología en valgo del *halluxs* (11,3%) y pie zambo (10,4%). Existen hasta un total 32 motivos de consulta, sin embargo el resto no llegan a tener un porcentaje mayor al 4% la muestra. Por su escasa representación no se han podido utilizar como datos para el análisis. Gracias a la cantidad de casos traumáticos, y que dichos casos se suponen exentos de patología previa, se han podido tomar como casos controles (pies sanos) para el análisis inferencial.

La distribución de frecuencia de las patologías en los pacientes que entran al estudio sigue un reflejo de la proporción encontrada en la población general. Casi todos los autores mencionan al pie plano como uno de los motivos más habituales de consulta en ortopedia pediátrica (Tachdjian 1990, Munuera 1996). Viladot subraya que es el grupo más numeroso que acude a consultas por una afección podológica (Viladot y cols 2000, Viladot R 2003). Su prevalencia oscila entre el 7-22% (Heinrich 1997), dentro de este rango se encuentran los estudios de Mosca que estima una incidencia de un 20% de la población en crecimiento (Mosca 2004), este dato coincide con Schreck, que comenta que el 20% de la población adulta tiene un pie plano y que en el 65% esto es asintomático (Schreck 2004). Staheli encontró que el pie plano es normal en los lactantes, frecuente en los niños y en una gran proporción de adultos normales (Beaty 1992). Con respecto al *hallux valgus*, la mayoría de los autores destacan su gran incidencia en la población general (Kasser 92, Viladot y cols 2000, de Prado y cols 2003), aunque según Stephens en el adolescente es poco común y está muy ligado a los antecedentes familiares (Stephens 2004). En el estudio que realizaron Halebian y Gaines sobre el *hallux valgus* juvenil, destaca la incidencia de esta patología en niños según los datos de dos autores distintos: Cole (1959) refiere una incidencia del 36% de los niños entre 8 y 18 años, mientras que Craigmile (1953) lo encuentra en un 2% de las niñas y un 4% de los niños (Halebian y Gaines 1983).

El pie zambo se manifiesta en uno de cada 1000 (11,1 por 10.000) recién nacidos vivos según los datos del Estudio Colaborativo Español de Malformaciones Congénitas (Martínez-Frías y Cereijo 1993), dato próximo a lo señalado por el resto de autores (Moore 1989, Viladot 1997, Staheli 1998, Viladot y cols 2000, Horn 2004); tiene mayor afectación del sexo masculino y con discreto predominio bilateral como comenta R. Viladot (Viladot 1997, Viladot y

cols 2000). En la muestra obtenida para el trabajo esta patología está represenada por un alto porcentaje de pacientes (10,4%), mucho mayor que los datos de distribución poblacional. Esto es así porque la revisión se ha tomado del banco de imágenes del hospital, donde se archivan los casos patológicos mayoritariamente. Sin embargo, y gracias a ello y a su largo seguimiento, aporta mucha información para el estudio. En este trabajo se ha encontrado una menor edad en casos de pie zambo (4,4 años) que en el resto de motivos de consulta: traumatismos (8,6 años), pie plano (9,3 años), y deformidad en valgo del *hallux* (11,4 años). La diferencia de edad resultante responde al hecho lógico de que los pies zambos se descubren y se tratan al nacimiento; los traumatismos son más frecuentes a partir de la deambulación; los pies planos requieren para su diagnóstico preciso que el niño tenga una mayor edad (> 9 años); y la deformidad en valgo del *hallux* se diagnostica, por lo general, en edades juveniles pues rara vez se encuentra antes de los 10 años (Castillo 1997). Hay que matizar que la edad que se muestra como ato resultante corresponde a la edad media en el seguimiento del proceso. En el caso del pie zambo, por ejemplo, la edad representa a la media de los pies zambos a lo largo de los tratamientos de dichos pies en el tiempo, no a la edad de aparición. Se da por supuesto que la edad de aparición de la patología es al nacimiento en la mayoría de los casos.

La distribución por sexos de las principales patologías se mueve dentro del estándar publicado. Los pies zambos se han presentado en una proporción de 3,8:1 para el sexo masculino algo más alta que la descrita por R. Viladot en (Viladot y cols 2000). El pie plano tiene una relación 1:1 entre ambos sexos, y el *hallux valgus* 1:1,8 a favor del sexo femenino. Curiosamente el índice de los casos traumáticos (control) ha sido a favor del sexo masculino en proporción 3,2:1, dato que puede resultar lógico por la naturaleza más vandálica de los niños en edad infantil.

IV. A. 2. Morfología del antepié

IV. A. 2a. Fórmula digital

En el presente estudio se ha utilizado la clasificación clásica y más utilizada comúnmente, donde los pies se distribuyen según tres tipos de fórmula

digital atendiendo a la longitud relativa entre el primer y segundo dedo: pie griego, cuadrado o egipcio (Faure 1981, Montagne 1984, Shereff 1991, Llanos 1997, Valenti 2000, Viladot (2) 2001, (3) 2001 y 2002, Monreal y Fdez-Camacho 2003). Ver capítulo II de material y métodos.

Si se toma el número total de pacientes de la muestra (231), la mayor parte de los pacientes presentan una fórmula digital tipo pie egipcio (63,2%); a continuación en frecuencia aparecen los pacientes con fórmula pie griego (25,1%) y finalmente, la fórmula menos encontrada es el pie cuadrado que se corresponde con el 11,7% del total de pacientes estudiados.

Analizando el total de casos (1001), es decir, incluyendo las imágenes radiológicas bilaterales e incluso estudios de un mismo paciente en diferentes momentos de su desarrollo, se describe una distribución semejante. El 65,9% de los casos presenta una fórmula digital tipo pie egipcio, en un 26,7 % de los mismos la fórmula corresponde a pie griego, y el 7,4% de las imágenes dibujan una fórmula de pie cuadrado.

En ambas series se detecta un mayor porcentaje de pies egipcios en niñas que en niños y en ambos, este tipo de fórmula es la más frecuente. Además tanto si estamos ante un pie izquierdo como si estamos ante un pie derecho, la mayoría de las veces la fórmula digital será la de un pie tipo egipcio independientemente del sexo, pero sin existir un predominio de una fórmula digital con relación al lado del pie, es decir la lateralidad no muestra una diferencia significativa de fórmula digital que los diferencie.

Viladot hizo una primera aproximación de la proporción de fórmulas digitales en la población de su entorno (273 pies) en 1960, obteniendo una distribución donde un 72,9% era de tipo egipcio, un 21,2% de tipo griego y un 5,9% de tipo cuadrado. Con la colaboración de Sant y Mestres, ampliaron el trabajo a 1000 pies (una población muy semejante a la que se maneja en nuestro estudio) publicando que la mayor proporción la sustenta el tipo egipcio con un 69%, seguido del griego 22,3% y finalmente del cuadrado, un 8,7% (Viladot y cols 2000, Viladot (3)2001, Viladot 2002). Como se puede comprobar son datos muy similares a los obtenidos en la presente serie. Lelièvre en su estadísticas de los años 60, coincide en otorgar al pie egipcio el mayor protagonismo con un 64,2% del total, sin embargo encuentra variación en la proporción de los otros

tipos, puesto que se adelanta el tipo cuadrado con un 20% del total, quedando el tipo griego como el menor en frecuencia con un 14,8% (Lelièvre 1961). Al revisar los resultados obtenidos por autores no europeos, se observa que existe una diferencia llamativa de distribución. Viladot refleja los datos de dos estudios americanos, en el primero cita una estadística canadiense llevada a cabo por Cousin, la mayor parte la constituyen los pies griegos (40%), seguido de los egipcios (37%) y los cuadrados (22%); en el segundo, un estudio realizado en Méjico por Calderón, la distribución es de un 42,4% para pies egipcios, un 36,4% para pies cuadrados, y un 19,2% para pies griegos (Viladot (3)2001). Se pueden encontrar descritas otras estadísticas de autores anglosajones en los apuntes de Báez-Prieto. Así Lake y Hawkes encuentran una distribución predominante de los tipo egipcios, 83,1% y 85,5% respectivamente, mientras que los griegos suman un 6,1% y 7,9% respectivamente y un 10,8% y 6,6% los pies cuadrados. Para Weissenberg**,** en sus resultados con judíos alemanes, las proporciones obtenidas son un 64,95% de pies egipcios, un 30,3% de pies griegos, y un 4,75% de pies cuadrados (Báez-Prieto 1978-80).

De manera más actual y en nustro entorno encontramos los trabajos de Monreal y Pareja. El primero realizado tras el examen de piezas óseas, que describe una frecuencia donde el pie egipcio es el protagonista con el 68,1% del total, seguido de un 21,3% de pies griegos y finalmente un 5% de cuadrados (Monreal Redondo 2004). El segundo autor estudia una población con 225 pacientes en edad de crecimiento, mostrando una distribución mayor para los pies egipcios (62,6%), seguido del pie griego 25,6% y del cuadrado 11,1% (Pareja 2004).

Haciendo un resumen se presenta la tabla IV. 1, donde se han reflejado con números del uno al tres, el orden de distribución de mayor a menor proporción de los distintos tipos de fórmula digital, resaltando en todos el porcentaje obtenido. Se observa que en todas las series recogidas menos en la canadiense, el tipo predominante es el egipcio. Las series española, francesa y alemana obtienen porcentajes de distribución muy acordes, mientras que las dos series anglosajonas muestran gran predominio del tipo egipcio. Sólo las dos series americanas describen un porcentaje más bajo en la proporción de los pies egipcios. Esto hace pensar a Viladot, que no se debe tanto a una diferencia genotípica entre los dos

continentes, sino más bien responde a las distintas metodologías utilizadas para su determinación. Los americanos se guían por longitudes relativas entre el 1º y 2º dedos con relación a una perpendicular al eje medio del pie, y en el caso de Viladot se utiliza una proyección colocando al pie en ligera rotación externa según el ángulo fisiológico de Fick. En nuesro trabajo se mide la longitud relativa de los radios centrada en el ángulo escafo-calcaneo-cuboideo (ver material y métodos).

Autor	**Pie Egipcio**	**Pie Griego**	**Pie Cuadrado**
Pizones-Pareja-Fdz Camacho	**1** (63,2%)	**2** (25,1%)	**3** (11,7%)
Pareja	**1** (62,6%)	**2** (25,6%)	**3** (11,1%)
Monreal	**1** (68,1%)	**2** (21,3%)	**3** (5%)
Viladot	**1** (69%)	**2** (22,3%)	**3** (8,7%)
Weissenberg	**1** (64,9%)	**2** (30,3%)	**3** (4,7%)
Hawkes	**1** (85,5%)	**2** (7,9%)	**3** (6,6%)
Lelièvre	**1** (64,2%)	**3** (14,8%)	**2** (20%)
Lake	**1** (83,1%)	**3** (6,1%)	**2** (10,8%)
Calderón	**1** (42,4%)	**3** (19,2%)	**2** (36,4%)
Cousin	**2** (37%)	**1** (40%)	**3** (22%)

Tabla IV.1. Distribución de los tipos de fórmula digital en las distintas series. 1,2,3: orden de mayor a menorproporción.

Viladot describe dos series realizadas, una en bailarines y otra en deportistas donde, a pesar de conservar un predominio de los pies egipcios, aumenta considerablemente el número proporcional de pies cuadrados. Que implica que aún reconociendo que es el factor genético el que determina el tipo de fórmula digital, se asume cierta disposición congénita con el ejercicio de determinadas actividades (Viladot (3)2001).

Al analizar los distintos grupos principales de motivos de consulta, se observa la fórmula digital egipcia como la más frecuente sobre las demás para todos ellos, con la distribución: *hallux valgus* 79,2%, pie plano 70,8 %, pie zambo: 54,1 % y traumatismos 44,1%. Siendo en todos predominante, el tipo pie egipcio, lo es mucho más en el grupo con deformidad en valgo del *hallux* y en el pie plano que en los controles (traumatismos), en cambio las diferencias no son tan marcadas, aunque sí estadísticamente significativas, entre los pies zambos y el grupo control. En definitiva en este estudio se prueba una fuerte asociación entre el pie egipcio y la patología de desviación en valgo del *hallux* y el pie plano.

Este dato resulta de suma importancia para el resto de la discusión, pues se irán comentando en qué patologías la edad de aparición o cierre de las fisis del segundo radio varía (siendo más precoz o tardía) según la fórmula digital. Y hay que tener presente que tales hallazgos pueden estar en relación con esta mayor prevalencia de algunas patologías en función de la fórmula digital. Como en los grupos patológicos principales la fórmula digital más frecuente es el pie egipcio, los retrasos o adelantos en el cierre fisario de los distintos núcleos epifisarios estarían reflejando que el pie egipcio es más frecuente en tales grupos de patología. De otro modo, podría no ser la morfo-tipia la "culpable" de la precocidad o retardo en el cierre fisario, sino la patología frecuente en los casos de pies egipcios.

IV. A. 2b. Fórmula metatarsiana

La fórmula metatarsiana se ha obtenido empleando la nomenclatura internacionalmente aceptada (Hardy y Clapham 1951, Faure 1981, Montagne et al. 1984, Smith et al 1984, Shereff 1991, Llanos 1997, Monreal–Redondo y Fernández Camacho, 2003) de acuerdo con los criterios del Research Comite of the American Orthopaedic Foot and Ankle Society recommendation (Smith et al. 1984), basado en el método de Hardy y Clapham (1951). En ella la fórmula se

determina en función de la mayor o menor longitud de los metatarsianos primero y segundo (ver capítulo II material y métodos).

La distribución obtenida de las fórmulas metatarsales en el total de pacientes estudiados comienza con una proporción de *index minus* del 45%, seguido por *index plus* con 39,4% y finalmente de *index plusminus* con el 15,6%. En esta serie no parece haber predominio de una fórmula metatarsiana con relación al sexo.

Los resultados de la muestra del total de imágenes, dibujan una distribución donde el morfotipo predominante es el *index plus* con el 49,2% de los casos, a continuación le siguen aquellos donde el primer metatarsiano es menor que el segundo, *index minus*, con el 39,6% del total, y por último el porcentaje de radiografías con igualdad de longitud de los metatarsianos, *index plusminus*, con el 11,3%. En ambos sexos el tipo *index plus* aparece como la fórmula de mayor frecuencia, en un 46,4 % de los niños y en un 52,2 % de las niñas, es decir aparece con mayor porcentaje en el sexo femenino. Lo que no se puede establecer que exista, en la muestra, es un predominio de una fórmula metatarsiana concreta con respecto a la lateralidad. Segmentado por motivos de consulta más frecuentes se puede afirmar que, en los pies planos o con deformidad del primer dedo en valgo, predomina la fórmula metatarsal *index minus*, sobre todo en los varones.

Este dato resulta de suma importancia para el resto de la discusión, pues se irán comentando en qué patologías la edad de aparición o cierre de las fisis del segundo radio varía (siendo más precoz o tardía) según la fórmula metatarsal. Y hay que tener presente que tales hallazgos pueden estar en relación con esta mayor prevalencia de algunas patologías en función de la fórmula metatarsal. En los grupos patológicos principales (pie plano y *hallux valgus*) la fórmula metatarsal más frecuente en el total de pacientes es *index minus*, mientras que en el pie zambo sería *index plus*. Por lo tanto, las variaciones en el cierre fisario de los distintos núcleos del segundo radio podrían estar reflejando que el pie *index minus* es más frecuente en tales grupos de patología. De otro modo, podría no ser la morfo-tipia la "culpable" del retardo o adelanto en el cierre fisario, sino la patología frecuente en los casos de pies *index minus*.

Volviendo a los datos,en la revisión de Viladot sobre distribución de fórmulas metatarsianas se describen valores bien distintos. En dicha revisión se expone el estudio de Sant y Mestres que calcula una incidencia del 56% de aparición de la fórmula predominante, *index minus*, que disminuye hasta un 28% para el *index plusminus* y al 16% en el *index plus*. En los trabajos americanos de Harris y Beath se señala un estudio de más de 7000 pies, encontrando un predominio del *index minus* del 40%, seguido por un 38% en los *index plus*, y un 22% de los *index plusminus*; estas cifras se acercan más a las recogidas en el presente estudio en el total de pacientes, sin embargo son completamente distintas a las reflejadas en el estudio catalán previo y al nuestro sobre el total de pacientes (consultar tabla IV. 2). No se pueden establece conclusiones sobre los datos porque no disponemos de los detalles poblacionales de las muestras de dichos trabajos, ni si se refieren a adultos o incluyen también grupos infantiles (Harris y Beath 1949, Viladot (3)2001). Sin embargo hay una diferencia metodológica que puede marcar las distancias entre los resultados del grupo español de Viladot, y los nuestros. En el sistema de medición obtenido en este trabajo, la diferencia de longitudes de los metatarsianos se calcula mediante la distancia radial entre dos arcos de círculo, uno para cada cabeza metatarsal, centrados proximalmente en la unión de la tuberosidad posterior del escafoides con el centro de la articulación calcáneo-cuboidea, como marca el método propuesto por Hardy y Clapham 1951 y recomendado por el Research Committee of the American Orthopaedic Foot and Ankle Society. El otro grupo de trabajo calcula la terminación anterior relativa de los metatarsianos en relación a la línea horizontal perpendicular al eje de la marcha.

Existen estudios más próximos al nuestro, que utilizan la misma herramienta de medida. En el de Pareja se observa un predominio de los pies con fórmula *index minus* con un 44,1%, después se sitúa al *index plus* con 44.1% y al final se coloca el *index plusminus* con un 14% (Pareja 2004). Para Monreal la distribución es distinta, primero coloca al *index plus* con el 44,7% seguido del *index plusminus* con un 29,8% y del *index minus* con un 25,5% (Monreal 2004). Cabe decir que el primer estudio es cínico y radiológico sobre paienes actuals, y el segundo se realiza tras el análisis de restos.

Autor	***Index minus***	***Index plus***	***Index plusminus***
Pizones-Pareja-Fdz Camacho	**1** (45%)	**2** (39%)	**3** (16%)
Pareja	**1** (44,1%)	**2** (41,9%)	**3** (14%)
Monreal	**3** (25,5%)	**1** (44,7%)	**2** (29,8%)
Harris-Beath	**1** (40%)	**2** (38%)	**3** (22%)
Sant-Mestres-Viladot	**1** (56%)	**3** (16%)	**2** (28%)

Tabla IV.2. Distribución de los tipos de fórmula metatarsal en las distintas series.

En el estudio de la distribución del morfotipo de fórmula metatarsiana en cada uno de los subgrupos de los motivos más frecuentes de consulta, se observa un predominio de la fórmula metatarsal *index minus* en la mayoría de las subpoblaciones analizadas. En los pacientes que acuden tras traumatismos, que se considera como grupo control, el porcentaje de *index minus* es del 52,9 %. En los casos donde se evidencia un pie plano, el 51,2 % es de tipo *index minus*. También en el subgrupo de pacientes con *hallux valgus*, el morfotipo más frecuente (42,1 %) es el *index minus*. Es decir, los grupos de pacientes con traumatismos, pie plano y *hallux valgus*, que suman entre ellos el 60% de los pacientes del estudio, presentan mayoritariamente un morfotipo *index minus*, siendo dichos porcentajes similares a los encontrados en las estadísticas europeas de Sant y Mestres citadas por Viladot. Por el contrario la gran mayoría de los estudios radiológicos motivados por deformidad del pie zambo (77,1 %) presentan una fórmula metatarsiana tipo *index plus*. Este dato puede aclarar las diferencias que se obtienen entre los resultados encontrados al analizar la población total de pacientes del estudio con el la del total de casos o imágenes radiológicas. Esto puede estar motivado por la presencia de un factor derivado del diseño del estudio que es el considerar casos independientes tanto la asimetría como la discronia de

las imágenes en un mismo paciente. Los pacientes con pies zambos son muy numerosos (uno cada 10 pacientes) en la muestra con respecto a la representación en el global de la población normal (cuya aparición es de uno cada 1000 habitantes Viladot y cols 2000). Además al ser pacientes tratados desde edades muy precoces aportan gran cantidad de imágenes radiológicas al estudio, lo que provoca un mayor peso ponderal en el grupo del total de casos con respecto al del total de pacientes, dotando de un mayor valor estadístico los resultados que obtenemos en nuestro grupo de pacientes respecto al obtenido en el global de las imágenes radiológicas.

Clásicamente se ha querido asociar la presencia de una fórmula metatarsiana concreta con la deformidad en valgo del *hallux*. Para unos autores esta patología se asocia a un primer metatarsiano largo (Mayo 1908 y 1920, Simon 1918, Hardy y Clapham 1951, Haynes y McDougall 1954), o al menos existe un incremento de la longitud del primer radio (Scranton 1984); mientras que para otros la asociación se establece con un primer metatarsiano corto, es decir con las fórmulas de tipo *index minus* (Morton 1935, Harris y Beath 1949, Viladot (3)2001). Halebian y Gaines consideran que cuando el primer metatarsiano es más largo, se observa una deformidad más grave de *hallux valgus* aunque el ángulo intermetatarsiano sea bajo, mientras que cuando el *hallux valgus* es menor y el ángulo intermetatarsiano es alto, el primer metatarsiano tiende a ser más corto (Halebian y Gaines 1983). Para Mann (1987) no hay suficientes argumentos y considera que la relación entre la longitud del primer metatarsiano y el *hallux valgus* es un hecho fortuito y que no existe un factor etiológico directo (Pareja 2004). También el *hallux rigidus* tiende a presentarse en una determinada fórmula metatarsal de forma predominante, en este caso en pies con *index plus* como expone Viladot.

Los resultados que obtenemos están de acuerdo con los escritos de Viladot, puesto que en la muestra el *hallux valgus* se asocia con mayor frecuencia a la fórmula *index minus*. A pesar de esta concordancia, en nuestra muestra infantil el porcentaje de pacientes que teniendo *index minus* presenta *hallux valgus* es del 11%, que dista del 30% del autor, y sin embargo la patología que más asocia la

fórmula *index minus* es el pie plano con un 30% del total, patología que Viladot no refleja en su trabajo (Viladot (3)2001).

IV. A. 2c. Combinación de ambas fórmulas

En el trabajo se ha querido incluir este apartado, en el que se lleva a cabo la combinación de fórmulas digital y metatarsal, dando una nomenclatura sencilla mediante siglas (ver material y métodos). De esta manera se toma la inicial de cada palabra utilizada, así por ejemplo de la combinación pie egipcio con *index plus* se obtiene: peip; de la combinación pie cuadrado con *index plus minus* se obtiene: pcipm; y así sucesivamente. Lógicamente se obtiene una clasificación con nueve categorías: pgim, pgip, pgipm, peim, peip, peipm, pcim, pcip y pcipm. No se ha encontrado ningún trabajo con este diseño, es más incluso algunos autores, como Viladot ((3)2001), consideran *a priori* que las fórmulas digital y metatarsal son absolutamente independientes, "dándose casos en los que un pie egipcio puede coexistir con un primer metatarsiano corto de tipo atávico". A nosotros nos ha parecido interesante analizar dichas combinaciones, pues se obtienen conclusiones estadísticas de importancia.

La distribución de la combinación de fórmulas en el total de pacientes del estudio sigue este orden de mayor a menor frecuencia. El grupo más numeroso lo forma la combinación peip con un 35,5% del total; a continuación los tres grupos siguientes están formados por pgim (21,2%), peim (18,6%) y peipm (9,1%). Los grupos que obtienen menos porcentaje en la muestra son pcim (5,2%), pcipm (4,3%), pcip y pgipm (2,2%) y finalmente pgip con un 1,7% del total.

En el total de casos o imágenes radiológicas del estudio se obtienen unos datos algo distintos. El grupo más numeroso lo sigue formando la combinación peip con un 40,3% del total; a continuación los tres grupos siguientes están en este caso formados por peim (18,2%) y pgim (17,7%). El resto de los grupos obtienen porcentajes más bajos: peipm (7,5%), pgip (7,4%), pcim (3,7%), pcipm (2,2%), pgipm (1,6%) y pcip (1,5%) del total.

Existen ciertas conclusiones que se pueden sacar del análisis profundo de los resultados. Se puede afirmar que la relación más frecuente en la muestra, tanto en el total de pacientes como en el de casos es la del pie egipcio e *index plus* (peip). Al analizar de manera segmentaria las combinaciones por sexos, se

observa que las combinaciones tipo pie griego e *index plus* (pgip), pie griego e *index minus* (pgim) y pie cuadrado con *index plusminus* (pcipm) se asocian predominante y significativamente al sexo masculino, y sin embargo la combinación de fórmula digital egipcia tanto con *index plus* como con *index plusminus* (peip, peipm) se asocia al sexo femenino. Además parece que no existe un predominio de una combinación concreta con respecto a la lateralidad.

Ciertos autores relacionan determinadas combinaciones con una disposición para alteraciones específicas, así afirman Valenti y Viladot que "el antepié, con el metatarso tipo *index plus* y con el pie egipcio, predispone a la aparición de *hallux rigidus*" y que la "fórmula metatarsal tipo *index minus*, especialmente con un metatarso varo y dedos tipo egipcio, predispone a la aparición de *hallux valgus*" (Llanos 1997, Valenti 2000, Viladot (3) 2001). Relacionando estas aseveraciones con nuestros resultados obtenidos, no podemos comprobar que este tipo de patologías, puedan relacionarse más con el sexo femenino, especialmente la predisposición al *hallux rigidus*, pues no disponemos de casos en el estudio que presenten esta patología. Sin embargo sí hemos encontrado, a diferencia de este autor y de Esteban Mújica (citado por Viladot (3) 2001), que en nuestro estudio la combinación más frecuente a la que se asocia el *hallux valgus*, no es el pie egipcio con *index minus* como ellos propugnan, sino el pie egipcio con *index plus*. También hay que destacar que nuestra población se distribuye en edad infantil en la que la patología en valgo del *hallux* se produce durante el desarrollo y crecimiento y no de manera adquirida como en el adulto. En este aspecto nos incorporamos al grupo clásico de trabajo que defendía la asociación de *hallux valgus* con un primer metatarsiano más largo (Mayo 1908 y 1920, Simon 1918, Haynes y McDougall 1954, Halebian y Gaines 1983, Scranton 1984). Aún así, Mascaró comenta en el libro sobre lecciones de patología del pie de Viladot, que los casos de *hallux valgus* en la infancia son raros sobre todo los de carácter congénito, y los hallados en la juventud "se trata de chicas con pies tipo egipcio, con un dedo gordo mucho más largo que el segundo", en cuyo caso, de ser así, estaría de acuerdo con nuestros resultados (Viladot y cols 2000). De igual manera Castillo está de acuerdo con Scranton al asegurar que la longitud del primer metatarsiano se considera factor de riesgo, y que el calzado inadecuado se reconoce como factor desencadenante. Además introduce como clave del

desarrollo de esta patología en la etapa juvenil, la morfología y orientación de la articulación metatarsofalángica, enunciando que una cabeza redondeada del metatarsiano es más propensa a esta patología que una aplanada o en forma de chevron; y que una angulación en varo del primer metatarsiano se produce como consecuencia de una orientación oblicua o curva de la articulación metatarsocuneiforme (Scranton 1984, Castillo 1997). Otras asociaciones encontradas a la deformidad en valgo del *hallux* son los pies planos y la hiperlaxitud ligamentosa (Halebian y Gaines 1983, Scranton 1984).

Donde sí coincidimos con Valenti y Viladot es en que dichas patologías se dan menos en pacientes masculinos, cuya combinación más encontrada asocia pies griegos o cuadrados. De hecho para este autor, la fórmula de pie ideal, es decir, aquella que sufre menor patología o en sus palabras "que causa menos trastornos" es la que tiene un pie griego, para él: es en la que existe "un primer metatarsiano más largo o igual al segundo junto con un dedo gordo tipo griego", es decir, habla de combinaciones pgip o pgipm, como la que demuestran en nuestro estudio de manera significativa los varones, que por otra parte son los que menos alteraciones quirúrgicas presentan en dichas patologías. También influye en este aspecto el calzado de hechura puntiaguda, que como prenda de vestir femenina obliga a pies predispuestos a empeorar su patología, circunstancia que pueden obviar los varones (Harris y Beath 1949, Valenti 2000, Viladot (2) y (3) 2001). Así Villa demuestra que la puntera desplaza el *hallux* hacia fuera y el quinto dedo hacia dentro y la presión anterior que ejerce el zapato aumenta el varo del primer metatarsiano y el valgo del quinto, esto unido a un ensanchamiento del metatarso o un primer dedo más largo provoca el desarrollo de bursitis y exóstosis, clínica frecuente en el *hallux valgus* (Villa 2000).

Este hecho nos lleva al interesante análisis de las combinaciones con respecto a los principales motivos de consulta. En dicho análisis se observa como la mayoría de las patologías principales asocian con mayor frecuencia una combinación pie egipcio *index plus*: esta combinación se presenta en el 47,8% de los que acuden a consultas presentando pie zambo; en el 39,3% de los que presentan con *hallux valgus* y en un 38,7% de los que tienen pie plano, de estos últimos mencionar que presentan la combinación más frecuente en el análisis global; es decir un 16,4% del total de los casos analizados presentan pie plano con

pie egipcio *index plus*. Sin embargo, al analizar los pacientes utilizados como control, los traumatismos, la combinación que presentan con mayor frecuencia es el pie griego con *index minus* (30,9%). De ello podemos sacar la conclusión, de que esta combinación es la que menos patología asocia, sin embargo es la que más caídas provoca. Ahora bien, la mayoría de los casos control presentan una combinación pie cuadrado e *index plusminus*, lo que nos permite describir la menor existencia de patología en este grupo. Volvemos finalmente a resaltar el concepto de asociación de pie egipcio e *index plus* con patologías diversas, y el del pie griego con ausencia de patología.

Todas estas apreciaciones son de suma importancia para el resto de la discusión, pues se irán comentando en qué patologías la edad de aparición o cierre de las fisis del segundo radio varía (siendo más precoz o tardía) según la combinación de fórmulas metatarsal y digital. Y hay que tener presente que tales hallazgos pueden estar en relación con esta mayor prevalencia de algunas patologías en función de la fórmula de antepié, digital y metatarsal combinadas En los grupos patológicos principales (pie plano, *hallux valgus* y pie zambo) la fórmula de antepié (digital y metatarsal combinadas) más frecuente es pie egipcio e *index plus* cuando. Por lo tanto, las variaciones en el cierre fisario de los distintos núcleos del segundo radio podrían estar reflejando que esta combinación es más freuente en tales grupos de patología. De otro modo, podría no ser la morfo-tipia la "culpable" del retardo o adelanto en el cierre fisario, sino la patología frecuente en los casos de piesegipcios e *index plus*.

Durante el proceso de recogida de datos se ha ido observando que, en determinados pacientes, las fórmulas digital y metatarsiana no son estables en el tiempo, y con el desarrollo y crecimiento del pie, estas fórmulas pueden ir evolucionando y variando. Gracias a que ciertos pacientes son revisados con continuidad en la consulta, debido a patologías de largo desarrollo en el tiempo, se ha podido detallar la evolución de sus pies mediante imágenes radiológicas. En este análisis se ha comprobado que dichas fórmulas pueden no ser constantes en el tiempo, y variar con el crecimiento. Este dato, que se comparte con Pareja (Pareja 2004) y que no se ha visto recogido antes en la literatura, (se expone en el apartado II. F. 1 de los resultados).

IV. B. ESTUDIO DE LOS NÚCLEOS DE OSIFICACIÓN

IV. B. 1. Cuña intermedia

Edad de aparición

La segunda cuña o cuña intermedia se desarrolla a partir de un solo núcleo, el de osificación primario. Al no ser un hueso largo, no desarrolla posteriormente un segundo núcleo de crecimiento. En este estudio no se comienza a estudiar a toda la muestra desde el momento de nacer, sino que los pacientes han ido ingresando en el trabajo en el momento de consultar. Esto significa que entran a edades muy diversas, alguno con el núcleo sin osificar, pero otros con el núcleo ya osificado. Este hecho implica que, para este núcleo concreto, no se pueda establecer una edad media de aparición próxima a la realidad y no se puede asegurar con exactitud el momento en el que esos núcleos comenzaron a osificarse. Pero sí se puede establecer una edad mínima de aparición, obteniendo un dato que se ajusta de manera muy estrecha a la edad real.

En nuestra serie, el núcleo de osificación de la segunda cuña no se presenta en sujetos inferiores a 0,64 años. Esto corresponde al caso de una niña que acude a consulta por un pie derecho zambo. En el sexo masculino, el niño más joven, en el que se observa el núcleo de osificación de la segunda cuña, tiene 1,47 años y corresponde a un pie derecho traumático (ver tabla IV. 12). El caso de mayor edad donde aún no se descubre núcleo es en un varón con pie zambo de 4,79 años. Con ello se puede establecer que el rango de edad de osificación de la cuña intermedia en la muestra oscila en niñas entre 0,64 y 3,39 años; en niños el rango se distribuye entre 1,47 y 4,79 años. Esto quiere decir que hasta esa edad aún puede tardar en aparecer el núcleo. Si se realiza la edad media de ambos intervalos, se obtiene que en los niños la edad media es de 3,1 años y en las niñas de 2 años. La distribución de la edad mínima en la que aparece el núcleo varía según los motivos de consulta es: traumatismos 1,4 años, pie plano 1,8 años, pie zambo 0,6 años y *hallux valgus* 2,9 años.

Consultada la bibliografía el rango de las edades de aparición del núcleo de la cuña intermedia que cada uno propone es muy amplio (ver tabla IV. 3).

Para Testut (1923) este núcleo aparece de 4 a 5 años después del nacimiento.

Gómez Oliveros (1960) reconoce el punto de osificación a partir del tercer año de vida.

Orts Llorca (1969) lo cifra entre el 3º y 4º año de vida.

Lelièvre (1970) señala a los 3 años

Gray (1977) a partir de los 4 años.

Erasmie y Ringertz (1980) en su serie de 115 radiografías del pie, establece las diferencias de aparición de este núcleo entre ambos sexos. Para los niños establece una edad de aparición a los 14 meses (1,1 años) en un percentil 5; a los 32 meses (2,6 años) con un percentil 50 y a los 51 meses (4,2 años) con un percentil 95. Esto significa que la mayoría de su población masculina tiene el núcleo osificado a los 4,25 años; pero el 5% de dicha subpoblación de la muestra, el núcleo ya se encuentra osificado al año y un mes. Para las niñas los valores son más precoces, siendo de 10 meses (0,8 años) en el percentil 5; 22 meses (1,8 años) para el percentil 50; y 36 meses (3 años) para el 95. Fijémonos que entra en concordancia con lo demostrado en nuestro estudio, donde las niñas muestran una aparición del núcleo más precoz en comparación con los niños, y que dichas edades son muy similares en ambas series.

Montagne et al (1984) observa como a la edad de 2 años y 8 meses en los niños (2,6 años), con un intervalo temporal entre 14 meses (1,1 años) y 4 años y tres meses (4,2 años), y a los 22 meses (1,8 años), con un intervalo de edad entre los 9,5 meses (0,8 años) y los 3 años en las niñas, se produce la aparición del núcleo de osificación cuneano.

Tax (1985) describe la presencia de la cuña a los 33,3 meses (2,7 años) en los niños y a los 23,3 meses (1,9 años) en las niñas.

Ebrí (1988) indica que la edad de aparición de dicho núcleo es desde el nacimiento a los cinco años.

Reverte Coma (1991) aprecia el núcleo de osificación cuneano al año y 8 meses (1,6 años) en los niños y al año y 2 meses (1,1 años) en las niñas.

Sarrafian (1993) data la aparición del núcleo osificado a los 2,3 años en los niños y a los 1,6 años en las niñas.

Puerta (1997) establece que la segunda cuña es la última en osificarse y lo hace alrededor de los 2 años.

Ogden ((2)2000) describe la aparición del núcleo a los 3-4 años.

Scheuer y Black (2000) cifran el comienzo de la osificación alrededor de los 2,5 años en las niñas y 3,5 años en los niños. Esta información la recogen de distintos estudios que nombran, siendo: Puyhaubert (1913), Frazer (1948), Harding (1952), O´Rahilly et al (1960), Hoerr et al (1962), Acheson (1966), y Birkner (1978). Apunta que la osificación se puede retrasar en los niños hasta el cuarto o incluso quinto años de vida (citando a Stripp y Reynolds 1988). Basándose en Elgenmark (1946) expone que dicho centro está siempre presente en niñas a los 2 años y 8 meses (2,6 años) y en niños a los 4 años y tres meses (4,2 años). Francis et al (1939) dice que el núcleo está presente el 2% de las niñas a los 9 meses (0,7 años), en el 72% a los dos años y en el 100% a los 3 años. En los niños las cifras son en el 1% a los 6 meses (0,5 años), el 59% a los dos años y el 100% a los 4 años y seis meses (4,5 años).

Taylor y Resnick (2003) anuncian que la edad de aparición de la segunda cuña como núcleo primario varía entre 1,5 y 4 años.

Los rangos obtenidos en el estudio son próximos a los publicados en la literatura cuando se diferencian por sexos. En general se puede establecer que <u>los niños tienen un retraso aproximado de un año en la aparición del núcleo de osificación de la cuña intermedia comparado con las niñas</u>.

En nuestra serie, la segunda cuña en las niñas aparece no antes de los 0,64 años y de media a los dos años. Si observamos Erasmie y Ringertz fechan la aparición no antes de 0,8 años y con una media de 2,6 años; Montagne establece parámetros similares de 0,8 años y 1,8 años respectivamente; y Francis de 0,7 como valor mínimo y alrededor de 2 años de valor medio; para Sarrafian la media es de 1,6 años; y es de 1,9 años para Tax; de 2,5 años para Scheuer y Black y de 2,6 para Elgenmark. La edad mínima de aparición se puede cifrar en global entre 0,6 y 0,8 años, mientras la edad media se establece entre 1,6 y 2,6 años. Reverte es el único que se escapa un poco de esta estadística y lo cifra en 1,1 años.

En los niños obtenemos unos datos que reflejan la edad de aparición mínima a los 1,47 años; Erasmie-Ringertz y Montagne publican este hecho a los 1,1 años; sólo Francis lo adelanta al medio año. Con dicho autor tenemos una disparidad de un año completo, excesiva para los datos que se manejan. La edad media de aparición del núcleo en niños en nuestra serie es de 3,1 años. Es de 2,6

para Erasmie y Ringertz; 2,3 años para Sarrafian; 2,6 para Montagne; 2,7 para Tax y 2 años para Francis. Observamos que todos estos valores son inferiores al nuestro. No hay acuerdo entre el resto de autores, tanto por menor edad en Reverte (1,6 años de media), como por mayor edad 3,5 años Scheuer y Black y 4,2 años para Engelmark y hasta 5 años para Ebrí. Es decir, los valores publicados en niños son muy dispares y casi ningún autor coincide en la edad de aparición del núcleo de la segunda cuña.

Autor	**Niños**	**Niñas**	**Global**
Testut 1923			4-5 a
Francis 1939	1%: 0,5 a 59%: 2a 100%: 4,5 a	2%: 0,7 a 72%: 2a 100%: 3 a	
Elgenmark 1946	4,2 a	2,6 a	
Gómez Oliveros 1960			3 a
Orts Llorca 1969			3-4 a.
Lelièvre 1970			3 a
Gray 1977			4 a
Erasmie-Ringertz 1980	P5: 1,1a P50: 2,6a P95: 4,2 a	P5: 0,8a P50: 1,8a P95: 3 a	
Montagne et al 1984	2,6 a (1,1-4,2 a)	1,8 a (0,8-3 a)	
Tax 1985	2,7 a	1,9 a	
Ebrí 1988			0-5 a.
Reverte 1991	1,6 a	1,1 a	
Sarrafian 1993	2,3 a	1,6 a	
Puerta 1997			2 a
Ogden 2000			3-4 a
Scheuer-Black 2000	3,5 a	2,5 a	
Taylor y Resnick 2003			1,5-4 a.
Pizones-Pareja-Fdz Camacho 2007	1,47 - 4,79 a	0,64 - 3,39 a	

Tabla IV.3. Edad de aparición del núcleo de osificación primario de segunda cuña.

Como vemos en los resultados existe una cierta disparidad entre los autores que han realizado revisiones respecto a la edad de aparición de este núcleo y en la comparación con nuestros datos. Esto ocurre sobretodo con los autores clásicos anatomistas (Testut, Gómez Oliveros, Orts Llorca, Gray), cuyos resultados mezclan ambos sexos, haciéndolos parecer más imprecisos. Existen varios factores que pueden estar influyendo en que esto sea así. En primer lugar desconocemos qué criterio ha sido utilizado para determinar la presencia del núcleo de osificación cuneano (reciente aparición, formación parcial o completa…). En nuestro estudio el simple hecho de la existencia de dicho núcleo por visualización en la radiografía (aunque fuese de manera precoz) se ha clasificado como existente. Otro factor no controlado es la diferencia geográfica entre las diversas poblaciones: la americana (Sarrafian y Orden, Tax, Taylor y Resnick), sajona (Scheuer y Black) y mediterránea (Lelièvre, Montagne y Reverte Coma). Y por supuesto, la metodología aplicada a cada estudio (anatomía, histología o radiología) significa un factor diferenciador importante, al tratarse de estudios que provienen de especialistas en diferentes campos científicos. Así Reverte y Scheuer-Black le dan un carácter de antropología forense, con la incertidumbre del origen étnico y generacional a veces de los restos analizado; Tax y Sarrafian lo enfocan desde un punto de vista clínico; Testut, Gómez Oliveros y Gray son anatomistas clásicos; y Taylor y Resnick, Montagne y Erasmie-Ringertz obtienen los datos tras el análisis de radiografías.

Alteraciones radiológicas

El análisis de las imágenes buscaba alteraciones en la intensidad de la imagen, esclerosis o fragmentación. Se trataba de describir la frecuencia de la osteocondrosis que describió Buschke en 1934 y sus características, en nuestra población. En la literatura se describe que esta osteocondrosis suele ir asociada a la de la primera cuña y esta a su vez la del escafoides. Y que la imagen radiográfica debe mostrar zonas descalcificadas en el núcleo, fragmentación, bordes irregulares, desaparición de las trabéculas óseas, alteración de la anatomía ósea y ensanchamiento de los espacios óseos adyacentes (San Martín (1) 1981).

Nos ha resultado muy difícil valorar alteraciones en la morfología o en la densidad de la señal de dicho núcleo en las imágenes radiológicas, muchas veces debido a la intensidad con que la cuña suele reflejarse al hacer una radiografía

estándar anteroposterior de pie. Hallamos una imagen tomada como normal en el 99,5% de los casos (864 casos). Sólo en cuatro casos, que supone un 0,5% de ellos, se ha comprobado una alteración de sus características, en modo de fragmentación, lo que corresponde a 3 pacientes de 231, el 1,3%. Son datos similares a los recabados por Pareja sobre la cuña medial, donde el porcentaje de alteraciones era también bajo (1,6%) y la mayoría debido a fragmentación (Pareja 2004).

Todos los casos corresponden a varones (recordemos que la osteocondrosis afecta con más frecuencia a niños que a niñas), y en todos ellos se observa la fragmentación de la segunda cuña a edad muy temprana: un paciente de 2,9 años con pie plano y fragmentación bilateral, otro con 4,7 años y pie zambo, y el último de 2,38 años, tras consultar por torsión tibial. Se ha podido comprobar que con el crecimiento, se normaliza la imagen radiográfica de fragmentación de dichos núcleos en todos los pacientes.

Figura IV.1. Fragmentación bilateral del núcleo primario de la segunda cuña.

Algún estudio apunta la posibilidad de encontrar de manera fisiológica múltiples núcleos en este centro de osificación (hasta en el 50% de los niños según Ebrí) (Ebrí 1988), pero lo habitual es que la segunda cuña aparezca con un

único núcleo de osificación, pudiéndose describir su morfología adulta a partir de los seis años de edad (Gómez Oliveros 1960, Puerta 1997, Tachdjian 1999, Scheuer y Black 2000). Por otro lado hay autores que describen que, la osteocondrosis de este núcleo, suele cursar de manera asintomática, descubriéndose de forma casual, siendo lo habitual que evolucione hacia la normalidad en uno o dos años, sin dejar secuelas (San Martín (1) 1981). Por los resultados obtenidos en nuestro estudio, no podremos saber si en nuestra casuística, el hecho de haber encontrado un patrón de fragmentación del núcleo que ha evolucionado a la normalidad, se debe a un proceso fisiológico, siendo parte normal de la evolución en la formación de núcleo durante su transición a la forma adulta o es debido a un proceso patológico que ha evolucionado hacia la corrección, habiendo podido tratarse realmente de una verdadera osteocondrosis. Al no recoger datos clínicos no se pueden relacionar dichos hallazgos con la presencia de dolor, hecho que podría demostrar un cuadro patológico.

Estudio morfométrico

En el estudio de la morfología de la cuña, utilizando los índices que explicamos ampliamente en el apartado de material y métodos, hemos encontrado que tanto la longitud como la anchura de la cuña intermedia en las niñas son significativamente mayores que en los niños. Parece no existir diferencias de lateralidad. Con respecto a las diferencias entre los cuatro grandes grupos de patologías, se descubre que la longitud de la segunda cuña es significativamente menor entre los pacientes con pie zambo con respecto al resto de los pacientes del estudio: traumáticos, pies planos y *hallux valgus*. La anchura de dicha cuña ha resultado ser mayor en lo casos traumáticos que en los de pie plano y zambo. Y finalmente se descubre que la longitud de la cuña ha resultado ser mayor en pacientes con *index minus* con respecto a los que presentan *index plus*.

Se puede alegar que, por ejemplo en el caso de la diferencia de sexos en la muestra, el total de casos femeninos (9,5 años) es de mayor edad que el total de casos masculinos (7,9 años) y que esto haría variar los tamaños comparados. O que los pies zambos siempre serán más pequeños porque se estudian a una edad más temprana. Sin embargo para sacar conclusiones correctas hay que tener en cuenta que, el trabajar con índices que reflejan una magnitud relativa no se corresponde con los datos que se obtendrían al trabajar con cifras absolutas. Al

igual que utilizar estas medidas relativas hace universal la comparación de cualquier imagen que se mida, lo mismo homogeniza pies pequeños con grandes.

No se han encontrado referencias bibliográficas que muestren resultados análogos que se puedan comparar.

Estimación de la edad ósea a partir de la segunda cuña

A través de los índices creados para este trabajo, intentamos calcular de la manera más aproximada posible, la edad ósea de un individuo sabiendo las medidas de su núcleo primario de la segunda cuña. El índice que más nos ha servido en este núcleo ha sido icuñarad. Se calcula dividiendo la longitud central del núcleo entre la longitud total del segundo radio. Presenta correlaciones positivas en los distintos grupos formados. Las mejores aproximaciones las calcula para pacientes con pie zambo, donde el coeficiente de determinación llega al 0,46. En el grupo general, su poder de estimación no rebasa el 0,32, aunque para los varones se consigue un R-cuadrado del 0,38.

La ecuación de la recta de regresión para la estimación de la edad ósea en la población es edad = 0,55 + 75,21 x icuñarad.

La ecuación de la recta de regresión para la estimación de la edad ósea en pacientes con pie zambo es edad = 0,52 + 60,38 x icuñarad.

IV. B. 2. Segundo metatarsiano

IV. B. 2a. Núcleo de osificación proximal del segundo metatarsiano

Debate sobre la existencia del núcleo basal del segundo metatarsiano

Existe una controversia en la literatura sobre la verdadera existencia de ciertos núcleos de crecimiento. Generalmente los textos clásicos se detienen de manera especial para discutir sobre la existencia del núcleo distal del primer metatarsiano y describir si dicho hueso no sólo presenta un núcleo proximal de crecimiento, y con ello explicar toda la teoría de la trifalangia del *hallux*, sino que a su vez presenta con cierta frecuencia un segundo núcleo epifisario de crecimiento en su zona distal. Sin embargo pocos textos se entretienen en debatir sobre una epífisis adicional localizada en la base del segundo metatarsiano (y por

extensión la posibilidad de su existencia en el resto de metatarsianos, salvo el quinto, donde el reconocimiento de su epífisis basal es extenso y generalizado). Revisados estudios de científicos que detallan la anatomía, desarrollo y características morforadiológicas de los huesos metatarsales como los de Testut 1923, Gómez Oliveros 1960, Köster 1968, Gray 1977, WEA 1980, Montagne 1984, Tax 1985, Moore 1989, Sadler 1990, Reverte 1991, Sarrafian 1993, Campos 1997 o Scheuer y Black 2000, no conseguimos encontrar referencias que describan la posibilidad de aparición de un núcleo a nivel proximal en el segundo metatarsiano. Ebrí llega a afirmar que los huesos metatarsianos y las falanges sólo tienen una epífisis, es decir son monoepifisarios (Ebrí 1988). Sin embargo, parece fundamental conocer su existencia, distribución y características, pues tiene su importancia clínica en la evaluación de traumatismos, deformidades congénitas y enfermedades metabólicas, porque puede ser factor de confusión en la elaboración diagnóstica, o procesos vistos asociados a patología endocrina (Ogden SR 1994). Esta controversia conlleva, de forma inherente, la discusión sobre la aparición de patología sobre este núcleo de forma similar a como ocurre en otros núcleos descritos clásicamente.

Los estudios de Ogden en huesos metacarpianos, metatarsianos y falángicos en cadáveres, han demostrado que durante el periodo fetal no existen diferencias entre los extremos de crecimiento de los núcleos primarios en los huesos largos. La histología de ambos extremos del hueso es semejante, y por tanto el hueso largo tiene el mismo potencial de crecimiento por uno u otro de sus extremos. Sin embargo demuestra que el extremo óseo que no desarolla posteriormente una epífisis, pierde paulatinamente la capacidad de crecimiento. Si esta desaparición progresiva de las columnas fisarias se retrasa, pueden llegar a formarse las consideradas pseudoepífisis. Aunque este autor reconoce con esto la posible existencia de centros de crecimiento en la base de los metatarsianos no detalla en qué piezas óseas pueden encontrarse, como tampoco especifica cuándo y cómo pueden llegar a fusionarse con el resto de la metáfisis (Ogden JPO 1994). En otro artículo revisado del mismo autor sí se refiere concretamente a los metatarsianos, exponiendo que "los cuatro metatarsianos laterales pueden desarrollar una pseudoepífisis proximal" (Ogden (2)2000).

El autor español Rochera llevó acabo un extenso trabajo estudiando el núcleo distal del primer metatarsiano. En su análisis radiográfico descubre de

manera casual en los metatarsianos laterales de sus pacientes, la existencia de centros de crecimiento proximales que aparecen indistintamente en uno o varios de los cuatro metatarsianos restantes. Sin embargo este hallazgo parece ser parte accidental de su verdadero estudio y no le dedica más tiempo ni profundiza en su análisis (Rochera y Rabat 1980).

Con respecto a los textos radiológicos consultados, sólo Keats en su atlas de variantes de la normalidad, comenta algo sobre la existencia de estos núcleos. En dicho texto presenta tres radiografías en las que se observan los núcleos accesorios de las bases de los metatarsianos laterales, y anota escuetamente que "no tienen significado clínico" (Keats 1993), igual que opinan Lee y Garn, que pueden ser normales en niños sin patología (Lee and Garn 1967). Llama la atención que otro autor de envergadura como Resnick en su tratado de "variantes anatómicas y artefactos que pueden simular enfermedad" no cite, ni describa núcleos adicionales en las bases de los metatarsianos (Resnick 1981). Tampoco lo hace en su publicación más actual (Taylor y Resnick 2003)

El único autor clínico consultado que refleja la posibilidad de la presencia de estos centros basales, aunque sin entrar en detalles descriptivos, ni citar bibliografía donde tomar referencias, es Tachdjian. En su libro de ortopedia clínica pediátrica deja escrita la frase "en las bases de los metatarsianos puede hallarse una pseudoepífisis" (Tachdjian 1999).

El anatomista Anderson extrajo restos óseos medievales (de entre los siglos XIII y XVI) de manos y pies en Norwich (Inglaterra), en busca de epífisis accesorias. Tras el análisis de estos huesos de esqueletos preservados, descubrió que dichas epífisis se encuentran con mucha más frecuentes en las muestras arqueológicas que en la población actual. Obtuvo un abundante número de epífisis distales del primer metacarpiano y metatarsiano (en todos los casos el hallazgo fue bilateral), con gran asociación a epífisis en la base del segundo metacarpiano. Y aceptó la teoría del carácter hereditario de las mismas que propusieron Lee y Garn (Lee and Garn 1967). Desgraciadamente, a pesar del material tan jugoso obtenido, no menciona haber encontrado epífisis en la base del segundo metatarsiano (Anderson 2001).

En nuestro trabajo se han encontrado casos con presencia del núcleo adicional proximal del segundo metatarsiano. Concretamente se ha observado en

un total de 78 imágenes radiológicas, que supone el 7,8% de los casos de la muestra, estando pues ausente en el 91,9% de las imágenes (920/1001). Estas imágenes corresponden a siete pacientes de los 231 totales, lo que supone un porcentaje del 3% del total de los pacientes incluidos en el estudio. Curiosamente todos los siete pacientes presentan a su vez un núcleo adicional distal en el primer metatarsiano.

Hay que considerar que el núcleo, como hemos comprobado, se cierra entre los tres y los nueve años, muchos de los pacientes del trabajo han pasado esta edad al entrar en el estudio, y una vez osificado no puede observarse radiológicamente si ese metatarsiano ha podido tener en sus inicios un núcleo basal.

Los resultados muestran que la mayor parte de los casos en los que se observa este hallazgo corresponde a pies planos, con el 48,7% (38 casos), pudiéndose asegurar con significación estadística que en pies con dicha patología el núcleo basal del segundo metatarsiano aparece con mayor frecuencia que en el resto de pies (patológicos y sanos). Le siguen en frecuencia aquellos pies con artrogriposis (30,8%), luego pie zambo (19,2%) y por último los pies que han sufrido traumatismos (1,3%). Este último motivo de consulta es el de los casos de control (pacientes sin patología), que destaca por ser el grupo en el que menos incidencia existe de presencia de dicho núcleo. Dato curioso pues nos puede llevar a concluir que dicha epífisis se observa con mucha mayor frecuencia en pies patológicos que en sanos (aunque el tamaño muestral es muy pequeño para poderle dar fiabilidad estadistica). Sí se puede concluir con certeza que el núcleo de osificación proximal del segundo metatarsiano se asocia con mayor frecuencia a pacientes con aplanamiento del arco longitudinal plantar (pie plano).

Frecuencia de aparición del núcleo basal adicional

No disponemos de datos de ninguna otra serie que haya estudiado la presencia de este hallazgo, y mucho menos su frecuencia de aparición y características. Sin embargo sí se puede constatar la baja frecuencia poblacional comparada con la del hallazgo del núcleo adicional distal del primer metatarsiano. En la reciente tesis doctoral del primer radio del pie de Pareja se habla del 39,2 % de las imágenes radiológicas y el 24,4% del total de pacientes, apareciendo en el grupo de 2 a 3 años en un 47,4%; de 4 a 6 años en el 66,7%; de 7 a 9 años en el

33,3% y de 10 a 12 años en el 10,4% (Pareja 2004). Datos que se asemejan a los de los trabajos de Mathis tras analizar 116 niños, entre 2 y 12 años de edad, donde la presencia del núcleo de osificación distal del primer metatarsiano está cifrada en un 24,9% del total muestral, apareciendo en el grupo de 2 a 3 años en un 36,8%; de 4 a 6 años en el 46,2%; de 7 a 9 años en el 14,6% y de 10 a 12 años en el 11,4% (Mathis 1989). Rochera y Rabat, realizaron una revisión en una población de 210 niños, entre 2 y 11 años de edad, en un total de 420 pies. Encuentran la presencia del núcleo de osificación distal en el 74,7% de la muestra. En el grupo de 2 a 3 años en un 78%; de 4 a 6 años en el 96%; de 7 a 9 años en el 79% y de 10 a 12 años en el 18% (Rochera y Rabat 1980).

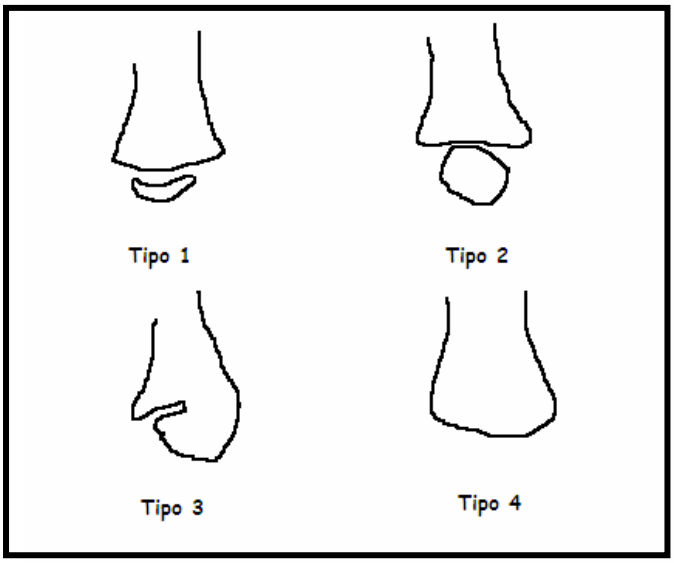
Nosotros encontramos el núcleo basal adicional del segundo metatarsiano en un 3% de los pacientes y en un 7,8% de las imágenes, siendo resultados que concuerdan con lo expuesto por Ogden, que determina que la pseudoepífisis del primer metatarsiano se encuentra con más frecuencia que en el resto de metatarsianos (Ogden SR 1994).

Morfología del núcleo epifisario basal

Metodológicamente ha resultado difícil establecer un patrón regular para el reconocimiento de estos núcleos basales. Rochera y Rabat visualizaron la presencia de una línea radiolucente en ambas proyecciones radiológicas (Rochera y Rabat 1980). Ogden define como característica clínica de las pseudoepífisis la presencia de una indentación radiolucente que asemeja la separación de la osificación metafisaria de la peudoepifisaria. Tiene apariencia radiográfica de núcleo secundario de osificación de tamaño variable conectado a la metáfisis por uno o más puentes óseos (Ogden JPO 1994). Para el caso del núcleo distal del primer metatarsiano hemos hallado una referencia de González-Casanova en uno de los libros de A. Viladot. En un examen de 400 radiografías realizadas en pacientes entre 2 y 8 años, este autor esboza diferentes grupos atendiendo a la forma en la que aparecen los núcleos. En el tipo A "aparece una sombra separada del resto por una línea"; en el tipo B "esta línea tiene forma de hendidura"; en el C "la hendidura es más completa"; y en el D "existe una epífisis completamente separada del resto del hueso" (González Casanova cit. Viladot (4)2001). De hecho, como todos los casos que se han obtenido de núcleo adicional basal del segundo metatarsiano asocian núcleo adicional distal del primer metatarsiano, se

puede constatar que estos últimos aparecen distribuidos en: dos tipos A, tres tipos C y dos tipos D.

Al observar los siete casos que tenemos de núcleo basal del segundo metatarsiano podemos describir morfológicamente un esquema semejante, aunque debe ser ajustado a la forma más ancha y trapezoidal de la base del segundo metatarsiano. Describimos una clasificación en tras el estudio de la morfología del núcleo en cuatro tipos, no encontrada anteriormente en la literatura vigente: definimos el tipo 1 como aquel núcleo incipiente separado de la metáfisis en forma de semiluna, semejante al rudimentario; el tipo 2 donde el núcleo redondo aparece formado completamente y separado de la metáfisis; y el tipo 3 donde la base del metatarsiano muestra un hendidura o muesca que profundiza hasta la mitad de la anchura de dicha base, pareciendo fusionada la otra mitad al resto de la metáfisis. Existiría un tipo 4 donde se observa una fusión completa. Aunque sólo hemos visto claramente en un caso la evolución secuencial por cada tipo o estadio dibujado a lo largo del crecimiento, puesto que de algunos casos lo que tenemos son imágenes únicas de un paciente sin su evolución en el tiempo, se puede asumir que los distintos tipos esquematizados son eso, estadios evolutivos como el de Risser y por eso en nuestra metodología hemos clasificado los núcleos según la escala establecida para el resto de núcleos el estudio, la escala de Risser adaptada (ver material y métodos II). De tal manera que en la evolución de los pacientes, al desaparecer el núcleo basal como tal o la hendidura, se ha supuesto su fusión completa con la metáfisis y asignado el valor 4 de Risser que podría dibujar un tipo 4, o fusión completa (figura IV. 2).



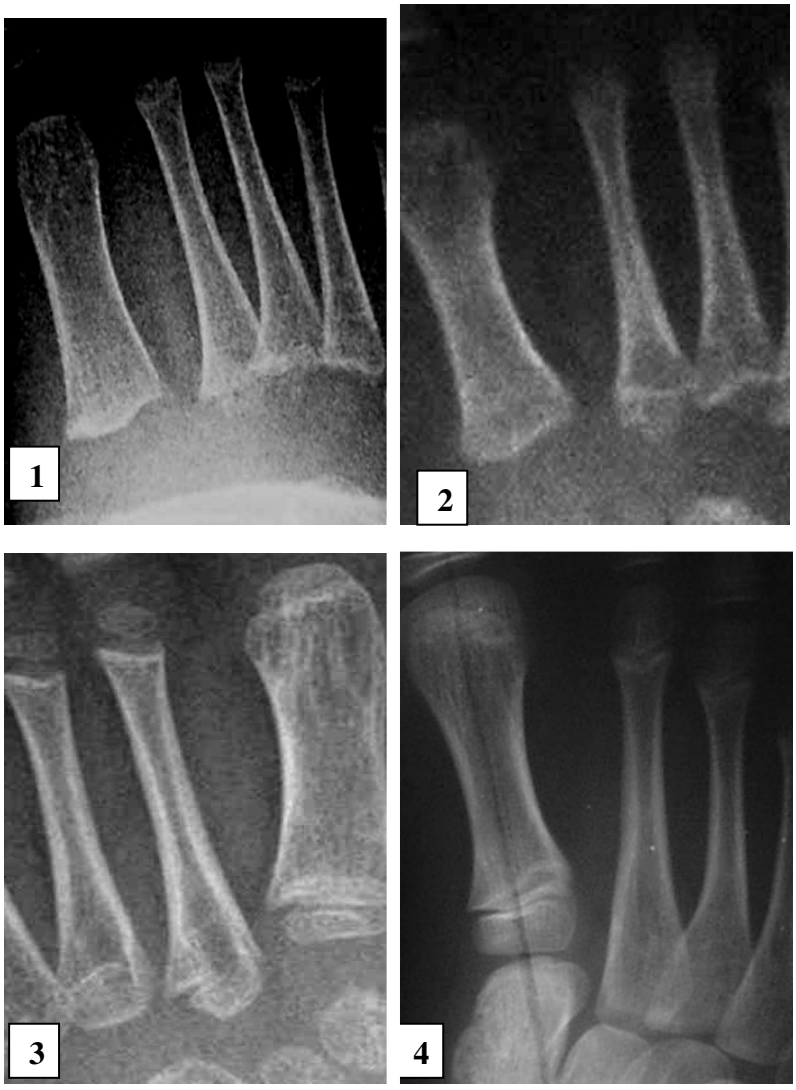


Figura IV. 2. Tipos o patrones morfológicos del núcleo basal adicional del segundo metatarsiano. Clasificación morfológica.

También se ha estudiado si la morfología de la base del segundo metatarsiano que ha tenido un núcleo adicional, difiere finalmente de la de cualquier otra base del segundo metatarsiano, desde la suposición de que la morfología quedara más "cuadrada" o más "triangular". Sin embargo hemos constatado que el patrón morfológico varía con el individuo, con independencia de haber tenido dicho núcleo y que prácticamente todas las bases acaban teniendo un mismo patrón radiográfico que se ajusta al "cajón" que dibujan las tres cuñas con las que se articula la base del segundo metatarsiano.

Presentando los resultados del estudio con respecto al patrón morfológico de los núcleos basales hallados en todos los casos, dos de ellos se encuentran en estadio rudimentario (tipo 1), en pacientes cuyas edades hacen una media de 2,3 años. En siete casos se descubren dichos núcleos en estadio dos de Risser (tipo 2), lo que supone estar formados y completamente separados de la metáfisis. La edad media en ellos es de 3,2 años con un rango de 1,55 a 4,05 años. Nueve suman los casos donde el núcleo proximal comienza a fusionarse con la metáfisis del segundo metatarsiano (tipo 3). La edad media en esta ocasión es de 3,9 años. Al estudiar el cierre completo epífiso-metafisario (tipo 4) descubrimos que la edad media resultante de los 60 casos es de 9,3 años.

Edad de aparición del núcleo epifisario basal

Al tratarse de un núcleo inconstante, ha sido difícil de estudiar en la muestra. Para calcular la edad media de aparición del presente núcleo, se ha tomado la media de edades donde el grado de osificación metafisario resulta ser rudimentario (Risser 1). Desgraciadamente la muestra tiene muy pocas imágenes que muestren justo este estadio, y sólo se han logrado capturar dos imágenes representativas, cuya edad media es de 2,33 años, siendo el rango mínimo el de una niña de 2,16 años y el máximo el de un niño de 2,51 años (ver tabla IV. 12). Con tamaño muestral tan pobre no se pueden sacar conclusiones, más aún cuando no existen referencias bibliográficas de su estudio por ningún otro autor.

Edad de cierre o fusión epifisometafisaria

En los casos en los que el núcleo se halla presente (9 casos), la edad media en la cual se observa un cierre parcial (Risser 3) del núcleo es de 3,94 años, con un rango que oscila ente los 1,55 y 4,90 años (ver tabla IV. 14). El cierre metafisario de este núcleo es completo (Risser 4) en 60 casos, cuya edad media es de 9,39 años, con un rango que oscila ente los 3,27 y 18,49 años (ver tabla IV. 15).

La distribución por sexos del cierre parcial (Risser 3) de dicho núcleo, muestra una media en los niños de 4,46 años con un rango de 3,77 a 4,90 años; siendo en las niñas de 2,89, con un mínimo de 1,55 años y un máximo de 3,87 años. El grado de cierre metafisario completo, no se observa hasta una edad media

de 8,56 años en los niños, con rango 4,53 a 12,10 años; y de 9,69 en las niñas, con un mínimo de 3,27 años y un máximo de 18,42 años.

Como apuntan Rochera y Rabat en su estudio de la epífisis adicional del primer metatarsiano, hay uniformidad en la edad de aparición de la epífisis, pero en la de fusión el rango es mucho más amplio (de 6 a 11 años en el estudio de Rochera, de 7,6 y los 10,43 años según los resultados de Pareja) (Rochera y Rabat 1980, Pareja 2004). Se puede observar que el núcleo basal del segundo metatarsiano se fusiona de manera precoz, antes que cualquier otro núcleo del segundo radio del pie. Como se comprueba histológicamente, las pseudoepífisis suelen estar bien formadas a los 4 o 5 años y se unen al resto metafisario meses o años antes que la maduración esquelética tenga lugar en el extremo epifisario verdadero opuesto (Ogden SR 1994, Ogden JPO 1994). En nuestro cas no sólo se adelanta a la fusión de la epífisis verdadera (núcleo distal) del segundo metatarsiano, sino que lo hacen también a la de la pseudoepífisis (núcleo adicional distal) del primer metatarsiano. Anderson publica que en los restos óseos medievales, las epífisis adicionales distales del primer metacarpiano y metatarsiano no completan su fusión hasta los 13 o 15 años de edad, mientras que la adicional el segundo metacarpiano comienza a fusionarse antes de los 8 años (Anderson 2001). Parece pues, que puede haber un cierre más precoz de los núcleos adicionales de los segundos radios comparados con los primeros.

En el estudio de la influencia de variables con respecto al cierre parcial de esta epífisis, se puede concluir que ni la lateralidad, ni el motivo de consulta, ni las fórmulas digital o metatarsiana intervendrían en la edad de inicio de la fusión. Por el contrario, sí se puede afirmar que los varones tienen una edad media de cierre parcial fisario del núcleo proximal del metatarsiano más tardío (4,4 años) que las niñas (2,8 años), al contrario de lo que descubrió Pareja en el núcleo adicional del primer metatarsiano (Pareja 2004); y que la edad de cierre parcial del núcleo proximal del segundo metatarsiano es más tardía en combinación de fórmulas PCIM (4,9 años), que en PEIP (4 años).

En el estudio del cierre completo epífisometafisario de este núcleo, ni el sexo, ni la lateralidad parecen tener un papel significativo en la variación de la edad media de su cierre completa. Sin embargo, la edad media de cierre completo

del núcleo se retrasa en los pacientes con pies planos (10,18 años) comparados con los de pie zambo (6,75 años). Además existe un retraso en este estadio de fusión en los pacientes con pie griego (5,68 años) con respecto al grupo de pacientes con pie egipcio (9,9 años) y viceversa. Con respecto a la fórmula digital se ha comprobado que la edad media del cierre completo es más tardía en fórmulas *index minus* (10, 9 años) que en las que presentan *index plus* (8,3 años), igual que ocurre con el núcleo adicional del primer metatarsiano (Pareja 2004). Y finalmente se puede asegurar que este cierre, en pies con combinación de fórmulas PGIP, se produce a una edad media más precoz (5,68 años) que el cierre total en la combinación PEIM (11,30 años) y viceversa.

No se ha encontrado en la bibliografía textos que traten sobre la aparición o cierre del núcleo epifisario proximal del segundo metatarsiano. Esto afortunadamente realza la importancia de nuestro estudio, porque parece ser que somos los primeros en describirlo, pero desafortunadamente nos deja poco espacio para la discusión comparativa.

Características específicas del núcleo adicional basal del segundo metatarsiano

De las 78 radiografías seleccionadas por la aparición de dicho núcleo, el 66,7% corresponden al sexo femenino y el 33,3% al masculino. El núcleo proximal del segundo metatarsiano se encuentra presente en el 5% del total de los niños y en el 10,9% del total de las niñas del estudio. Estadísticamente se puede afirmar que en la muestra la aparición del núcleo de osificación proximal del metatarsiano es más frecuente en niñas que en niños.

Con respecto a la lateralidad de los pies que presentan el núcleo, la distribución es homogénea, la mitad de los pies son derechos y la otra mitad son izquierdos, no parece que exista un predominio en cuanto a la lateralidad del pie.

Aunque estadísticamente no parece existir predominio de un determinado morfotipo de fórmula digital, parece curioso reseñar que la mayoría de los pies son de tipo egipcio (75,6%), seguidos en frecuencia del tipo griego (16,7%) y del tipo cuadrado (7,7%). Dato interesante si pensamos que la presencia del núcleo

puediera conllevar el incremento de longitud del metatarsiano y con ello de todo el segundo radio. El mismo dato paradójico se obtiene de la fórmula metatarsal, donde sí se puede demostrar estadísticamente la asociación entre la presencia del núcleo de osificación proximal del segundo metatarsiano y la fórmula tipo *index plus* (un 64,1% del total), siendo esta fórmula más frecuente que la *index minus* (34,6%) o *index plusminus* (1,3%). Dicho descubrimiento tira por tierra la teoría del sobrecrecimiento del metatarsiano ante la presencia del núcleo basal adicional, y pone en duda la capacidad del núcleo de crecimiento real, es decir de epífisis verdadera de crecimiento. Sólo después de estos hallazgos puede hacerse comprensible que la combinación de fórmulas significativamente más frecuente, en aquellos casos que presentan núcleo de osificación proximal del segundo metatarsiano, sea el pie egipcio *index plus* (PEIP), aunque está seguido de PEIM, entre ambas representan el 75,6% del total.

Debate sobre el núcleo adicional basal como pseudoepífisis

Una vez aceptada la posible existencia de este núcleo adicional, se establece un nuevo debate a la hora de clasificar a este tipo núcleos como epífisis verdadera de crecimiento o solamente como pseudoepífisis o falso centro de osificación.

Al explicar la histología de los huesos tubulares metatarsales y falángicos se describen dos formaciones fisarias discoideas, una a cada extremo del núcleo primario de osificación. Pero con el crecimiento de este núcleo primario sólo un extremo permanece como condroepífisis verdadera para el crecimiento longitudinal del hueso. La epífisis opuesta es reemplazada progresivamente hasta quedar como una pequeña zona entre la superficie articular y la metáfisis de contorno esférico. La disminución de la longitud de sus columnas celulares, merma su capacidad de crecimiento, pero permite una expansión del extremo del hueso, en nuestro caso, formando la base del metatarsiano y falanges. En palabras de Ogden "en estas epífisis rara vez aparecen núcleos de osificación, pero sí una variación del mismo que se denomina pseudoepífisis, que representa no un núcleo verdadero, sino un alargamiento expansible de la osificación metafisaria" (Ogden (1)2000). Con esta afirmación expone estar de acuerdo con Caffey en que dichas pseudoepífisis no contribuyen al crecimiento longitudinal del hueso, pero aclara

en contra de lo afirmado por este último, en que tienen tanto entidad radiológica como anatómica (Ogden SR 1994).

Diversos autores (Brailsford 1948, Lachman 1953, Caffey 1972, Montagne 1984, Tax 1985, Scheuer y Black 2000) al hablar sobre el núcleo adicional del primer metatarsiano no lo consideran como núcleo epifisario verdadero sino como una pseudo-epífisis o una prolongación hacia la cabeza de la osificación del cartílago diafisario primario que viene a confundirse con una epífisis. Ya Pryor (1907) consideraba como una variación hereditaria de la normalidad la aparición de una pseudoepífisis en la base del segundo metacarpiano. Sin embargo autores clásicos como Stettner, Weitner, Rochlin, Lachman y Snodgrasse creían que las epífisis accesorias eran anomalías resultantes de alteraciones en el desarrollo esquelético (Greulich y Pyle 1959, Ebrí 1988). La cuestión no es banal en Ortopedia ya que de ser una epífisis, el tejido radio lúcido proximal a la misma sería un auténtico cartílago de conjunción para el crecimiento en longitud, sujeto a la Ley de Delpech-Hueter-Volkmann. Por el contrario si es una pseudoepífisis no sería tan trascendente su observación. Recientemente se ha estudiado este fenómeno en el primer metatarsiano llegando a la conclusión, tras el análisis de 971 imágenes, que esta epífisis se comporta como un verdadero núcleo de osificación contribuyendo al tamaño final del metatarsiano. En los datos que obtiene su autor, el núcleo adicional del primer metatarsiano (en este caso distal), se asocia con una mayor longitud definitiva del mismo, y por tanto tiene un papel importante en su crecimiento óseo (Pareja 2004).

A pesar de que a lo largo de este análisis, la idea de que el núcleo proximal del segundo metatarsiano pueda comportarse como un núcleo verdadero de crecimiento, se vea cada vez más lejana, es nuestra obligación investigar de manera objetiva si realmente lo es. Para poderlo hacer inventamos un índice (i2metrad) que de manera cuantitativa, pueda medir la relación entre la presencia del núcleo y la longitud definitiva del metatarsiano. Este cociente entre la longitud del segundo metatarsiano y la longitud de todo el segundo radio se aplica inicialmente en aquellos pacientes que han terminado por completo el crecimiento de este metatarsiano (con fusión de la epífisis distal), tanto en los casos con presencia como con ausencia de núcleo su epifisario proximal. Desgraciadamente

con los pocos pacientes resultantes del escrutinio realizado (6 por parte del grupo con presencia de núcleo), no se puede establecer una relación directa de la influencia del núcleo proximal en la longitud total del metatarsiano, teniendo que concluir que la presencia del núcleo de osificación proximal del segundo metatarsiano parece no variar la longitud definitiva del mismo al término de su crecimiento. Para ampliar el estudio se decide comparar, no sólo de los metatarsianos completamente formados, sino también de aquellos en formación. Con ello se consigue aumentar la muestra a 57 casos con presencia del núcleo proximal, quedando 717 casos con ausencia del núcleo proximal del segundo metatarsiano. Esto tampoco obtiene resultados estadísticamente significativos, permitiéndonos asegurar que la presencia del núcleo proximal del segundo metatarsiano parece no influir en la longitud de dicho metatarsiano a lo largo de su crecimiento. Como hacen notar Rochera y Rabat para la epífisis adicional del primer metatarsiano, puede ser que la relativamente corta vida de dichas fisis sea la causante de su pobre fertilidad y leve contribución a la longitud del hueso durante el crecimiento (Rochera y Rabat 1980).

Finalmente estudiamos si el núcleo proximal del segundo metatarsiano en los casos donde se presenta, influye en la longitud final del metatarsiano y consecuentemente del segundo radio comparado con aquellos que no lo presentan, comparando el subgrupo de pacientes de la muestra con núcleo proximal y distal, con aquellos que sólo tienen núcleo de crecimiento distal, al término del crecimiento. Descubriendo igualmente que <u>la longitud del segundo metatarsiano y del radio parece que no se modifica por la presencia del núcleo de osificación proximal de dicho metatarsiano</u>.

Todo este estudio pretendía estudiar el comportamiento del núcleo proximal del segundo metatarsiano y con ello eventualmente poder establecer si se trataba o no de una epífisis verdadera y si el tejido radiolúcido proximal se comporta como un auténtico cartílago de conjunción. Con la teoría de que así fuera, y que esto incrementara el tamaño del segundo metatarsiano y el radio mismo en comparación con los pies que no presentaran dicho núcleo, se podría haber investigado si este hecho hubiera podido tener relación con procesos patológicos. En el primer metatarsiano se ha demostrado que la existencia de la epífisis distal adicional al aumentar la longitud del metatarsiano conlleva la

aparición de una fórmula metatarsiana *index plus* (Vilaseca 1980 cit. Pareja 2004, Rochera y Rabat 1980, Saggini 1984, y González Casanova cit. Viladot (4)2001) y a la predisposición al desarrollo patología como *hallux rigidus*, osteonecrosis u osteocondritis disecante (Rochera y Rabat 1980). De igual manera queríamos haber investigado si la presencia de un segundo metatarsiano mas largo por la presencia del núcleo basal adicional, se podía relacionar con un predominio de patología: enfermedad de Freiberg, fracturas por sobrecarga de la marcha (*deutschlander*), metatarsalgia de apoyo o segundo dedo en garra. Nada de esto ha podido ser verificado. Además hemos podido comprobar que el crecimiento y desarrollo radiológicos del segundo metatarsiano en los casos en los que existe núcleo epifisario adicional proximal corresponde a un hueso largo típico, y es igual que el de un segundo metatarsiano estándar sin presencia de dicho núcleo. El núcleo epifisario proximal puede ser una pseudo-epífisis pues su tejido cartilaginoso parece que no contribuye al crecimiento longitudinal del metatarsiano, afirmación que compartimos con los autores Caffey y Ogden (Ogden SR 1994).

Alteraciones radiológicas

De entre todos los casos del estudio que presentan el núcleo proximal del segundo metatarsiano, sólo se evidencia alteración radiológica en uno de ellos. Esto supone tan sólo el 1,3% de los núcleos presentes, que se correlaciona con el 0,4% de los pacientes, mientras que el resto son de características normales. Este caso corresponde a un niño con pies zambos en el que, al aparecer inicialmente el núcleo proximal del metatarsiano de su pie izquierdo a los 2,5 años, éste se presenta en forma de fragmentación en fase rudimentaria. Al avanzar su desarrollo adquiere características de normalidad, con lo cual lo hemos considerado como un hecho fisiológico sin patología. No parecen existir casos de mayor densidad o esclerosis. No hay referencias bibliográficas sobre este tema.

Estudio morfométrico

Parece que en las niñas, la longitud del núcleo medida con respecto a la del metatarsiano es mayor que en los niños. Para el resto de variables: lateralidad, motivo de consulta y fórmulas del antepié, no parece haber diferencias en la morfología del núcleo.

Estimación de la edad ósea a partir del núcleo adicional basal del segundo metatarsiano

En esta muestra no se ha conseguido hallar una ecuación de regresión que se correlacione significativamente con la población muestral. Sin embargo este núcleo basal metatarsiano, con los pocos casos que lo representan, ha conseguido obtener el mejor coeficiente de correlación de todo el estudio, que es de 0,80, para el cálculo de la edad ósea en pacientes con pie zambo, con el índice ifipmet. Este índice que se calcula del cociente de la longitud del núcleo y la longitud del segundo metatarsiano, ha conseguido a su vez una buena correlación (positiva) para el grupo de los varones. Con un R-cuadrado del 0,41.

La ecuación de la recta de regresión para la estimación de la edad ósea en la población de niños es edad = 1,88 + 20,98 x ifipmet.

La ecuación de la recta de regresión para la estimación de la edad ósea en pacientes con pie zambo es edad = 1,12 + 29,14 x ifipmet.

IV. B. 2b. Núcleo de osificación distal del segundo metatarsiano

Edad de aparición del núcleo epifisario

Este núcleo del segundo metatarsiano sí es constante y por ello más fácil de encontrar y definir. La edad media en que se evidencia la presencia del núcleo de osificación distal del segundo metatarsiano es de 3,79 años, oscilando el rango entre los 1,93 años y los 5,76 años. Cuando se estudian las cifras segmentadas por sexos, se descubre una edad media de aparición de dicho núcleo en niños de 4,11 años, con un rango de 2,83 a 5,76 años; mientras que en las niñas la edad media de aparición es de 3,24 años, siendo los límites 1,93 y 4,82 años. Esta diferencia entre ambos sexos tiene significación estadística, con lo que se puede afirmar que el núcleo de osificación distal del segundo metatarsiano aparece antes en los pacientes femeninos (3,24 años) que en los masculinos (4,11 años). (Ver tabla IV. 12).

Las cifras que se obtienen de media de edad en la aparición de este núcleo según los motivos principales de consulta indican que la media más precoz se da en niños con *hallux valgus* (2,9 años), seguido de traumatismos (3,6 años), pie plano (3,8 años) y finalmente pie zambo (4,2 años). Tras el análisis estadístico no

parece existir ningún factor etiológico causal (entre los estudiados), que influya en la edad de aparición de dicho núcleo (adelantándola o atrasándola). En el resto del análisis no se puede comprobar que dicho núcleo aparezca antes en los pies izquierdos que en los derechos. Y tampoco parece existir una diferencia de aparición entre los distintos morftipos de fórmula digital, metatarsiana o combinación de ambas.

Consultando los datos publicados se obtienen las siguientes referencias (ver tabla IV. 4).

Testut (1923) comenta que el núcleo distal del segundo metatarsiano puede verse entre los 2 y 4 años de edad.

Gómez Oliveros (1960) habla de todos los metatarsianos en general, describiendo la aparición de sus núcleos secundarios a los 4 años de vida.

Köster (1968) emprende un estudio de la osificación del antepié y los dedos. En él se analizan 320 imágenes recogidas de 200 pacientes. Entre otros datos se sacan los estadios de osificación de los distintos huesos. Desde el tema que nos centra, dicho autor obtiene como edad de aparición de los núcleos del segundo a cuarto metatarsianos los 3 años.

Lelièvre (1970) describe la aparición de dicho núcleo a los 3 ó 4 años.

Gray (1977) marca la aparición del núcleo distal del segundo metatarsiano a los tres años después del nacimiento.

Erasmie y Ringertz (1980) en su estudio ya no entran a analizar la osificación del antepié sino que se limitan a investigar los centros de crecimiento del tobillo y retropié.

Montagne et al (1984) en su atlas de radiografías del pie establecen por sexos que la aparición del centro de osificación que nos ocupa tiene lugar a los dos años y dos meses (2,16 años) en los niños, con unos límites de 23 meses (1,9 años) a 4 años y 4 meses (4,3 años); y en las niñas ocurre a los dos años y un mes (2 años), siendo el rango de edad entre el año y tres meses (1,25 años) hasta los 3 años y 5 meses (3,4 años).

Tax (1985) determinalas edades de aparición de dicho núcleo en los niños a los 35,3 meses (2,9 años) y en las niñas a los 24,3 meses (2 años).

Reverte Coma (1991) asigna la edad de aparición de este núcleo en chicas al año y dos meses (1,1 años), y en chicos al año y ocho meses (1,6 años).

Sarrafian (1993) sí especifica la aparición del segundo metatarsiano como elemento definido, y realiza su estadística separada por sexos. Para este autor la edad media de aparición son los 2 años en niñas y los 2,8 años en niños.

Ogden (2-2000) de manera global incluye la aparición de los núcleos secundarios de los metatarsianos a la edad de 5 años.

Scheuer y Black (2000) llevan a cabo un estudio de las publicaciones existentes en esta materia, para finalmente describir el orden de aparición de los núcleos secundarios. Se basan en las publicaciones de Francis et al 1939, Pyle y Sontag 1943, Elgenmark 1946, Harding 1952, Hoerr et al 1962, Acheson 1966 y Gran et al 1967. Fechan el comienzo de la osificación de la epífisis distal del segundo metatarsiano entre los 19 meses (1,58 años) y los 2 años en niñas y entre los 2 años y tres meses (2,25 años) y los dos años y diez meses (2,8 años) en niños.

Taylor y Resnick (2003) describen la edad de aparición de las cabezas del segundo a quinto metatarsiano entre los 3 a 4 años.

Autor	**Niños**	**Niñas**	**Global**
Testut 1923			2-4 a
Gómez Oliveros 1960			4 a
Köster 1968			3 a
Lelièvre 1970			3-4 a
Gray 1977			3 a
Montagne et al 1984	2,1 a (1,9-4,3 a)	2 a (1,2-3,4 a)	
Tax 1985	2,9 a	2 a	
Reverte 1991	1,6 a	1,1 a	
Sarrafian 1993	2,8 a	2 a	
Ogden 2000			5 a.
Scheuer-Black 2000	2,2-2,8 a	1,5-2 a	
Taylor y Resnick 2003			3-4 a.
Pizones-Pareja-Fdz Camacho 2007	4,1 a (2,8-5,7 a)	3,2 a (1,9-4,8 a)	3,8 a (1,9-5,7 a)

Tabla IV.4. Edad de aparición del núcleo de osificación distal secundario del segundo metatarsiano.

Si se analizan y comparan los resultados, la media global que obtenemos está más cerca de los conceptos clásicos, entorno a los 3 ó 4 años de aparición de la epífisis distal del segundo metatarsiano. Es curioso que nos alejemos en casi tres y dos años para niños y niñas respectivamente con las publicaciones de Reverte Coma, cuando se supone que el autor español debería tener datos próximos a los nuestros. Investigando este tema descubrimos que los resultados que dicho autor maneja han sido extraídos de Todd, cuyo estudio radiológico se realizó en población norteamericana en los años treinta (1937). En este apartado vuelve a mostrar una precocidad en la aparición del núcleo de osificación, hecho que no podemos responder a la vista de lo analizado. Recordemos que los estudios de Todd formaron las futuras bases del atlas de Greulich y Pyle de 1959. Los otros trabajos revisados, coinciden con el nuestro en observar un adelanto en la osificación de dicha epífisis en las niñas aunque no lo significan estadísticamente como nosotros hacemos. Aunque los datos que publican casi adelanta en dos años la aparición del núcleo en cuestión.

Edad de cierre o fusión epifisometafisaria

La edad media de los pacientes cuyo núcleo distal del segundo metatarsiano se encuentra en estadio de fusión parcial o Risser 3, que son 72 casos, resulta ser de 13,6 años, oscilando el rango entre 10,28 y 15,97 años. La fusión completa (68 casos), es decir el estadio 4 de Risser, se observa como media a los 14,47 años con rango de edad de los 11,60 a los 19,94 años.

El grupo masculino presenta un estadio de fusión parcial de 13,61 años de media, siendo el rango de 10,78 a 15,97 años; en el subconjunto femenino esa edad media alcanza los 12,81 años, siendo el rango entre 10,28 y 13,87 años. La fusión total de dicho núcleo se observa de media a los 14,28 años en los niños, con un rango de edad que fluctúa entre los 12,91 y los 15,09 años. En las niñas esas cifras son de 14,50 años de media (11,60-19,94) años (ver tablas IV. 14 y 15).

Analizando el grupo que presenta un cierre parcial del núcleo distal del segundo metatarsiano, se descubre que, en los niños, el inicio de la fusión es más tardía (13,6 años de media) que en las niñas (12,8 años). Otro dato que se puede afirmar es que en los pacientes con pie plano, existe un cierre parcial precoz (12,7 años) respecto a los pacientes con traumatismo (15,4 años) y con pie zambo (14,8

años). E incluso que los pacientes con *hallux valgus*, presentan un inicio de cierre precoz (13,3 años) con respecto a la subpoblación de pacientes con traumatismo (15,4 años). Con respecto a la fórmula digital, existe un retraso significativo en el cierre parcial del núcleo de osificación distal del segundo metatarsiano en pacientes con fórmula tipo pie griego (13,52 años) respecto a pacientes con fórmula tipo pie egipcio (12,88 años) y ambos a su vez con los de fórmula pie cuadrado (10,78 años). Y finalmente se descubre que los pacientes con una combinación tipo PCIM presentan un cierre parcial más precoz (10,78 años) que con combinación PGIM, cuya edad media es de 13,52 años, y con los PEIM (13,22 años). Dato lógico a pensar que fórmulas *index minus* permiten un mayor crecimiento del segundo metatrsiano. Las variables lateralidad y fórmula metatarsiana no parecen influir en la edad de comienzo del cierre fisario tratado.

Al estudiar el cierre completo de dicha fisis, se objetiva como tanto el sexo, como la lateralidad, como los motivos de consulta analizados o la fórmula digital parecen no tener relación con la edad de cierre total en la muestra estudiada. Sin embargo sí se ha podido demostrar que con respecto a la fórmula metatarsiana el cierre completo del núcleo de osificación distal del segundo metatarsiano se retrasa en pacientes con fórmula *index plusminus* (15,4 años de media) con respecto a los *index plus* (14 años). Y existe un retardo en la edad media de cierre completo en aquellas combinaciones tipo PEIPM (15,7 años) con respecto a la combinación PEIP (14 años).

Consultada la literatura, los distintos autores hacen referencia a las edades de fusión del núcleo epifisario del segundo metatarsiano de distinta manera (ver tabla IV. 5).

Testut (1923) describe que la fusión epifisaria metatarsiana se produce en edades comprendidas de los 16 a los 18 años.

Gómez Oliveros (1960) expone que la fusión de la epífisis con la diáfisis no se produce hasta la edad de los 15 años en la mujer y de 16 años en el hombre.

Köster (1968) en su estudio de osificación data el inicio de la fusión de la epífisis distal del segundo metatarsiano a los 11 años y su fusión completa a los 15 años, sin distinguir entre sexos.

Lelièvre (1970) describe el ciere de la fiss en mayores de 10 años, generalment entre 16 y 18 años.

Tachdjian (1972) citando los gráficos de Lanz y Wachmuth de 1938, dibuja la edad media de cierre epifisario de las cabezas de los metatarsianos entre los 14 y los 21 años. Se puede interpretar, aunque no lo especifica que es el rango que encuentra entre el inicio y el final de la fusión del núcleo.

Gray (1977) sí especifica que se trate de la fusión epifisometafisaria distal del segundo metatarsiano, cifrándola en un periodo comprendido entre los 18 y los 20 años.

El grupo de trabajo denominado Workshop of European Anthropologists (1980), basándose en diversos autores como Haret et al (1927), Rauber y Kopsch (1952), Wolff-Heidegger (1954) y Brothwell (1965) publica que la edad de cierre fisario para los núcleos metatarsales comprende entre los 16 y los 20 años.

Tax (1985) expone un dibujo en su libro que cifra la edad de cierre entre los 14 y 17 años.

Montagne et al (1984) escriben en su atlas de radiología del pie, que la edad de soldadura de las epífisis de los metatarsianos está entre los 16 y los 18 años.

Reverte Coma (1991) en su escrito sobre la determinación de la edad en adolescentes comenta que los metatarsianos se fusionan de los 14 años y medio a los 15 años y medio.

Sarrafian (1993) hace mención al cierre común de las epífisis del primer, segundo y tercer metatarsianos separando la edad por sexos. De esta manera, la fusión se lleva acabo a los 15,8 años en los varones y a los 13,4 años en las mujeres.

Scheuer y Black (2000) se apoyan en los textos de Paterson (1929), Lurie et al (1943), Pyle y Sontag (1943) y Hoerr et al (1962) para describir el cierre metafisario de las cabezas de los metatarsianos 2º a 5º entre los 11 y los 13 años en niñas y los 14 a 16 años en niños.

Taylor y Resnick (2003) describen la edad de fusión de las cabezas de segundo a quinto metatarsianos alrededor de los 14 a 20 años.

Autor	Niños	Niñas	Global
Testut 1923			16-18 a
Gómez Oliveros 1960	16 a	15 a	
Köster 1968			Risser 3: 11 a Risser 4: 15 a
Lelièvre 1970			1-18 a
Tachdjian 1972			14-21 a
Gray 1977			18-20 a
WEA 1980			16-20 a
Montagne et al 1984			16-18 a
Tax 1985			14-17 a
Reverte 1991			14,5-15,5 a
Sarrafian 1993	15,8 a	13,4 a	
Scheuer-Black 2000	14-16 a	11-13 a	
Taylor y Resnick 2003			14-20 a
Pizones-Pareja-Fdz Camacho 2007	Risser 3: 13,6 a Risser 4: 12,8 a	Risser 3: 14,2 a Risser 4: 14,5 a	Risser 3: 13 a Risser 4: 14,4 a

Tabla IV.5. Edad de fusión del núcleo de osificación distal secundario del segundo metatarsiano.

Según los datos que obtenemos en el trabajo, nuestros pacientes muestran una fusión más temprana que en las otras series. Hay que reseñar que ninguno de los autores define su metodología de estudio, indicando en qué momento consideran que comienza la fusión, y cuándo considera que termina; es más, ninguno especifica la distinción entre ambos estadios. Quizá por este motivo los rangos que ofrecen de variabilidad sean tan amplios, llegando en ocasiones a ser de cuatro años (Gray y WEA), o incluso de siete (Tachdjian). Otra diferencia significativa entre los datos revisados la apunta Reverte Coma, citando a Krogman (1978), al comentar que existe una diferencia de alrededor de tres años entre las fusiones observadas de manera radiográfica y las estudiadas a partir de restos fósiles (Testut, WEA, Reverte), donde es más tardía. También se ha de subrayar que la mayoría de los autores utilizan datos agrupando el análisis de todos los

metatarsianos a la vez, y no sólo del segundo, con lo que la media de edad viene incrementada por la edad de fusión de otros núcleos que nosotros no incluimos. Los trabajos que distinguen y segmentan la población por sexos (Oliveros, Sarrafian, Scheuer-Black) coinciden como nosotros en la precocidad de la fusión en niñas con respecto a los niños, y curiosamente, estos mismos ofrecen datos más cercanos a los nuestros, quizá por tratarse de estudios más específicos. El trabajo más parecido al nuestro (Köster), aunque no lo dice explícitamente, parece que distingue el inicio de la fusión con el del cierre total, proporcionado unos resultados semejantes a los nuestros, pero sin segmentación por sexos. Lo que podemos nosotros aportar como novedoso, es que el inicio de la fusión es más precoz en niñas de manera significativa y que la fusión se lleva acabo entre los 13 y los 14 años y medio. El resto de datos significativos sólo pueden ser enunciados y no discutidos comparativamente porque no hemos encontrado literatura semejante.

Alteraciones radiológicas

Enfermedad de Freiberg

La osteocondrosis de la cabeza del segundo metatarsiano que describió Freiberg en 1914, y que se denomina enfermedad de Köhler II, distinguiéndola de la enfermedad de Köhler I o necrosis del escafoides tarsiano, es clínicamente difícil de diagnosticar. Habitualmente cursa de manera asintomática, resultando mucho más llamativa la radiología que la clínica, tanto es así que en muchos casos pasa desapercibida sobre todo en la infancia y comienza a dar síntomas más intensos y constantes en la edad adulta (Marco 1971). Atiende al clásico aforismo de Mouchet "en la enfermedad de Freiberg la clínica no es nada, la radiología lo es todo".

Recordemos que la inclusión de los pacientes en el estudio no excluía ninguna patología, y sin embargo ninguno de los incluidos había sido diagnosticado de dicha enfermedad. Aún siendo así, se buscó la evidencia radiográfica de la enfermedad dentro de los casos de estudio. Distintos autores han intentado realizar un estadiaje radiológico de la evolución de la lesión, desde la referencia clásica de Gomar y Almenar (cit. por Viladot (1) 2001), a autores como Smillie, Gauthier y Elbaz (1979) o Thompson y Hamilton. En la práctica lo más difícil es diferenciar en las imágenes el inicio del proceso, hay que prestar

gran atención a: un aplanamiento sutil de la cabeza metatarsiana, un aumento de radiointensidad en la señal, a lesiones quísticas lucentes y a un ensanchamiento articular**.** Más adelante comenzará un colapso de la cabeza con proyecciones laterales, un fragmento osteocondral que aumenta el aplanamiento de la misma y una periostitis metáfisodiafisaria adyacente (señal del la invasión circulatoria para la revascularización). Como consecuencia puede producirse un cierre prematuro de la fisis, cuerpos intraarticulares sueltos, y deformidad en copa de la cabeza del metatarsiano. La evolución de la lesión se observa en el estadiaje gráfico resumido por Katcherian que ofrecemos en la introducción (figura I. 8) de la tesis (Resnick 1981, Katcherian 1994, Gamble 1996, Pizones 2002, de Prado y cols 2003, Resnick 2006).

Tras el análisis de todas las imágenes, apareció el caso de una niña que presentaba una deformidad de la cabeza del segundo metatarsiano, teniendo la suerte de poder contar con la radiografía contralateral que sirviera como imagen comparativa (ver figura IV. 3). Descubrimos bajo la "etiqueta" de pie plano bilateral un núcleo distal del segundo metatarsiano en estadio 2 de Risser, deformado, con aplanamiento de la cabeza y aumento del espacio articular metatarsofalángico. Parece tratarse de un estadio intermedio de enfermedad de Freiberg, o estadio 3 según la clasificación de Katcherian. Radiográficamente no observamos signos incipientes de esclerosis ni quistes radiolucentes, pero sí un espacio metatarsofalángico aumentado. La morfología de la cabeza es más ancha, con proyecciones laterales, aplanamiento de la superficie articular y colapso de la epífisis. Ya se ve el desarrollo de la periostitis metáfisodiafisaria, pero aún no existen fragmentos sueltos, ni osteofitos. Este colapso de la cabeza conlleva la pérdida de longitud de segundo metatarsiano lo que dibuja una fórmula tipo *index plusminus*, cuando el contralateral muestra una fórmula *index minus*. Un dato curioso es que la fisis continúa abierta, pues varios autores comentan que los casos de Köhler II se acompañan de cierre fisario. Por ejemplo Köster refiere que de sus 15 pacientes con Freiberg, los cinco que tenían menos de 15 años presentaban aún las fisis abiertas, excepto la de la cabeza comprometida del segundo metatarsiano (Köster 1968).

Figura IV. 3. Enfermedad de Köhler II en estadio intermedio, en la cabeza del segundo metatarsiano.

De mostrar clínica de osteocondrosis de la cabeza del metatarsiano (dato no computado para el estudio), observaríamos un dolor selectivo en la cabeza del mismo metatarsiano, que empeora con la marcha, acompañado de una limitación de la movilidad y de molestias que empeoraría con la flexión plantar del antepié, y mejoraría con el reposo. Se podría observar tumefacción local en el dorso del pie, y palpar cierto edema. Es raro que se muestre de manera bilateral, y habitualmente se sufre en pies sin patología previa (Resnick 1981, Viladot 1991, Katcherian 1994, Viladot 2000 y (1) 2001).

La paciente que tras el estudio ha sido finalmente diagnosticada de enfermedad de Freiberg, estaba diagnosticada inicialmente de pies planos.

La enfermedad de Köhler II suele aparecer en la segunda década de la vida y se da con más frecuencia en mujeres, guardando una proporción 4:1. Dependiendo de los autores consultados, la edad de comienzo varía entre los 8 y los 20 años. Katcherian cita la bibliografía donde ha encontrado casos ocurridos en pacientes de 8 años de edad, y describe la media de edad en 24 años. Broker la describe entre los 10 y los 15 años. Giannestras, Tachdjian y Resnick coinciden en describir sus casos más precoces a los 13 años, para el primer autor el rango de edad sintomática ha sido desde los 12 a los 19 años. Aunque la Mayoría de los autores coinciden en que la edad más habitual para encontrar la necrosis de la cabeza del segundo metatarsiano es de los 15-16 años hasta los 20 años (Viladot, González Casanova, Marco, Lefebre y Guy). A pesar de ello, según De Seze la edad donde son más evidentes los síntomas es de los 30 a los 35 años. (Marco 1971, Giannestras 1973, Resnick 1981, Brower 1983, Tachdjian 1990, Viladot 1991, Katcherian 1994, González Casanova 1997, Heinrich 1997, Moreno y Catena 1997, Viladot (1) 2001, Resnick 2006).

En nuestra muestra tenemos 371 imágenes radiológicas pertenecientes a unos 94 pacientes de entre 11 y 20 años. Quizá se trate de un tamaño muestral pequeño, pero sólo en un caso, por cierto femenino, se ha observado signos radiológicos de osteocondrosis o interpretables por otros como imágenes compatbles con necrosis aséptica de la cabeza del segundo metatarsiano. Esta paciente tiene 14,3 años, y su imagen corresponde a un estadio intermedio de la enfermedad, lo que con seguridad el cuadro ha comenzado tiempo antes. La serie de publicaciones consultadas sobre este tema no hablan de la prevalencia de dicha enfermedad. Puede que se necesite un tamaño muestral mayor para poder asegurar la prevalencia, en nuestro estudio es solo de un paciente de 231 totales (0,4%), o si se quiere ver e otra manera, un paciente de 94 en edad de presentar la osteocondrosis (1%). De manera informal, tras investigar todos los datos de la base manejada en el Área 10 Sanitaria de la provincia de Madrid (de donde se han obtenido los pacientes del estudio), a lo largo de los 15 años de trabajo del hospital y las consultas de área, se tiene conocimiento de cinco casos de enfermedad de Köhler II en población infantil (datos proporcionados por la seccón de Ortopedia Infantil). Sin embargo no se tienen datos suficientes para establecer con ello una frecuencia poblacional. Dichos casos tuvieron en su totalidad una evolución espontánea favorable en este rango de edad. Ninguno de

esos niños precisó cirugía. Los resultados que obtenemos del análisis detallado de las imágenes, nos hace reflexionar sobre la verdadera prevalencia de la enfermedad, ya que el diagnóstico, a veces subclínico, hace infravalorar el número de casos con la enfermedad, como ha ocurrido en nuestra serie, donde el único caso no había sido diagnosticado en el momento de su estudio en consulta, y ha sido descubierto en un análisis posterior.

Las dos teorías más difundidas como etiología de la necrosis avascular de la cabeza del segundo metatarsiano son la traumática y la vascular, estando ambas íntimamente relacionadas. Tanto Freiberg como Trott anuncian que al menos la mitad de los pacientes con esta enfermedad tienen un antecedente traumático sobre el dedo, y Resnick afirma que la opinión que prevalece sugiere que tanto episodios aislados como múltiples de traumatismo representan el evento primario de la enfermedad (Resnick 2006). La teoría más compartida habla de microtraumatismos repetidos en el adulto o epifisitis infantiles y así lo defienden Duvries (mantenida cuando el segundo dedo es más largo), McMaster, Smillie y Breck (San Martín (2) 1981, Brower 1983). Braddock en 1959, que realizó estudios experimentales en cadáveres en época de crecimiento mediante traumatismos, observó cómo entre los 11 a los 13 años, la epífisis del segundo metatarsiano es la más vulnerable y la enfermedad se produce por fractura de la placa fisaria, en vez de por la diáfisis como en el resto de especimenes (Braddock 1959, Tachdjian 1990, Moreno y Catena 1997). Ogden defiende que la fijación rígida que sufre este metatarsiano a nivel proximal altera su mecánica con respecto al resto de metatarsianos y le predispone a la lesión a través de impactos repetidos (Ogden (2)2000). Se especula que, con estos microtraumatismos repetidos, por ejemplo por un calzado compresivo, como defiende Viladot, reforzándose en la teoría de Nagura de 1958 de que los japoneses no presentan esta enfermedad porque llevan zapatos anchos o sandalias, las arterias que penetran por la zona lateral a nivel de la inserción de los ligamentos laterales (Novotny) y de la cápsula articular (Viladot) irrigando la cabeza del segundo metatarsiano, pueden dañarse. Esta interrupción del flujo vascular bien por microembolias, teoría avalada por Axhausen u obstrucción de los vasos (Kolodny, Crock), o por compresión del calzado como opina Viladot, puede progresar hasta producir la necrosis parcial de la epífisis (Giannestras 1973, San Martín (2) 1981,

Wiley y Thurston 1981, Tachdjian 1990, Viladot 1991, Canale 1992, González Casanova 1997, Moreno y Catena 1997, Viladot (1) 2001, de Prado y cols 2003, Resnick 2006).

A razón de estas teorías analizamos todos los casos que se incluyen en el estudio tras presentar traumatismos, que aún siendo 68, sólo 22 de ellos están en el rango de edad diana de dicha osteocondrosis (entre 11 y 20 años). Y ninguno de ellos presentó datos radiográficos de osteocondrosis. A su vez se analiza cuántos tienen un segundo dedo más largo, que pudiera producir sobrecarga repetida en el segundo metatarsiano, como defiende Duvries. De los 267 casos de pie griego, 53 tienen edades comprendidas en el mismo rango. Ninguno de ellos presentaba osteonecrosis, mismo hallazgo que hicieran Harris y Beath (1949) en su estudio en soldados (cit. Gamble 1996). No se ha podido comprobar pues, si alguna de las teorías se cumple en nuestra población. De hecho nuestra paciente presenta un segundo metatarsiano más corto debido al colapso, no se puede demostrar la longitud previa, aunque viendo el pie contralateral muy probablemente se tratara de un segundo metatarsiano más largo. Aunque ciertos autores (Mc Glamry, Bastos, Hohmann, Lang) citados por Moreno y Catena 1997 y por Viladot (1) 2001, se muestran a favor de la teoría de la sobrecarga por la flexión excesiva de la cabeza del segundo metatarsiano, y otros lo relacionan con *hallux valgus* y un primer metatarsiano corto (Brower 1983) o con fractura de *deutschlander* y *hallux rigidus* (Baetzner citado por Hackenbroch en 1927), nosotros decidimos no estudiar los casos de sobrecarga del segundo metatarsiano por insuficiencia el primero, que se puede traducir por fórmulas metatarsales *index minus*. La razón es que ya demuestra Viladot que, los casos con Freiberg no muestran insuficiencia del primer radio, sino que la sobrecarga del segundo metatarsiano origina una fractura por estrés en la diáfisis (enfermedad de *deutschlander*), entidad completamente distinta a la tratada en este apartado y por cierto no encontrada en nuestra muestra (Viladot 1991 y (1) 2001).

El tratamiento de la paciente con enfermedad de Köhler II, que realmente iba dirigido al pie plano, fue sintomático, adaptando temporalmente unas plantillas de descarga. La cirugía no se recomienda en la fase aguda, que puede durar hasta dos años, en la mayoría de las ocasiones suele ir bien el tratamiento conservador, con plantillas de descarga retrocapital, sesiones con diatermia local o

incluso infiltraciones (Viladot 1991 y 2000, Gamble 1996). Smith en 1991 demuestra que casi la mitad de sus pacientes (13 de 28) han evolucionado bien con tratamiento conservador como así ocurrió con nuestra paciente, puesto que no existen radiografías de controles posteriores. San Martín, en su artículo, dedica una especial atención al diseño del calzado en el que debe ubicarse la plantilla de descarga y defiende el tratamiento posterior mediante cinesiterapia (San Martín 1981). Se cifra que un 25% de los casos no responden bien a estas medidas (Canale 1992), y que con el tiempo y en estadios avanzados puede ser necesaria la cirugía (Freiberg 1914, Giannestras 1973, Gauthier y Elbaz 1979, Katcherian 1994, Maresca 1996, Heinrich 1997, de Prado y cols 2003).

Patrones irregulares que sugieren signos de necrosis

A parte de la búsqueda de signos radiológicos de necrosis epifisaria, como en el resto de núcleos, se analizaron a su vez los patrones irregulares de las imágenes: fragmentación, esclerosis y aplastamiento.

Es bien conocido, como exponen Roche y Sunderland en 1959, que muchas de las epífisis de los huesos largos del pie pueden comenzar su osificación a partir de más de un locus. Como regla general, las epífisis de todos los metatarsianos se pueden desarrollar a patir de más de un núcleo. A pesar de ello a la edad de cuatro años, los múltiples centros comenzarán a consolidar como un rosario de perlas, formando un único centro secundario de osificación (Scheuer y Black 2000). Sabemos también que la formación bipartita de núcleos o la asimetría de los mismos, no son más que variaciones del crecimiento normal, y no deben ser tomadas como necrosis asépticas establecidas (Siffert (1) 1981).

Tomando el total de casos, el núcleo distal del segundo metatarsiano se observa en 846 imágenes (84,5% del total), estando ausente en el resto (15,5%). De los casos que lo presentan, el 99,5% (842 casos) no demuestran alteraciones en sus características, pero en tres casos se observa fragmentación de la epífisis, corresponden a pacientes jóvenes cuyos núcleos se encuentran en estadio rudimentario (supone el 0,4%). (Ver figura IV. 4). Todo ello suma un total de cuatro pacientes que muestran una señal alterada en la imagen de su núcleo distal del segundo metatarsiano, de los 231 totales (1,7%). Tres debido a la fragmentación del núcleo, y uno de ellos por presentar una osteocondrosis epifisaria de la cabeza metatarsiana.

Los 3 casos reseñados se observan en dos niños y una niña, con edades comprendidas entre los 2,2 y los 3,4 años. Los motivos de consultan son distintos: pie plano, torsión tibial (que además asocia una fragmentación aparentemente fisiológica de la cuña intermedia) y traumatismo. Hay evidencia en uno de los pacientes de la evolución hacia la uniformidad y normalidad del núcleo, con el desarrollo posterior. A la vista de los resultados y de la literatura no podemos hacer más que aceptar que se trata de núcleos rudimentarios en formación donde la fragmentación es una variante fisiológica de la normalidad, como apunta Köster. En su estudio de la osificación del antepié, descubre que de los 13 pacientes de 4 a 5 años de edad, cinco de ellos tienen un núcleo doble en la cabeza del metatarsiano. Él lo describe como variante fisiológica y con el tiempo se unifican dando la sensación de acoplamiento de los dos pronúcleos (Köster 1968).

Figura IV.4. Núcleo bipartito de la epífisis distal del segundo metatarsiano.

Estudio morfométrico

Analizando los datos obtenidos de la longitud de la epífisis distal del segundo metatarsiano, se puede asegura que resulta ser significativamente mayor en pacientes con traumatismos y *hallux valgus* que en los que presentan los pies planos o zambos, y menor en los pies zambos que en el resto. Dicha longitud de

epífisis resulta significativamente mayor para los pies con fórmula *index minus* que para los que presentan la fórmula *index plus*.

El valor medio de la anchura de núcleo en niños resulta ser significativamente menor que el de las niñas, y el de los pies zambos menor que los del resto de motivos de consulta principales. Sin embargo resultan ser significativamente más anchos los núcleos de los pies con fórmula *index minus* que aquellos con fórmula *index plus*.

Con respecto a la longitud total del metatarsiano los pies zambos obtienen valores significativamente menores a los del resto de patologías más frecuentes. En los pies con fórmula *index minus* la longitud es mayor que en aquellos con fórmula *index plusminus* e *index plus*, resultado ciertamene lógico.

No se han encontrado referencias bibliográficas contrastables.

Estimación de la edad ósea a partir del núcleo distal del segundo metatarsiano

El índice ifidmet2 nos ofrece un coeficiente de determinación R-cuadrado del 0,35 para el cálculo de la edad ósea en la población muestral mediante la razón entre la longitud de este núcleo y la del segundo radio completa. Este mismo índice se correlaciona muy bien con el subgrupo de varones, creando un coeficiente de 0,45. Sin embargo la correlación más ajustada en subpoblacón la consigue este índice, junto con el índice idmet (anchura de la epífisis con respecto a la anchura metafisaria) para los pies zambos, con coeficientes del 0,39 y 0,44 respectivamente.

La ecuación de la recta de regresión para la estimación de la edad ósea en la población muestral es edad = 0,87 + 113,55 x ifidmet2.

La ecuación de la recta de regresión para la estimación de la edad ósea en la población de niños es edad = 0,30 + 119,94 x ifidmet2.

La ecuación de la recta de regresión para la estimación de la edad ósea en pacientes con pie zambo es edad = -1,08 + 9,63 x idmet.

En este apartado se incluyen también los resultados obtenidos tras la medición del segundo metatarsiano completo. La mejor correlación se consigue con el índice i2metrad (longitud del metatarsiano dividido longitud del radio

entero), en la subpoblación de pie zambo, llegando a un coeficiente de 0,44. Para la estimación de la edad en la población muestral, la correlación, que es positiva, consigue un coeficiente de 0,31.

La ecuación de la recta de regresión para la estimación de la edad ósea en la población muestral es edad = -18,47 + 53,90 x i2metrad.

La ecuación de la recta de regresión para la estimación de la edad ósea en pacientes con pie zambo es edad = -16,99 + 47,94 x i2metrad.

IV. B. 3. Falange proximal del segundo dedo

Edad de aparición del núcleo epifisario

La edad media de aparición del núcleo epifisario de la falange proximal del segundo radio del pie es de 3,0 años, siendo el rango de edad encontrado, de (0,67 – 7,94 años). Al segmentar la muestra con respecto al sexo, los resultados identifican a los niños con una edad media de 3,2 años, oscilando los valores límite entre 0,67 y 7,94 años y a las niñas con una media de edad de 2,6 años, resultando el intervalo entre los 1,05 y los 4,82 años. Según el análisis estadístico de dichos datos, se puede asegurar que la media de edad de aparición del núcleo de osificación de la primera falange del segundo dedo del pie es más precoz en las niñas (2,6 años) que en los niños (3,2 años).

Las cifras que se obtienen de media de edad en la aparición de este núcleo según los motivos principales de consulta indican que la media más precoz se da en niños con *hallux valgus* (2,3 años), seguido de traumatismos (2,5 años), pie zambo (3,2 años) y finalmente pie plano (3,3 años). Sin embargo estas pequeñas diferencias no tienen valor estadístico. El resto de combinaciones analizadas no da resultados con significación, y con ello parece que no existe relación entre la lateralidad de los pies y la edad de aparición del núcleo. Del mismo modo no existirian diferencias de aparición que dependan de la fórmula digital, ni de la fórmula metatarsiana, ni de la combinación de estas últimas.

Consultando los datos de otros autores, se descubren resultados muy dispares (ver tabla IV. 6).

Testut (1923) no diferencia una falange de otra y data la aparición de sus epífisis de crecimiento entre los tres años y medio y los cuatro años.

Gómez Oliveros (1960) afirma que los puntos de osificación de las falanges del pie (sin distinción) son en ocasiones múltiples y su osificación se reconoce a los cinco o seis años.

Köster (1968) data la aparición de las epífisis proximales de las falanges proximales de los dedos primero a quinto en el segundo año de vida.

Lelièvre (1970) fecha la aparición de los puntos epifisarios de las falanges entre los 3 y 4 años.

Gray (1977) nos dibuja el descubrimiento del núcleo proximal de esta primera falange, la del segundo dedo, a los cuatro años.

Montagne y colaboradores (1984) nos aportan los detalles segmentados por sexos. La aparición de este núcleo en concreto en los niños se observa a los 21 meses (1,7 años), con un rango de entre once meses y medio (0,9 años) y dos años y ocho meses (2,6 años). En las niñas este núcleo se percibe a los 14 meses (1,1 años), con un rango de entre siete meses y medio (0,6 años) y dos años y un mes (2 años).

Tax (1985) comenta que la edad de aparición del núcelo de la falange proximal es a los 20,7 meses en niños (1,7 años) y a los 13,6 meses en niñas (1,1 años).

Reverte (1991) expone los datos de Todd, que son la osificación de la epífisis proximal de la primera falange del segundo dedo acaecida al año y dos meses (1,1 años) en los varones y a los diez meses (0,8 años) en las niñas.

Sarrafian (1993) describe la aparición concreta de este centro secundario proximal a los 1,1 años en niñas y 1,7 años en niños.

Ogden (2-2000) de manera global incluye la aparición de los núcleos secundarios de las falanges a la edad de 5 años.

Scheuer y Black (2000). Las epífisis de las falanges proximales aparecen entre los once (0,9 años) y 20 meses en las niñas (1,6 años) y entre los 18 meses (1,5 años) y los dos años y cuatro meses (2,3 años) en los niños. Aunque destacan que comienza primero por la de tercer y luego cuarto dedo antes de seguir por la del segundo.

Autor	Niños	Niñas	Global
Testut 1923			3,5-4 a
Gómez Oliveros 1960			5-6 a
Köster 1968			2 a
Lelièvre 1970			3-4 a
Gray 1977			4 a
Montagne et al 1984	1,7 a (0,9-2,6 a)	1,1 a (0,6-2 a)	
Tax 1985	1,7 a	1,1 a	
Reverte 1991	1,1 a	0,8 a	
Sarrafian 1993	1,7 a	1,1 a	
Ogden 2000			5 a
Scheuer-Black 2000	1,5-2,3 a	0,9-1,6 a	
Pizones-Pareja-Fdz Camacho 2007	3,2 a (0,67-7,94 a)	2,6 a (1-4,8 a)	3 a (0,67-7,94 a)

Tabla IV.6. Edad de aparición del núcleo de osificación proximal de la primera falange del segundo dedo.

En la comparación de nuestros datos con los de los autores clásicos nos situamos en general en rangos más precoces, sin embargo con respecto a los estudios más modernos, seguimos presentando cifras de osificación más tardías. En nuestra muestra se dan extremos extraños en los niños. No deja de ser curioso que se obtenga el caso de menor edad en la osificación de este núcleo en un niño, cuando por norma general sufren un retraso con respecto a las niñas (retraso con justificación estadística). Recorriendo la muestra resulta ser un caso bilateral de un mismo niño que acude a consulta por "deformidad" sin especificar la etiología. Además los niños cuentan con el caso en el que más tiempo tarda en aparecer el núcleo con casi ocho años, cuando en el resto de series modernas el tope no llega a los tres años. Este caso extremo pertenece a un chico con pie zambo, quizá este dato haya hecho retrasar su osificación (resultado poco posible pues no se ha demostrado que las distintas patologías influyan en este campo), o bien que el

núcleo se haya escondido debido a la posción de los dedos, y no haya permitido distinguir el núcleo en la radiografía. En cualquier caso se trata de datos muy dispares a los obtenidos en las publicaciones recientes, quizá achacables a la metodología seguida o a la diferencia poblacional.

Edad de cierre o fusión epifisometafisaria

El núcleo secundario de osificación de la falange proximal del segundo radio, muestra en las radiografías un estado de cierre fisario parcial a los 12,04 años de edad (180 casos), con rango entre 7,61 y 15,76 años. El cierre completo (117 casos) ocurre a los 13,92 años con rango entre 11,36 y 19,94 años de media.

Segmentado por sexos, el cierre metafisario parcial ocurre a los 13,02 años en los niños, siendo el rango de edad 7,61 a 15,76 años y a los 11,70 años en las niñas (9,31 a 14,39 años). La fusión completa de este núcleo se aprecia a la edad de 14,34 (11,36-19,94) años en los niños y de 13,82 (10,22-15,97) años en las niñas (ver tablasIV. 14 y 15).

En los resultados del cierre parcial descubrimos que los pacientes de sexo masculino comienzan el cierre de esta fisis a la edad media de 11,70 años, siendo significativamente más precoz que en el sexo femenino (13,02 años). También es más precoz el cierre parcial del núcleo en pacientes con pie egipcio (11,8 años) que con pie griego (12,79 años). Al igual que es más precoz en los pies con *index plus* (11,4 años) que con *index plusminus* (12,24 años) e *index minus* (12,37 años); o aquellos con fórmula PEIP, cuyo inicio de fusión es más temprano (11,41 años), que los PEIM (12,19 años); PGIM (12,71 años); y PGIPM (14,39 años). Por el contrario la lateralidad y el motivo de consulta parecen no influir en la edad de comienzo de la fusión de la citada fisis.

El cierre completo de la unión epifisometafisaria de este núcleo falángico proximal sólo resulta ser más temprano en los pacientes con pie plano (13,6 años) comparado con los que consultan por traumatismo (14,9 años). El resto de variables no parecen intervenir adelantando o atrasando la fusión completa del núcleo de osificación secundario de la falange proximal del segundo dedo del pie.

Haciendo un repaso de los textos publicados nos encontramos de nuevo con resultados muy dispares (ver tabla IV. 7).

Testut (1923) describe que la fusión del núcleo de la falange proximal se produce en edades comprendidas entre los 15 a los 16 años.

Gómez Oliveros (1960) no hace referencia a la fusión de las falanges del pie.

Köster (1968) en su estudio marca el inicio de la fusión de la epífisis proximal de la primera falange del segundo radio, al igual que los radios laterales restantes, a los 14 años y su fusión completa a los 15 años.

Lelièvre (1970) fecha el cierre de los puntos epifisarios de las falanges entre los 13 y 20 años.

Tachdjian (1972) basado en los gráficos de Lanz y Wachmuth de 1938, nos muestra una edad media de cierre epifisario de la falange proximal del primer al quinto dedo a los 18 años.

Gray (1977) sí especifica que se trate de la fusión epifisometafisaria del segundo dedo, cifrando el cierre del núcleo de la falange proximal en un rango de edad comprendido entre los 17 y los 18 años.

El grupo de trabajo denominado Workshop of European Anthropologists (1980), estudiando los datos aportados por autores como Haret et al (1927), Rauber y Kopsch (1952), Wolff-Heidegger (1954) y Brothwell (1965), estima la edad de cierre fisario de las falanges en general en un rango de edad muy amplio, de 15 a 20 años.

Tax (1985) sugiere que el cierre de los núcleos de las falanges acontece entre los 14 y los 16 años.

Montagne et al (1984) menciona que la falange proximal es la última de ellas en fusionar su núcleo secundario de crecimiento, pero no especifica la edad concreta de cada falange y mete a todas en un amplio saco entre los 13 a los 20 años.

Reverte Coma (1991) no menciona la edad de fusión de las falanges.

Sarrafian (1993) publica las edades de cierre segmentada por sexos. Al hablar de la falange proximal nos indica que, de manera común, los dedos segundo a cuarto realizan su fusión epifisaria a los 15,6 años en los niños y antes, a los 13,4 años en las niñas.

Scheuer y Black (2000) estudiando las publicaciones de Paterson (1929), Lurie et al (1943), Pyle y Sontag (1943) y Hoerr et al (1962) nos detallan, al igual que Montagne, que la falange proximal es la última en fusionar su núcleo

epifisario, y que esto ocurre a los 13 a 15 años en niñas y de los 16 a 18 años en niños.

Autor	**Niños**	**Niñas**	**Global**
Testut 1923			15-16 a
Köster 1968			Risser 3: 14 a Risser 4: 15 a
Lelièvre 1970			13-20 a
Tachdjian 1972			18 a
Gray 1977			17-18 a
WEA 1980			15-20 a
Tax 1985			14-16 a
Montagne et al 1984			13-20 a
Sarrafian 1993	15,6 a	13,4 a	
Scheuer-Black 2000	16-18 a	13-15 a	
Pizones-Pareja-Fdz Camacho 2007	Risser 3: 13 a Risser 4: 14,3 a	Risser 3: 11,7 a Risser 4: 13,8 a	Risser 3: 12 a Risser 4: 13,9 a

Tabla IV.7. Edad de fusión del núcleo de osificación proximal de la primera falange del segundo dedo.

En nuestra muestra, al igual que sucede con la epífisis distal del segundo metatarsiano, obtenemos unas edades de fusión en este núcleo falángico más precoz que en el resto de series. Aún aceptando, como en otras ocasiones, la diferencia de nacionalidades, épocas y metodologías, la diferencia resulta ser muy marcada, casi de ocho años entre los datos extremos. Además de estas diferencias mencionadas entre los distintos estudios, en el caso de las falanges hay que añadir que en muchas ocasiones, no sólo no distinguen en el estudio entre las falanges de los distintos dedos, sino que a veces, ni siquiera entre las falanges de un mismo dedo. Como siempre los estudios más específicos obtienen los datos más cercanos, coincidiendo con nosotros en la precocidad de fusión del sexo femenino comparado con el masculino, atrasado en al menos un año. El estudio de Köster por estadios de fusión refleja cifras algo más tardías que las nuestras de entre uno y dos años. El resto de resultados que comparan las edades medias de fusión con

las fórmulas del antepié o con los motivos de consulta no pueden ser comparados por no haber referencias en la literatura.

Alteraciones radiológicas

Valorar las alteraciones en la imagen radiológica de la epífisis de la falange proximal es complejo, pues fisiológicamente están descritas diferentes variantes aceptadas dentro el proceso de normalidad en el desarrollo. Esto dificulta la valoración de imágenes que se salen del bosquejo habitual. Por ejemplo es normal que la epífisis de la falange proximal pueda desarrollarse a partir de más de un centro, aparentando en muchas ocasiones estar compuesto por múltiples núcleos (Gómez Oliveros 1960), aunque acaban fusionándose en un solo núcleo con el crecimiento (Scheuer y Black 2000). También es frecuente ver en las falanges indentaciones o fragmentación en la epífisis basal (sobretodo de la falange proximal del *hallux*) como describieron Rütt y Schinz (1952), y suelen existir variaciones estructurales considerables como núcleos bipartitos, núcleos discoides, y hasta formas fisuradas o cónicas (Tachdjian 1972, Ogden (1) 2000, Scheuer y Black 2000). Estas últimas se han descrito hasta en un 26% de la población entre 5 y 13 años (Köster 1968). Aunque consideradas por la mayoría variaciones normales, Hackenbroch en 1927 asoció la irregularidad y fragmentación del núcleo, y la alteración de la fisis a procesos patológicos como el *hallux rigidus*; autores como Köhler y Zimmer (1956), o Steinhäuser (1959) asociaron la fragmentación de dicho núcleo a la aparición de enfermedad de Thiemann; y el propio Köster asocia la existencia de epífisis cónicas al desarrollo de *hallux rigidus* y enfermedad de Köhler II (Köster 1968).

A continuación se detallan los patrones encontrados "fuera de la normalidad".

Epífisis cónicas

Esta última variante, la epífisis en forma de cono, ha sido la que más estudios ha procurado. Ya Ravelli en 1952 describió la morfología en cono de las epífisis de las falanges proximales de los dedos segundo a cuarto, como anomalía rara de la osificación. Venning en 1960 realizó un profundo estudio de las variaciones morfológicas de la epífisis proximal de la primera falange en 1.800

niños londinenses de 5 a 14 años, describiendo un rango de morfología de las epífisis que iba desde el tipo de epífisis con forma regular, hasta otro que presentaba una morfología cónica. Este fenómeno radiográfico de epífisis de forma cónica, probablemente corresponda a la traducción anatómica de la morfología de dicha epífisis en la base de la falange en formación. La epífisis dibuja una prolongación central epifisaria, esta proyección epifisaria se introduce en la metáfisis acoplándose exactamente a un receso simétrico metafisario que la aloja. Este encaje recíproco reproduce un mecanismo de cerrojo que procura incrementar la estabilidad de la articulación durante las cargas de la locomoción. En ocasiones se acompaña de una desaparición de la epífisis de la segunda y tercera falanges, así como de una menor longitud de los dedos y metatarsianos. Según Fell 1925 y Haines 1938, que describieron esta prolongación cónica epifisaria en reptiles y aves, sería un carácter atávico que recuerda a los pies de dichas especies (Venning 1960, Scheuer y Black 2000, Viladot (3) 2001).

Según describe Venning esta morfología es más frecuente en niñas y provoca una fusión más tempana fisaria que la que producen las epífisis no cónicas. De hecho Schaudig (1960) observó que este efecto, en las falanges medias, alteraba el crecimiento de las mismas, dando lugar a falanges de menor longitud. Es más, el propio Köster en su estudio, anota que en individuos que han presentado una epífisis en cono, no sólo se acorta la longitud de la falange y se provoca una base de la falange más cóncava, sino que va más allá al enunciar que, cuando en una persona la falange es más corta debe hacer pensar que en su desarrollo la epífisis ha debido de tener morfología de cono.

Estos datos están publicados sobre el primer dedo, llegando a dudarse del acortamiento de sus falanges en los restantes dedos. Si existe evidencia de epífisis cónica en el pie, siempre afecta al tercer dedo, si más de un dedo lo presenta, se extiende con más frecuencia hacia lateral que hacia medial. El orden de frecuencia es 3>4>2<5 (Venning 1960, Köster 1968).

Iturriza y Tanner (1969), a pesar de admitir que la etiología no se conoce, sugieren que puede relacionarse a la circulación en la vida fetal o a un gradiente metabólico tisular en la fase de formación. Aunque todos los autores parecen ponerse de acuerdo en reconocer que no se considera como una condición patológica y que esta epífisis en forma de copa puede aparecer en niños con desarrollo normal y no se relaciona con ninguna displasia o artropatía, Brailsford

(1944) las asocia con disóstosis y Desse ha querido relacionar dicha forma cónica a la enfermedad de Thiemann. Lo que parece probado es que las epífisis cónicas de las falanges proximales se asocian fuertemente a la ausencia de epífisis en las falanges medias (Venning 1960, Köster 1968, Tachdjian 1972, Resnick 1981, Keats 1993, Moreno y Catena 1997, Scheuer y Black 2000).

La literatura presta más atención a las epífisis cónicas de la falange proximal del primer dedo, y poco hay escrito sobre el segundo. La mayoría de autores no asocia patología alguna a la presencia de esta variedad anatómica, lo que nos hace pensar que son extremos morfológicos normales en el desarrollo epifisario. Las pocas epífisis en forma de cono que hemos encontrado en las falanges proximales de nuestro estudio no se han relacionado con el caso de Freiberg, ni con signos de osteocondrosis del propio núcleo, aunque se asocian en dos de los casos a la osificación anepifisaria de la falange media, como veremos más adelante.

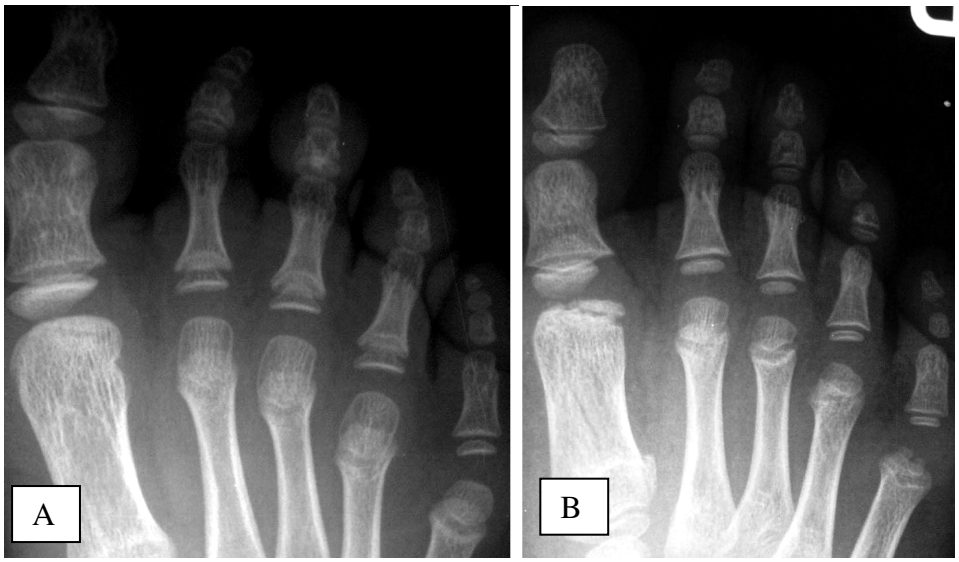


Figura IV. 5. Extremos morfológicos de epífisis basales de la falange proximal. A. Epífisis en cono. B. Epífisis normal.

Osteocondrosis

Otra imagen radiográfica que suele ser frecuente encontrar en las epífisis de las falanges, es la esclerosis. El aumento de la intensidad de señal en esta

epífisis tiende a dar una apariencia de esclerosis, que muchos consideran como reacción al estrés impuesto. Harrison y Keats (1980) descubrieron tras un estudio en niños, que la esclerosis que suelen mostrar la epífisis de la falange proximal no se observa en los no ambulantes, llegando a la conclusión de que dicho reflejo en la imagen, debe ser normal y provocado por el estrés mecánico de la marcha (Tachdjian 1999, Scheuer y Black 2000).

Sin embargo no todas las imágenes que observamos en las epífisis de las falanges deben hacernos pensar que se trata de una variante de la normalidad. Existe una enfermedad que algunos autores como Desse y Viladot relacionan con la presencia de epífisis con forma cónica y cuya imagen radiológica debuta con esclerosis, que es la enfermedad de Thiemann. Esta entidad, descrita por Thiemann en 1909, implica una necrosis aséptica que afecta a las epífisis de las falanges de manos y pies, aunque habitualmente sólo afecta al primer radio. Se suele presentar en la segunda década de la vida y se da con mayor frecuencia en varones. Parece tener un componente hereditario dominante con penetrancia completa, y se especula con una etiología de origen vascular que se puede desencadenar con el frío. Puede que la patogénesis sea de osteonecrosis, pues Dessecker descubrió zonas de necrosis con vascularización normal y ausencia de inflamación en la histología de las epífisis que estudió. Sin embargo Steinhäuser (1959) pone en duda la etiología de la necrosis y advierte que puede producirse por alteraciones en el crecimiento. Clínicamente se muestra como un discreto dolor en las bases de los dedos, inflamación de las articulaciones interfalángicas proximales, acortamiento de la longitud final de la falange y deformidad. Radiográficamente se evidencia una irregularidad de la epífisis por un ensanchamiento de la misma, acompañada de esclerosis, fragmentación central y exóstosis laterales. Se estrecha el espacio articular interfalángico con ensanchamiento de la base de la falange, de lo que se deriva el acortamiento falángico. El proceso, que se suele observar en los dedos centrales, puede abocar a la anquilosis interfalángica.

Viladot ha observado este fenómeno con más frecuencia en deportistas, y considera esta osteomalacia de la epífisis como un hallazgo radiológico casual. Sin embargo se la ha visto asociada con otros procesos como: Legg-Calvé-Perthes, patela bipartita, *pterigium colli*, diabetes *mellitus* y alteraciones tiroideas, pero sin comprobación estadística. Se ha de realizar el diagnóstico diferencial con

traumatismos, infección, lesiones térmicas y artritis crónica juvenil (Thiemann 1909, Köster 1968, Resnick 1981, Viladot 1991, González Casanova 1997, Moreno y Catena 1997, Viladot (1) 2001, Resnick 2006).

Tras el análisis de las 1001 imágenes, se observa el núcleo secundario de la falange proximal 916 casos del estudio, lo que implica al 91,5% del total. No está presente en el 8,3% de los casos (83 imágenes). Y no se puede valorar su existencia en dos casos, 0,2% del total. No descubrimos casos con patrones de fragmentación ni aplastamiento.

De los casos en los que el núcleo estaba presente, se fue muy selectivo a la hora de clasificar una imagen como patológica. En muchas ocasiones existe en alguno de los platillos epifisarios, sobre todo en el basal, un aumento en la intensidad de señal o se proyecta una señal hiperintensa de su circunferencia cortical, quizá por la técnica de obtención de la imagen. Como se demostró por Köster, en el 26% de la población entre 5 y 13 años se observan epífisis cónicas (Köster 1968), y aunque no está publicado, nos atrevemos a decir que en una proporción similar se halla una señal hiperintensa en la epífisis de la falange proximal. En la reciente tesis de Pareja se comenta que, en el 46,3% de los casos estudiados, se presentan alteraciones radiológicas en el núcleo de osificación de la falange proximal del primer radio. El autor hace notar que no fue selectivo con respecto a la intensidad de la señal esclerosa, quizá por ello tenga una cifra tan alta de esclerosis. La mayoría de las veces, en un 79,2%, correspondían a un aumento de densidad del núcleo aislado o esclerosis (Pareja 2004).

Visto que prácticamente todos los autores lo consideran variaciones de la normalidad, quisimos ser muy exquisitos a la hora de etiquetar una epífisis como de patrón escleroso. Nos basamos en las afirmaciones de Lyritis que califica como de hecho muy frecuente la presencia de esclerosis en la zona epifisaria de la falange proximal y sólo recoge los casos donde esta esclerosis fue muy importante. En su revisión de una serie de pacientes con respecto a la presencia de alteraciones en la falange proximal del *hallux*, encuentra alteraciones de patrón escleroso en el 3,5% del total de la muestra estudiada, cifra muy semejante a la que obtuvimos nosotros sobre el segundo dedo y que a continuación se detalla (Lyritis 1983).

Hallamos 14 casos donde los núcleos mostraban un patrón esclerosos franco (1,5%) que corresponde a nueve personas (3,8%) de las 231 (ver figura IV. 6), el resto de los núcleos existentes resultan ser normales (98,5% de los núcleos). A pesar de ser el grupo de núcleos del segundo radio donde se detectan mayor número de alteraciones, la cifra no es muy alta. Los pacientes muestran una edad de entre 10,3 y 14,4 años, 6 de ellos niños y 3 niñas, de los cuales cinco corresponden a pacientes con *hallux valgus*, tres con pies planos, y uno con deformidad inespecífica. No podemos demostrar en ningún caso que dieran sintomatología, ni que correspondan a procesos patológicos, ni que están asociados estadísticamente a las patologías con las que consultaron los pacientes. También Pareja hace resaltar la alta incidencia de esclerosis en la base del *hallux* en pacientes con pie plano y *hallux valgus* y observando bien la muestra este efecto coincidente responde a que, la práctica totalidad de las imágenes esclerosas epifisarias de la falange proximal del segundo dedo, se acompañan de la misma intensidad de señal en la del primer dedo (Pareja 2004). La mayoría de autores centra sus trabajos en el primer dedo para descubrir la asociación entre alteración del núcleo epifisario de la falange proximal y procesos patológicos como el *hallux valgus* o el *hallux rigidus*, pero ninguno lo ha realizado con el segundo radio del pie. Las pocas referencias, ya mencionadas, que tratan la esclerosis en las epífisis de las falanges no aportan datos sobre el segundo dedo.

Se ha comprobado estadísticamente que la longitud de la epífisis basal de la falange proximal se distribuye de mayor a menor en pacientes con pie plano y zambo, y es mayor en este grupo que en los que presentan patología del *hallux* en valgo y estos a su vez mayor que los que acuden por traumatismo. También se ha descubierto que el núcleo es más largo en los pies con fórmula digital egipcia que griega. Por último, dicha longitud es significativamente mayor en fórmulas metatarsales *plus* que *minus*, y ambos a su vez que *plusminus*.

La anchura del núcleo es significativamente mayor en las niñas comparada con los niños. De igual manera sucede con los pies con fórmula digital cuadrada que tienen un núcleo más ancho que con fórmula griega. Según el motivo de consulta, la anchura va decreciendo progresiva y significativamente de *hallux valgus* a pie plano, a traumatismo y finalmente a pie zambo. Por último se verifica

que en orden decreciente, la anchura del núcleo según la fórmula metatarsal se distribuye dibujando un patrón: *plusminus* > *minus* > *plus*.

Figura IV.6. Ejemplos gráficos de esclerosis de la epífisis de la falange proximal.

Estimación de la edad ósea a partir del núcleo secundario de la falange proximal

Los datos obtenidos con este núcleo son los más sorprendentes. En primer lugar porque todas las correlaciones entre la edad ósea y los índices ifipf1 e ifipf1.2 (calculados de la razón entre la longitud epifisaria y la total de la primera falange en el primer caso, y de la total del radio en el segundo), toman un signo negativo, de tal manera que al ir aumentando la edad disminuyen las dimensiones de los índices. En segundo lugar porque dimos con un índice muy interesante, el

índice ipf1, que dibuja correlaciones positivas con la edad llegando a coeficientes bastante altos en todos los subgrupos realizados. Este índice, que relaciona la anchura epifisaria con la metafisaria adyacente, consigue coeficientes de 0,63 en la población muestral (0,65 en la de niños y 0,65 en la de niñas); en los casos control, o subgrupo traumático alcanza un valor de 0,63, que disminuye a 0,58 para los pies zambos, 0,51 para los pies planos y 0,46 para los pies zambos. Se puede decir que de manera general, es el índice que mejor ajusta el cálculo de la estimación ósea en el segundo radio, y lo hace a partir de la medición de la anchura epifisometafisaria de la falange proximal.

La ecuación de la recta de regresión para la estimación de la edad ósea en la población muestral es edad = -4,93 + 13,51 x ipf1.

IV. B. 4. Falange media del segundo dedo

Edad de aparición del núcleo epifisario

Estudiando las imágenes en busca de un estadio rudimentario para el núcleo epifisario de osificación de la segunda falange, se encuentra que la edad media es de 3,32 años, obteniéndose un rango de edad de 1,28 a 7,94 años. La edad media de aparición de núcleo de la falange media es de 3,61 años en los niños (mínimo: 1,28; máximo: 7,94), mientras que en las niñas esta edad media es de 2,88 años (mínimo: 1,48; máximo: 5,82) (ver tabla IV. 12). En la muestra analizada, se puede afirmar con significación estadística que la edad media de aparición del núcleo de osificación secundario de la falange media es más precoz en niñas.

Las cifras que se obtienen de media de edad en la aparición de este núcleo según los motivos principales de consulta indican que es más precoz en pacientes con traumatismos (2 años), que en *hallux valgus* (2,5 años), pie plano (3,6 años) y finalmente pie zambo (3,6 años). Estas diferencias no tienen significación estadística. El resto de parámetros estudiados tampoco parecen diferir entre sí de manera significativa, así pues, tanto la lateralidad, como la fórmula digital, metatarsal o la combinación de ambas, tampoco parecen modificar la edad de aparición del núcleo.

Tras la revisión de la literatura se pueden reflejar los siguientes resultados (ver tabla IV. 8):

Testut (1923) no diferencia una falange de otra y data la aparición de sus epífisis de crecimiento entre los tres años y medio y los cuatro años.

Gómez Oliveros (1960) afirma que la osificación de los núcleos epifisarios de las falanges del pie (sin distinción) se reconoce a los cinco o seis años.

Köster (1968) data la aparición de la epífisis proximal de la falange media en el segundo año de vida.

Lelièvre (1970) fecha la aparición de los puntos epifisarios de las falanges entre los 3 y 4 años.

Gray (1977) nos dibuja el descubrimiento del núcleo proximal de la segunda falange del segundo dedo, entre el sexto y séptimo año de vida.

Montagne y colaboradores (1984) nos aportan los detalles segmentados por sexo. La aparición de este núcleo en concreto en los niños se observa a los 2 años, con un rango de entre once meses (0,9 años) y 4 años. En las niñas este núcleo se percibe a los 14 meses (1,1 año), con un rango de entre seis meses (0,5 años) y dos años y tres meses (2,25 años).

Tax (1985) no data la aparición de los núcleos secundarios de la falanges medias.

Reverte (1991) expone los datos de Todd, donde la osificación de la epífisis proximal de la segunda falange del segundo dedo sucede al año y tres meses (1,2 años) en los varones y a los diez meses (0,8 años) en las niñas.

Sarrafian (1993) describe la aparición concreta de este centro secundario proximal al año y tres meses (1,2 años) en los varones y a los diez meses (0,8 años) en las niñas.

Ogden (2-2000) de manera global incluye la aparición de los núcleos secundarios de las falanges a la edad de 5 años.

Scheuer y Black (2000) comentan que las epífisis de las falanges medias de los dedos segundo a cuarto aparecen entre los once (0,9 años) y los 14 meses (1,1 años) en las niñas y entre los 14 (1,1 años) y los 24 meses (2 años) en los niños. Esto ocurre en todos los dedos pequeños sin existir un orden específico para ello.

Autor	Niños	Niñas	Global
Testut 1923			3,5-4 a
Gómez Oliveros 1960			5-6 a
Köster 1968			2 a
Lelièvre 1970			3-4 a
Gray 1977			6-7 a
Montagne et al 1984	2 a (0,9-4 a)	1,1 a (0,5-2,2 a)	
Reverte 1991	1,2 a	0,8 a	
Sarrafian 1993	1,2 a	0,8 a	
Ogden 2000			5 a.
Scheuer-Black 2000	1,1-2 a	0,9-1,1 a	
Pizones-Pareja-Fdz Camacho 2007	3,6 a (1,28-7,94 a)	2,8 a (1,4-5,8 a)	3,3 a (1,28-7,94 a)

Tabla IV.8. Edad de aparición del núcleo de osificación proximal de la segunda falange del segundo dedo.

De nuevo volvemos a encontrar cifras muy distintas en la evaluación de la aparición del núcleo de osificación proximal de la segunda falange del segundo dedo. Los estudios clásicos varían con un amplio rango de entre los 2 y hasta los siete años. Parece necesario hacer hincapié en la dificultad que existe a la hora de evaluar de manera correcta y concreta los dos núcleos epifisarios distales del dedo, como también apuntan otros autores como los propios Scheuer y Black. Las imágenes radiográficas pueden enmascarar la visión del núcleo, tanto por falta de nitidez de la imagen, (por encontrarse fuera de foco o con hiposeñal por la poca densidad que ofrecen anatomías tan pequeñas), como por la morfología curvada de la habitual postura de los dedos. Es difícil poder asegurar con certeza, en algunas ocasiones, la verdadera existencia de dichos núcleos. En este caso, los estudios más modernos coinciden de manera importante, situando la osificación del centro algo antes del año de edad en niñas, y recién pasado el año en niños. Nuestra estadística muestra de igual manera la precocidad de la aparición del

núcleo en las niñas con respecto a los niños, pero marcan la diferencia a los tres años y no al año.

Edad de cierre o fusión epifisometafisaria

En la falange media aparecen 97 casos donde el núcleo de osificación secundario muestra una fusión parcial, obteniendo una edad media de 11,68 años, con un rango entre 5,27 y 15,97 años. Analizando los casos de cierre completo de dicho núcleo (167 casos), la media de edad asciende a los 13,23 años con rango 9,31 a 19,94 años.

El cierre parcial del núcleo se hace evidente como media a los 12,51 años, mínimo de 7,61 y máximo de 15,97 años, en la subpoblación de los niños y a los 11,36 (mínimo: 5,27; máximo: 13,72) años en las niñas. El cierre metafisario completo se aprecia a la edad de 14,30 años en los niños, con un rango de 12,62 a 15,25 años; y de 13,05 años en las niñas, con intervalo de 9,31 a 19,94 años (ver tablas IV. 14 y 15).

El cierre parcial del núcleo de la falange media está influido por el sexo del paciente, produciéndose a una edad más temprana (11,36 años) en los casos femeninos que en los masculinos (12,51 años). No parecen influir en este estadio de fusión ni la lateralidad del pie, ni el motivo de consulta. Ahora bien, se puede concluir que en los pacientes con fórmula metatarsal tipo *index plus*, la fusión parcial de esta fisis se produce de manera más precoz (10,49 años) que en los pies con fórmula tipo *index minus* (12,29 años); y en pacientes con fórmula digital tipo pie egipcio, se produce de manera más precoz (11,02 años) que en los pies con fórmula tipo cuadrado (12,52 años) y griego (13,04 años). Esto nos puede hacer pensar, como luego se demuestra que los pacientes con la combinación PGIM presentan un cierre parcial tardío (13,09 años) con respecto a los pacientes con combinación PEIPM (11,40 años), PEIP (10,49 años), y PEIP (10,49 años). A su vez, es significativa la diferencia entre las edades medias de cierre parcial de la combinación PCIM (13,08 años) más tardía que los que presentan combinación PEIP (10,49 años).

Con respecto a la fusión completa de la fisis del núcleo, se ha comprobado que en las niñas se produce significativamente antes (13,05 años), que en los niños (14,30 años). También se adelanta en los pies con deformidad del *hallux* en

valgo (12,7 años) comparado con los pies traumáticos (14,5 años de media). Del mismo modo, en los pacientes con fórmula digital tipo pie egipcio, el cierre completo se produce de manera más precoz (13 años) que en los pies con fórmula tipo griego (13,9 años). En los pies con fórmula *index plus* dicho cierre se realiza igualmente más temprano (12,53 años) que con *index minus* (13,63 años) e *index plusminus* (13,97 años). Finamente anunciar como los pacientes con combinación de fórmulas tipo PGIM muestran un cierre completo de la media tardío (13,09 años) con respecto a los que presentan una combinación PEIP (10,49 años). Y dicho cierre es más precoz en las combinaciones PEIP (12,53 años) que en PEIPM (13,97 años) y PCIM (14,9 años).

La explicación al cierre, tanto parcial como total, de la fisis de la falange media más precoz cuando hay fórmula digital tipo pie egipcio no puede ser sino que la falange deberá lógicamente permanecer más tiempo creciendo cuando se quiera conseguir una fómula tipo pie griego, cuyo 2º dedo es más largo que el primero, y de ahí, el "retardo" en el cierre, tanto parcial como total, de la fisis de la falange media del 2º dedo.

De igual manera la explicación al cierre, tanto parcial como total, de la fisis de la falange media más precoz cuando hay fórmula metarsal tipo *index plus* no puede ser sino que la falange permanece más tiempo creciendo por el mismo factor causal que origina la consecución de una fórmula tipo *index minus* , cuyo 2º metatarsiano será más largo que el 1º, y de ahí, el "retardo" en el cierre, tanto parcial como total, de la fisis de la falange media del 2º dedo.

La comparación con el "comportamiento" de la fisis de la falange proximal, permite apuntar que mientras la FP se ve condicionada por la patología, el principal factor condicionante para la FM sería el crecimiento del segundo radio.

De nuevo recurrimos a la bibliografía para comparar nuestros resultados (ver tabla IV. 9).

Testut (1923) describe que la fusión del núcleo de la falange media se produce en edades que abarcan de los 16 a los 18 años.

Köster (1968) al llegar a la falange media del segundo dedo, data su fusión, al igual que el del resto de dedos laterales, a los 11 años. En este caso no distingue entre el inicio y el final de la fusión.

Lelièvre (1970) fecha el cierre de los puntos epifisarios de las falanges entre los 13 y 20 años.

Tachdjian (1972) basado en los gráficos de Lanz y Wachmuth de 1938, nos muestra una edad media de cierre epifisario de la falange media del segundo al quinto dedo a los 18 años.

Gray (1977) en su detallado estudio de la fusión epifisaria del segundo dedo, cifra el cierre del núcleo de la falange media entre la edad de 17-18 años.

El grupo de trabajo denominado Workshop of European Anthropologists (1980), estudiando los datos aportados por autores como Haret et al (1927), Rauber y Kopsch (1952), Wolff-Heidegger (1954) y Brothwell (1965), estima la edad de cierre fisario de las falanges en general en un rango de edad muy amplio, de 15 a 20 años.

Tax (1985) sugiere que el cierre de los núcleos de las falanges acontece entre los 14 y los 16 años.

Montagne et al (1984) explica que en el orden de fusión de las falanges, la media se posiciona en segundo lugar, pero no detalla su edad concreta de fusión y la agrupa con la del resto de falanges entre los 13 y los 20 años.

Sarrafian (1993) parece expresar que la falange media se fusiona a edades semejantes a la falange proximal, y esto ocurre en los dedos segundo a cuarto a los 15,6 años en los niños y antes, a los 13,4 años en las niñas.

Scheuer y Black (2000) tras el análisis de las publicaciones de Paterson (1929), Lurie et al (1943), Pyle y Sontag (1943) y Hoerr et al (1962) comenta que la falange media se cierra más tarde que la distal y que esto ocurre entre los 11 y los 12 años en niñas y los 14 y 15 años en niños.

Como en otras ocasiones es Köster unos de los autores que más se acerca a nuestros datos. Esta vez no los segmenta por sexos, pero propone la fusión a los 11 años, quizá un poco antes que los nuestros. El resto de autores indican la fusión entre rangos amplios de los 16 a incluso los 20 años. Muchos, casi todos, no distinguen sus datos entre las falanges de un mismo dedo, ni de distintos dedos. Sarrafian y Scheuer-Black, que los segmentan por sexos, vuelven a coincidir en la precocidad de fusión en las niñas, como nosotros comprobamos estadísticamente, manejando cifras similares a las nuestras.

Autor	Niños	Niñas	Global
Testut 1923			16-18 a
Köster 1968			11 a
Lelièvre 1970			13-20 a
Tachdjian 1972			18 a
Gray 1977			17-18 a
WEA 1980			15-20 a
Tax 1985			14-16 a
Montagne et al 1984			13-20 a
Sarrafian 1993	15,6 a	13,4 a	
Scheuer-Black 2000	14-15 a	11-12 a	
Pizones-Pareja-Fdz Camacho 2007	Risser 3: 12,5 a Risser 4: 14,3 a	Risser 3: 11,3 a Risser 4: 13 a	Risser 3: 11,6 a Risser 4: 13,2 a

Tabla IV.9. Edad de fusión del núcleo de osificación proximal de la segunda falange del segundo dedo.

Alteraciones radiológicas

Osteonecrosis

Como en el resto de núcleos, se han estado buscando alteraciones radiológicas que reflejen signos sugerentes de necrosis u osteocondrosis de la epífisis basal de la falange media, como la fragmentación del núcleo, la esclerosis del mismo, o su aplastamiento. Entre todos los casos analizados, se descubre la presencia del núcleo secundario de la falange media en el 78,2% del total (783/1001); en 163 imágenes el núcleo está ausente (16,3%), lo que significa que nos encontramos ante una etapa temprana del desarrollo, o ante la osificación anepifisaria de la falange media, como veremos más adelante. En 55 casos no se distingue bien su presencia o ausencia (5,5%). De entre aquellos casos en los que el núcleo está presente, 780 demuestran un núcleo normal (99,6%). Tres pacientes muestran alterada la imagen epifisaria, lo que supone el 1,2% del total de pacientes.

Dos núcleos presentan un aumento de la intensidad de la imagen, o señal esclerosa (0,3%); Uno es un varón de 12,4 años con diagnóstico de segundo dedo

en garra que muestra un núcleo bien formado y separado del resto metafisario, con un patrón escleroso que luego no repite en las radiografías previas o posteriores (figura IV. 7). El otro caso es el de un niño de 14,4 años con *hallux valgus* bilateral y presencia del núcleo del pie izquierdo fusionado parcialmente y escleroso, cuya evolución no se puede valorar.

Existe otro caso donde el núcleo se encuentra fragmentado (0,1%) en etapa rudimentaria. Corresponde a IPM, niño estudiado desde los 0,51 años por metatarso aducto que a los 3,02 años comienza a osificar dicho núcleo y su imagen en el pie izquierdo se muestra fragmentada. No hay imágenes de su evolución posterior.

Recordemos que en las falanges es corriente encontrar núcleos múltiples (Gómez Oliveros 1960), que terminan fusionándose en un solo núcleo con el crecimiento (Scheuer y Black 2000). También es frecuente ver en las falanges indentaciones o fragmentación en la epífisis basal y suelen existir variaciones estructurales considerables como núcleos bipartitos, núcleos discoides, y las ya comentadas formas fisuradas o cónicas (Venning 1960, Köster 1968, Tachdjian 1972, Ogden (1) 2000, Scheuer y Black 2000). Por lo tanto debemos suponer que estos hallazgos forman parte de la variabilidad anatómica fisiológica.

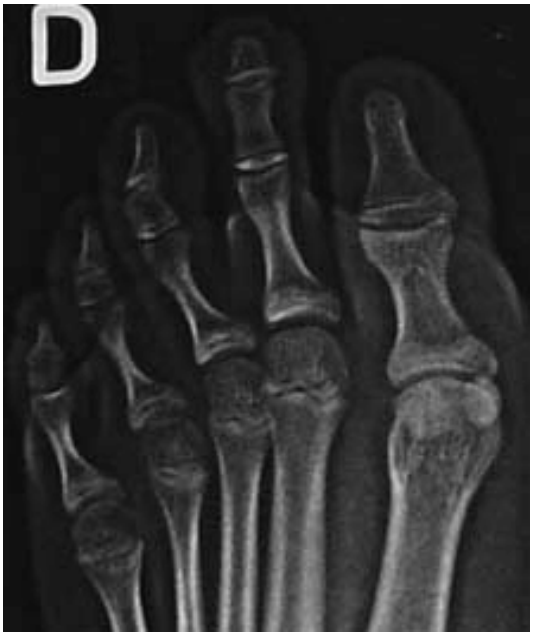


Figura IV.7. Esclerosis del núcleo de la falange media.

Bifalangia del segundo dedo

El segundo dedo se considera trifalángico a diferencia del primero, aunque rara vez se pueden encontrar fusiones entre falanges.

El primero en hacer notar la bifalangia del quinto dedo fue Leonardo da Vinci (1492), porque hasta entonces los anatomistas (como Vesalio) sólo describían los dedos trifalángicos. La bifalangia, que proviene de un déficit de segmentación, surge tanto como deficiencia de diferenciación de la articulación interfalángica distal, como de la fusión entre primera y segunda falanges, o más frecuentemente entre la segunda y tercera, o por ausencia de la falange media. De cualquiera de las maneras se considera una adaptación a la bipedestación, ventajosa desde el punto de vista de la estabilidad, y se observa con mayor frecuencia en el cuarto y sobretodo el quinto dedo (Testut 1923, Wood Jones 1944 cit por Venning 1960, Ellis 1968, Resnick 1981, Keats 1993, Tachdjian 1972 y 1999, Ogden (2)2000, Scheuer y Black 2000, Whitaker et al 2002).

Venning en 1960 y Tachdjian, en su primera edición en 1972, especifican encontrar ocasionalmente dos falanges en el segundo dedo (también lo describen del tercero y cuarto dedos) y comentan que este hecho raro es más frecuente en el sexo femenino, y en gran proporción muestra una simetría bilateral. Pfitzner (1890) calcula la incidencia de aparición de bifalangia en el segundo dedo en un 0,4% de la población europea, y Hasselwander (1910) en el 0,8% de la misma. Curiosamente las falanges medias en pies con un quinto dedo bifalángico son más cortas que aquellos con un quinto dedo trifalángico. (Venning 1960, Tachdjian 1972). Del resto de los autores consultados, ningún otro especifica haberse encontrado este fenómeno en el segundo dedo.

Nosotros, en este estudio <u>no hemos encontrado ni ausencia de la falange media, ni fusión entre dicha falange y la proximal o distal en ninguno de los casos de la muestra.</u> Imaginamos que aumentando el tamaño muestral se pueda encontrar algún caso.

Ausencia de la epífisis proximal de la falange media (osificación anepifisaria)

Otra variante es la ausencia de epífisis en la falange media. Whitaker en su estudio de mediciones de núcleos tarsales y sus estadios de fusión, corroboró que en los dedos pequeños a menudo no se encuentra núcleo secundario de las falanges medias y distales (Whitaker et al 2002). De igual manera O`Rahilly y otros autores enuncian que los centros epifisarios secundarios suelen faltar en la falange intermedia de los dedos tercero a quinto, aunque no especifican que dicha particularidad pueda ocurrir en el segundo dedo (Gómez Oliveros 1960, Tachdjian 1972, Resnick 1981, Ogden (2)2000). Köster las denomina osificaciones anepifisarias y las encuentra típicamente en las falanges medias del cuarto y quinto dedos y en la falange distal del quinto (Köster 1968).

Venning en su estudio de las variaciones del esqueleto digital del pie propone un gradiente de desaparición de la epífisis de la falange media. El primer escalón es la transición de epífisis verdadera a pseudoepífisis, el siguiente paso es la ausencia completa de la epífisis, y en el estadio final se llegaría a la ausencia de la falange media en el dedo. Otro autor que describe las pseudoepífisis de la falange media es Köster, que las encuentra en 3 pacientes de un total de 39, en un rango de edad de entre 7 y 11 años. En sus comentarios las trata como variantes no patológicas de la normalidad (Köster 1968). La ausencia de epífisis es más frecuente en niñas que en niños y existe una tendencia significativa a la simetría bilateral. De entre los asimétricos, es más frecuente encontrarlo en los pies izquierdos (Venning 1960). Sin embargo ningún autor consultado aclara la incidencia de tal efecto en la población.

Durante el análisis de las imágenes del estudio que hemos llevado acabo, nos dimos cuenta que en ciertos casos faltaba la epífisis proximal del falange media. Contabilizamos únicamente aquellos casos con ausencia completa de la epífisis (figura IV. 8), y no incluimos las falanges con pseudoepífisis (figura 9).

Figura IV. 8. Ejemplos de osificación anepifisaria de la falange media.

Concretamente suponen 163 casos de los 1001 posibles, que lógicamente hace un total del 16,3% de las imágenes. Comprendimos que en 111 casos, esto era debido a edades muy tempranas del desarrollo, donde el núcleo aún no ha aparecido. Los otros 52 casos pertenecen a pacientes en los que ya se han desarrollado todos los núcleos y sin embargo siguen sin presentar núcleo de la falange media, lo que Köster denomina osificaciones anepifisarias. Es decir, el crecimiento de dicha falange se realiza sin la participación del núcleo secundario, sólo a expensas del núcleo primario prenatal. Suponen un 5,2% del total de casos. En términos de pacientes estamos hablando de un 4,3% del total, es decir existen

10 pacientes en la muestra cuya falange media se desarrolla sin núcleo secundario epifisario (osificación anepifisaria).

Figura IV. 9. Pseudoepífisis de la falange media.

Los rangos de edad obtenidos oscilan entre los 4,68 años y los 13,40 años. Siendo la edad media 9,68 años. Son pues radiografías de niños con todos los componentes óseos formados y en etapa de desarrollo madurativo. Ha sido encontrado más en niños que en niñas, guardando una proporción de 3:2. Dato contrario a lo expuesto por Venning (Venning 1960). Sin embargo coincidimos con este autor en que la mayoría de los pacientes (seis de los diez) tienen una ausencia bilateral, en dos pacientes de manera unilateral y en los otros dos no se puede saber pues el estudio es unilateral. Estadísticamente no descubrimos predominio por lateralidad. Se muestra con mayor frecuencia en los casos que existe patología tipo pie plano (87%). De este grupo mayoritario se puede afirmar que, en el 8% de los pacientes que consultan por pie plano, la falange media del segundo dedo del pie crece sólo a instancias del núcleo primario prenatal, y en la gran mayoría de ellos se produce de forma bilateral. Desde otro punto de vista, la patología que más asocia la ausencia epifisaria de la segunda falange es la clinodactilia que supone un 20% de los pacientes que consultaron en el estudio por esta causa. Existe una asociación muy potente entre la ausencia completa del

núcleo de osificación de la falange media del segundo dedo y la fórmula digital tipo pie egipcio (94,2%), sin predominio de un determinado morfotipo de fórmula metatarsal. Y finalmente se descubre que la combinación de fórmulas más frecuente, es pie egipcio *index minus* (PEIM), seguido de pie egipcio *index plus* (PEIM). Todos estos datos muestran significación estadística.

Cabe interpretar tal asociación en el sentido de que las falanges medias del 2º dedo sin núcleo epifisario (an-epifisarias) contribuyen menos a la longitud del 2º dedo y queda éste más corto que el *hallux.*

Queda para estudios ulteriores contestar a las preguntas:

Esta asociación ¿refleja una alteración del desarrollo común entre el pie plano y la ausencia de núcleo de osificación epifisario de la falange media?

¿Son factores biomecánicos terapéuticos o iatrogénicos (plantillas,...) los responsables de la falta de desarrollo de este núcleo de osificación epifisario de la falange media?

Las epífisis cónicas de las falanges proximales se asocian fuertemente con la ausencia de epífisis en las falanges medias. Esto hace pensar que la ausencia de la epífisis de la falange media puede ser de dos tipos: uno relacionado con la ausencia de falange media y otro, fenotípicamente indistinguible, asociado a las epífisis cónicas de las falanges proximales (Venning 1960). En nuestro estudio tres de los diez pacientes presentan esta asociación, demostrando cierta relación estadísticamente no significativa entre la presencia de epífisis cónicas de la falange proximal y la osificación anepifisaria de la falange media (figura IV. 10).

Con respecto al crecimiento óseo de las falanges medias con ausencia del núcleo secundario proximal, se hipotetiza con la posibilidad de que, al faltar la epífisis, la falange alcance una longitud final menor que aquellas falanges impulsadas por el crecimiento adicional de dicho núcleo. Como explica Venning, en cualquier dedo la longitud de la falange media depende: primero de la forma de su epífisis, pues si está ausente son significativamente más cortos, y segundo de la forma esquelética de las falanges medias presentes en cada uno de los otros dedos del pie. Cuanto mayor es el número de dedos en los que la epífisis de la falange media está ausente, más corta se hace la longitud de la falange media de cualquier dedo en particular (Venning 1956).

Dicha comprobación se ha llevado acabo mediante un índice (Lf2) que relaciona la longitud de la segunda falange con la longitud total del segundo radio. Para mayor seguridad, se hizo también mediante la proporción entre la longitud total de la segunda falange y la de la primera, al término del crecimiento, anulando con ello el efecto sumatorio que de por sí aporta la segunda falange al crecimiento del radio. Tras el análisis, conseguimos demostrar que las falanges medias de los casos con ausencia del núcleo secundario de crecimiento son menores en longitud que las que presentan dicho núcleo. Por tanto, las segundas falanges del segundo radio que crecen sólo a expensas del núcleo primario son menores en longitud que aquellas que se ayudan en el crecimiento del núcleo secundario postnatal, quizá por ello se asocian más a pies egipcios.

Figura IV. 10. Casos de asociación de epífisis cónicas de la falange proximal y osificación anepifisaria de la falange media.

Estudio morfométrico

El resultado del análisis de la morfología de la epífisis basal de la falange media, en aquellos pacientes que la presentan, nos conduce a asegurar estadísticamente que la longitud del núcleo secundario en las niñas es mayor que en los niños. La distribución de mayor a menor en longitud de epífisis según el motivo de consulta es: traumatismos > zambos > planos y *hallux valgus*. Los pacientes con pie griego y cuadrado muestran un núcleo de menor longitud que los que tienen pies con fórmula digital egipcia.

La anchura fisaria es significativamente mayor en niñas que en niños, también es mayor en los pies con *hallux valgus* y en morfotipo metatarsal *index minus*.

Al exponer los resultados de la longitud total de la segunda falange el segundo dedo, se debe resaltar que en los pies con fórmula egipcia esta longitud es significativamente menor que la de los pies griegos y cuadrados. Y en los casos de *index minus* la longitud es mayor que en los de morfotipo *index plus* e *index plusminus*.

No hay datos comparativos en la literatura.

Estimación de la edad ósea a partir del núcleo secundario de la falange media

Todas las correlaciones entre la edad ósea y el índice ifipf2, calculado del cociente entre la longitud epifisaria y la total de la segunda falange, obtiene un signo negativo, de tal manera que al aumentar la edad ósea, el índice se hace menor, es decir, la longitud de la epífisis se hace mayor con respecto a la de la falange, aunque con un coeficiente de determinación es muy bajo. Igual sucede con el índice ifipf2.2 (calculado de la razón entre la longitud epifisaria y la total del segundo radio), en algunos subgrupos (niñas, pie plano y pie zambo). Este último índice dibuja correlaciones positivas con la edad en el grupo de población muestral y masculina, que alcanza coeficientes de determinación de 0,33 y 0,39 respectivamente. La mejor correlación se obtiene con el índice ipf2 (anchura epifisaria con metafisaria) para el subgrupo de pie plano, con R-cuadrado de 0,41.

La mejor ecuación de la recta de regresión para la estimación de la edad ósea en la población muestral es edad = -1,44 + 10,55 x ipf2.

La ecuación de la recta de regresión para la estimación de la edad ósea en la población de pie plano es edad = -2,62 + 11,64 x ipf2.

IV. B. 5. Falange distal del segundo dedo

Edad de aparición del núcleo epifisario

En el estudio muestral de la osificación del núcleo secundario de la falange distal del segundo dedo, se va buscando el estadio uno de Risser para dicho núcleo. Tras el análisis se comprueba que la edad media es 4,35 años y se obtiene un rango de edad de entre 1,50 y 7,84 años. Al segmentar la muestra según el sexo, se descubre que la edad media en la aparición del núcleo en niños es de 4,69 años, variando los valores entre 1,5 años y 7,84 años. En las niñas el valor medio encontrado es de 3,79 años, siendo el intervalo de edad de 1,6 a 6,8 años (ver tabla IV. 12). A pesar de la evidente diferencia entre ambas medias de edad, el sexo es una variable que no parece influir en la edad de aparición del núcleo de osificación secundario de esta falange.

El dato más relevante en el estudio de este núcleo es que los pacientes que presentan pie zambo, tienen una edad media de aparición del núcleo de esta falange distal más tardía (5,56 años) que los que presentan pie plano (4,25 años) y que los pacientes control (pies traumáticos con 3,51 años de media). El resto de las variables no influirían en la variabilidad de los datos obtenidos, es decir, ni la lateralidad ni las fórmulas digital, metatarsal o su combinación parecen mostrar un retraso o precocidad en la aparición del núcleo analizado.

Estos son los resultados publicados por otros autores (ver tabla IV. 10).

Testut (1923) al no diferenciar entre sí la aparición del núcleos secundarios de las falanges de los dedos pequeños, muestra los mismos datos que se han expuesto para el resto de falanges, donde aparicen las epífisis de crecimiento entre los tres años y medio y los cuatro años.

Gómez Oliveros (1960) expone sus resultados de la misma manera afirmando que los puntos de osificación de las falanges del pie (sin distinción) se osifican a los cinco o seis años.

Autor	Niños	Niñas	Global
Testut 1923			3,5-4 a
Gómez Oliveros 1960			5-6 a
Köster 1968			5 a
Lelièvre 1970			3-4 a
Gray 1977			6 a
Tax 1985		3 a	
Montagne et al 1984	4,6 a (3,2-6,7 a)	2,9 a (1,5-4,5 a)	
Reverte 1991			3,6 a
Sarrafian 1993	4,7 a	2,9 a	
Ogden 2000			5a
Scheuer-Black 2000	4-4,5 a	2,5-3 a	
Pizones-Pareja-Fdz Camacho 2007	4,6 a (1,5-7,84 a)	3,7 a (1,6-6,8 a)	4,3 a (1,5-7,84 a)

Tabla IV. 10. Edad de aparición del núcleo de osificación proximal de la falange distal del segundo dedo.

Köster (1968) data la osificación de las epífisis proximales de la falange distal de los dedos segundo y tercero a los cinco años.

Lelièvre (1970) fecha la aparición de los puntos epifisarios de las falanges entre los 3 y 4 años.

Gray (1977) anota como fecha de aparición del núcleo secundario de esta falange del segundo dedo a los 6 años.

Montagne et al (1984) nos aportan los detalles segmentados por sexo. La aparición de este núcleo en concreto en los niños se observa a los 4 años y 8 meses (4,6 años), con un rango de entre tres años y tres meses (3,2 años) y seis años y nueve meses (6,7 años). En las niñas este núcleo se percibe a los dos años y once meses de media (2,9 años), con un rango de entre 18 meses (1,5 años) y 4 años y 6 meses (4,5 años).

Tax (1985) data la aparición del núcleo de la falange distal del segundo dedo a los 36,2 meses (3 años) en la niñas, no hace mención del suceso en los niños.

Reverte (1991) expone los datos de Todd, donde la osificación de la epífisis proximal de la falange distal del segundo dedo se da a los tres años y ocho meses (3,6 años).

Sarrafian (1993) describe la aparición concreta de este centro secundario proximal a los 2,9 años en niñas y a los 4,7 años en niños.

Ogden (2-2000) de manera global incluye la aparición de los núcleos secundarios de las falanges a la edad de 5 años.

Scheuer y Black (2000) comenta que como norma general, los centros de osificación de las falanges distales de los dedos 2 a 4 aparecen en las niñas entre los 2 años y seis meses (2,5 años) y los tres años y en los niños entre los 4 años y los 4 años y siete meses (4,5 años). Parece que la del segundo dedo aparece más tarde que la del resto de dedos pequeños.

A la vista de los datos se puede ver una concordancia entre los distintos autores y nuestros resultados. Parece que al describir la aparición del núcleo secundario de la falange distal del segundo dedo nos ponemos de acuerdo con las cifras. En rasgos generales, todo el mundo coincide en la precocidad de aparición de este núcleo en el sexo femenino, tomando las cifras más distanciadas entre sexos de todo el estudio de aparición de núcleos. Paradójicamente en nuestros resultados, aunque existe diferencia marcada entre las medias de edad entre los sexos, ésta no es significativa. Se puede decir en general que la edad media de aparición de dicho centro en los niños ronda los cuatro años y medio, y en niñas los tres años. En los textos anatómicos, como viene siendo habitual en la serie, se dilata la osificación del núcleo hasta los cinco o seis años. Estos últimos datos no son específicos de este dedo, sino expuestos en común para todas las falanges del pie en general.

Edad de cierre o fusión epifisometafisaria

Se encuentran 72 casos donde dicho núcleo se halla en fase de fusión parcial, con una edad media de 12,25 años y un rango de edad de entre 9,23 y

15,97 años. El cierre completo se realiza de media a los 13,34 años en los 162 casos hallados, con un rango de edad de 9,82 a 19,94 años.

En los niños la edad media del cierre parcial resulta 12,71 años (9,23-15,97), mientras que en las niñas es de 12,04 años (10,28-13,79). El cierre completo, estado Risser 4, se encuentra a los 14,17 (12,78-15,09) años de media en los niños y a los 13,20 (9,82-19,94) años de media en las niñas (ver tablas IV. 14 y 15)..

El inicio del cierre fisario del núcleo de osificación secundario de la falange distal del segundo radio se adelanta de manera significativa en niñas con respecto a niños y en pie plano (12,1 años) comparado con traumático (14 años). Las variables lateralidad del pie, fórmula digital, metatarsal y sus combinaciones no parecen influir de manera significativa en la edad de cierre parcial del núcleo de la falange distal.

El cierre completo epífisometafisario se encuentra alterado por razón del sexo, siendo más precoz en el sexo femenino. Los pies de origen traumático realizan el citado cierre más tarde (14,5 años) que los pies con deformidades en valgo del primer dedo (12,8 años). En los pacientes con fórmula metatarsal tipo *index plus*, este fenómeno se produce de manera más precoz (12,8 años) que en los pies con fórmula tipo *index minus* (13,7 años). Y en los pacientes con combinación de fórmulas tipo PGIM este cierre completo fisario del núcleo de la falange distal es más tardío (13,8 años) con respecto a los que presentan una combinación PEIP (12,8 años). Los factores de lateralidad del pie y fórmula digital no harían variar la edad del cierre fisario mencionado.

Que el cierre parcial de la fisis de la falange distal sea más precoz cuando hay pie plano que en los controles (traumáticos) puede deberse a:

1º la alteración del desarrollo que origina el pie plano condicionaría también un cierre fisario precoz en comparación con los "normales" (controles).

2º las alteraciones biomecánicas implicadas en la transmisión de carga en el pie plano, o sus factores correctores (zapato y plantillas), afectarían al cartílago de conjunción de la falange distal.

La explicación al cierre total, aunque no se evidencia en el parcial, de la fisis de la falange distal más precoz cuando hay fórmula metarsal tipo *index plus*, no puede ser sino que la falange permanece más tiempo creciendo por el mismo

factor causal que origina la consecución de una fórmula tipo *index minus* , cuyo 2º meta será más largo que el 1º, y de ahí, el "retardo" en el cierre total, de la fisis de la falange media del 2º dedo. Igual sucede con ls combinaciones PEIP, con respecto a las PGIM. El que tal hecho no se haya podido constatar en el cierre parcial no empece lo afirmado ya que como es conocido "la ausencia de evidencia no evidencia la ausencia".

La comparación con el "comportamiento" de la fisis de la falange proximal y media, permite apuntar que mientras la FP se ve condicionada, al menos en parte, por la patología, el principal factor condicionante tanto para la FM como para la FD sería el crecimiento del 2º radio. Si bien en el caso de la FM también se observaba para la fórmula digital, lo que aquí no se ha constatado.

De nuevo recurrimos a la bibliografía para comparar nuestros resultados (ver tabla IV. 11).

Testut (1923) describe que la fusión del núcleo de la falange distal se produce entre los 16 a los 18 años.

Köster (1968) data la fusión del núcleo de osificación epifisario de la falange distal del segundo dedo a los 12 años, como en los dedos tercero y cuarto.

Lelièvre (1970) fecha el cierre de los puntos epifisarios de las falanges entre los 13 y 20 años.

Tachdjian (1972) basado en los gráficos de Lanz y Wachmuth de 1938, nos muestra una edad media de cierre epifisario de la falange distal del segundo al quinto dedo a los 18 años.

Gray (1977) en su detallado estudio de la fusión epifisaria del segundo dedo, cifra la edad de cierre del núcleo de la falange distal a los 17-18 años.

El grupo de trabajo denominado Workshop of European Anthropologists (1980), estudiando los datos aportados por autores como Haret et al (1927), Rauber y Kopsch (1952), Wolff-Heidegger (1954) y Brothwell (1965) estima la edad de cierre fisario de las falanges en general en un rango de edad muy amplio, de 15 a 20 años.

Tax (1985) sugiere que el cierre de los núcleos de las falanges acontece entre los 14 y los 16 años.

Montagne et al (1984) relata que el orden de fusión de las falanges distales empieza por la tercera y sigue por segunda, y esto sucede a los 13 y los 20 años.

Sarrafian (1993) describe la fusión epífiso metafisaria de la falange distal del segundo dedo a los 14,7 años en los niños, siendo más precoz en las niñas, que ocurre a los 11,8 años.

Scheuer y Black (2000) tras el análisis de las publicaciones de Paterson (1929), Lurie et al (1943), Pyle y Sontag (1943) y Hoerr et al (1962) comenta que la falange distal se cierra antes que la media y que esto tiene lugar entre los 11 y los 12 años en niñas y los 14 y 15 años en niños.

Autor	**Niños**	**Niñas**	**Global**
Testut 1923			16-18 a
Köster 1968			12 a
Lelièvre 1970			13-20 a
Tachdjian 1972			18 a
Gray 1977			17-18 a
WEA 1980			15-20 a
Tax 1985			14-16 a
Montagne et al 1984			13-20 a
Sarrafian 1993	14,7 a	11,8 a	
Scheuer-Black 2000	14-15 a	11-12 a	
Pizones-Pareja-Fdz Camacho 2007	Risser 3: 12,7 a Risser 4: 14,1 a	Risser 3: 12 a Risser 4: 13,2 a	Risser 3: 12,2 a Risser 4: 13,3 a

Tabla IV. 11. Edad de fusión del núcleo de osificación proximal de la falange distal del segundo dedo.

Vuelve a demostrarse estadísticamente el inicio más temprano de la fusión de este núcleo falángico en niñas con respecto a niños. Dato que corroboran en la literatura autores como Sarrafian y Scheuer y Black, esta vez aproximando bastante sus cifras con las obtenidas en nuestros resultados. Es curioso observar que los rangos de fusión se obtienen en intervalos más estrechos que para el resto de epífisis. Köster, como es habitual publica unas cifras muy acordes con las

nuestras, siendo además específicas de la falange distal. Aunque la mayoría del resto de autores fija los datos con respecto a las epífisis distales del resto de falanges, estos son muy discordantes, en la mayoría se retrasan alrededor de tres años. Como siempre hemos apuntado, hay que tener en cuenta el factor nacionalidad y metodología para poder justificar tales diferencias.

Alteraciones radiológicas

Se presupone que todas las variantes de la normalidad que hemos apuntado para el resto de las epífisis de las falanges previas deben seguir vigentes para esta la de la falange distal. Esto sugiere la posible existencia de núcleos múltiples, indentaciones o fragmentación, núcleos bipartitos, núcleos discoides, y las ya comentadas formas fisuradas o cónicas (Gómez Oliveros 1960, Venning 1960, Köster 1968, Tachdjian 1972, Ogden (1) 2000, Scheuer y Black 2000). Sin embargo ninguno de los autores muestra estadísticas o referencias de alteraciones en la falange distal de los dedos.

Se descubre la presencia del núcleo de la tercera falange en 710 imágenes, que supone el 70,9% de todos los casos. Está ausente en 182 de las 1001 radiografías disponibles (18,2%), y no puede asegurarse su existencia en 109 ocasiones (10,9%). Uno de los problemas que hemos tenido en el estudio de esta falange es que en algunos casos, el segundo dedo queda flexionado hacia plantar en la imagen y es difícil valorar la anatomía de la falange distal. Otros autores han comentado tener la misma dificultad técnica, así apuntan que las falanges distales de los dedos pequeños son habitualmente difíciles de visualizar, dado su morfología en rizo (Whitaker et al 2002). A esto se añade que, en la técnica radiográfica utilizada, este segmento del segundo radio queda muy lejos del foco radiográfico, perdiendo calidad de imagen y dificultando su análisis. Aún así, en todos los casos donde se demuestra la existencia de dicho núcleo, este presenta una imagen normal. En ningún caso existe una alteración en sus características, ni de aumento de intensidad, ni de esclerosis, ni de fragmentación. Ningún paciente ha reflejado alteración en las características del núcleo de osificación secundario de la falange distal en este estudio.

La característica más común tratada por los autores es la implicación de la falange distal dentro del fenómeno de bifalangia de los dedos pequeños del pie. Sabemos que ocurre como deficiencia de diferenciación de la articulación

interfalángica distal, que conlleva a la fusión entre las falanges distales. Dicho efecto se considera una adaptación a la estabilidad en la bipedestación y se observa con mayor frecuencia en el cuarto y sobretodo el quinto dedo (Testut 1923, Wood Jones 1944 cit por Venning 1960, Ellis 1968, Resnick 1981, Keats 1993, Tachdjian 1972 y 1999, Ogden (2)2000, Scheuer y Black 2000, Whitaker et al 2002). En este estudio, con la muestra de pacientes con que se contaba, ninguno de los 231 ha mostrado fusión entre la segunda y la tercera falange.

Estudio morfométrico

En los niños la longitud de la epífisis de la falange distal es significativamente mayor que en las niñas, en casos traumáticos que en *hallux valgus*, y en pies egipcios que en griegos. También la epífisis de la falange distal es significativamente más ancha en los pies egipcios que griegos. Dicha anchura se distribuye de mayor a menor según el motivo de consulta como sigue: *hallux valgus* > pies planos > traumatismos.

Estimación de la edad ósea a partir del núcleo secundario de la falange distal

Prácticamente todas las correlaciones entre la edad ósea y los índice ifipf3 e ifipf3.2 tienen relaciones negativas, con unos coeficientes de correlación muy bajos. El índice ipf3, que se calcula con el cociente de la anchura epifisaria con la metafisaria adyacente, permite una buena correlación en la estimación de la edad ósea en pacientes control (casos traumáticos), proporcionando un coeficiente de determinación del 0,45. Este índice tiene menor capacidad de estimación ósea en la población muestral, con R-cuadrado de 0,20.

La ecuación de la recta de regresión para la estimación de la edad ósea en la población de traumatismos es edad = 0,23 + 9,12 x ipf3.

IV. C. MAPA DE OSIFICACIÓN DEL SEGUNDO RADIO DEL PIE

IV. C. 1. Análisis de la secuencia de osificación en el total de casos

Al analizar los datos obtenidos de las medias de edad de aparición de los distintos núcleos secundarios postnatales del segundo radio del pie en la muestra

del trabajo, se puede establecer un orden de aparición de los núcleos que nos dibuja el siguiente mapa: Prox2ºMTS – FP - FM – Dist2ºMTS - FD.

En nuestro estudio se cumple uno de los clásicos postulados de Pryor (1907) (cit. Ebrí 1988), que también comentan Greulich y Pyle (1959), Tanner (1988), Hernández (1988, 1991), Reverte (1991), Jiménez-Castellanos (1996) y Taylor y Resnick (2003) ya que hemos observado como la aparición de los diferentes núcleos es más precoz en las niñas que en los niños.

El interés que despierta el conocimiento de la secuencia de aparición de los núcleos de osificación queda bien demostrado pues es pieza básica para la determinación de la edad ósea y para el control de la evolución del desarrollo infantil. Por eso queremos detenernos en este punto y discutir nuestros resultados con los del resto de referencias.

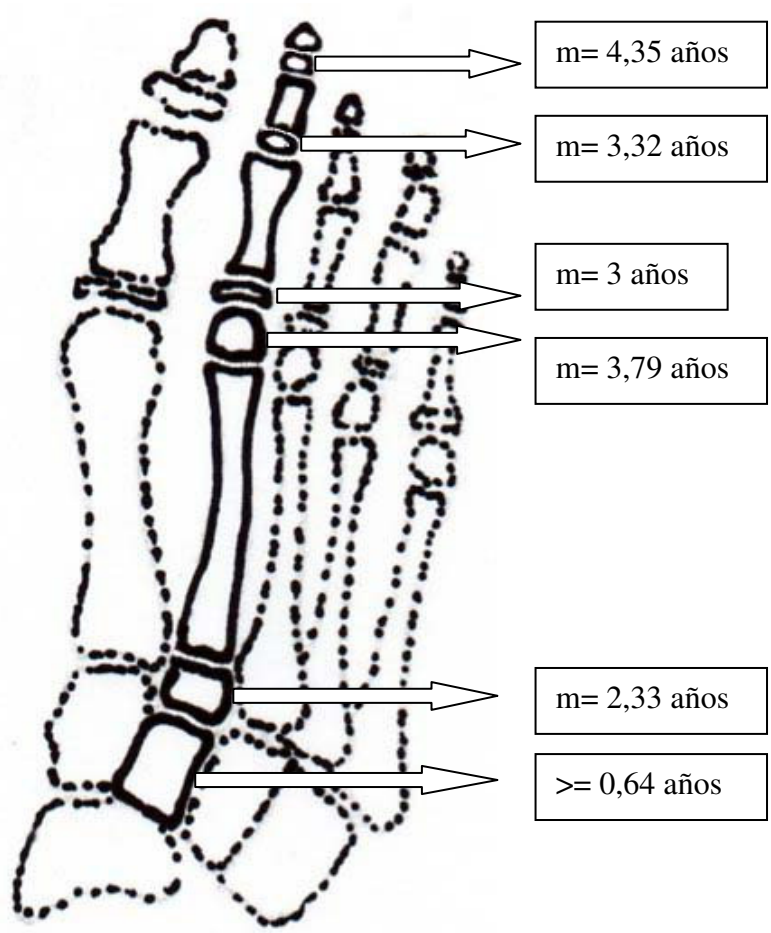


Figura IV. 11. Mapa de la secuencia de aparición de los núcleos de osificación del segundo radio del pie (m = media).

Nc osific postnat/edad media	**Total casos**	**Niños**	**Niñas**
2º Cuña	0,64	1,47	0,64
Proximal de 2º metatarsiano	2,33 (2,16 y 2,51)	2,51	2,16
Distal de 2º metatarsiano	3,79 (1,93-5,76)	4,11 (2,83-5,76)	3,24 (1,93-4,82)
Falange proximal 2º dedo	3 (0,67-7,94)	3,23 (0,67-7,94)	2,63 (1,05-4,82)
Falange media 2º dedo	3,32 (1,28-7,94)	3,61 (1,28-7,94)	2,88 (1,48-5,82)
Falange distal 2º dedo	4,35 (1,50-7,84)	4,69 (1,50-7,84)	3,79 (1,60-6,88)

Tabla IV.12. Edades de aparición de los núcleos de osificación del segundo radio del pie.

Se ha realizado una tabla comparativa exponiendo todos los resultados encontrados en la literatura sobre la edad de aparición de lo distintos núcleos secundarios del segundo radio del pie en la etapa postnatal. En ninguno de los los estudios revisados se precisan los criterios utilizados para determinar el rango de edad de aparición de los núcleos y tampoco hemos encontrado bibliografía que utilizando una metodología como la nuestra, realice un estudio sobre las edades de aparición de los distintos núcleos de osificación secundarios del segundo radio. Tampoco dichos estudios dejan claro si se está dando la media de edad a la que se observa el núcleo o el límite inferior del intervalo de edades a las que se aprecia. En algunos casos no se especifica si se basan en estudios estadísticos o en la mera experiencia observacional, ni queda claro si utilizan la variable edad como variable continua expresada en decimales. Es decir, aunque aquí se pretende dar algo de luz a este campo, mediante la comparación de nuestros resultados con lo publicado, no se puede realmente llegar a una conclusión específica. Lo que se puede exponer con rigor son los datos recabados de nuestra amplia muestra poblacional española, para que sirvan en comparaciones posteriores para estudios

futuros con el mismo rigor, ya que aquí se ha comentado la metodología exacta con la que se ha llevado acabo este trabajo (ver capítulo II, material y métodos).

Autor	**Distal Metatarsiano (Dist MTS)**	**Falange proximal (FP)**	**Falange media (FM)**	**Falange distal (FD)**
Testut 1923	3 a	3,7 a	3,7 a	3,7 a
Gómez Oliveros 1960	4 a	5,5 a	5,5 a	5,5 a
Köster 1968	3 a	2 a	2 a	5 a
Gray 1977	3 a	4 a	6,5 a	6 a
Montagne et al 1984	2 a	1,4 a	1,5 a	3,7 a
Reverte 1991	1,3 a	0,9 a	1 a	3,6 a
Sarrafian 1993	2,4 a	1,4 a	1 a	3,8 a
Scheuer-Black 2000	2,1 a	1,5 a	1,2 a	3,5 a
Pizones-Pareja-Fdz Camacho 2007	3,8 a	3 a	3,3 a	4,3 a

Tabla IV.13. Resumen de las medias de edad en la aparición de los núcleos secundarios postnatales del segundo radio.

Los distintos autores mencionados han descrito, a través de sus exposiciones, el orden de aparición de los núcleos secundarios en el pie, con existencia de grandes variaciones entre los datos publicados. Scheuer y Black (2000) hicieron una recopilación de los datos descritos hasta entonces, intentando homogeneizar las versiones existentes. Tomaron sus referencias de artículos clásicos Francis et al 1939, Pyle y Sontag 1943, Elgenmark 1946, Harding 1952, Hoerr et al 1962, Acheson 1966 y Garn et al 1967. Consiguieron establecer que, como norma general el primer núcleo en formarse en el pie es el de la falange distal de primer dedo, seguido de los centros de osificación secundarios de las falanges medias del segundo al cuarto dedos, todas las falanges proximales y la base del primer metatarsiano. A continuación aparecen los núcleos secundarios de los metatarsianos y falanges distales del segundo al cuarto. Tratan a las falanges

medias y distales del quinto dedo como de osificación muy variable. Según estos autores, el segundo radio lleva este orden de osificación: FM - FP- Dist2ºMTS – FD (Scheuer y Black 2000).

La secuencia que dibuja Sarrafian de osificación es: FM - FP- Dist2ºMTS – FD (Sarrafian 1993).

Reverte reconoce que la aparición de los centros de osificación es un punto de referencia que nos orienta sobre el momento de desarrollo de un niño y por tanto sobre su edad, desde el punto de vista forense, en el momento de la muerte. Ha estudiado la secuencia de aparición de los núcleos, basándose en textos de Todd 1937, Francis 1939 y Werle y Behm 1940. La secuencia que publica es: FP – FM – Dist2ºMTS – FD (Reverte 1991).

Montagne nos permite deducir de su atlas radiográfico del pie, que el orden que describe en la osificación del segundo radio es: FP – FM – Dist2ºMTS – FD (Montagne 1984).

En el tratado clásico de anatomía de Gray sale a relucir la secuencia siguiente de osificación: Dist2ºMTS – FP- FD – FM (Gray 1977).

La secuencia que nos deja Köster dibujada, después de su estudio sobre la osificación del antepié y los dedos es: FP, FM – Dist2ºMTS – FD (Köster 1968).

Por último Testut y Gómez Oliveros coinciden, aunque no en edades medias de osificación, sí al menos en el orden de aparición de los núcleos secundarios: Dist2ºMTS – FP, FM, FD (Testut 1923, Gómez Oliveros 1960).

Al revisar las distintas secuencias de segundo radio del pie, se saca la conclusión de que hay un consenso general que reconoce que primero aparecen los núcleos secundarios de la falange media y proximal, aunque en distinto orden según los autores y que después aparece el núcleo distal del segundo metatarsiano. Todos coincidimos en aceptar que la última epífisis en osificarse es la de la falange distal. Con los resultados que obtenemos en nuestra muestra podemos a su vez afirmar que, el núcleo basal del segundo metatarsiano, del que ningún autor reconoce su existencia, es el primero en el orden de osificación, incluso antes de que aparezca el de la falange proximal.

IV. C. 2. Análisis de la secuencia de osificación según patologías

Los datos se han obtenido del grupo de pacientes (escogido de manera aleatoria aunque fiel a lo largo del estudio), esto produce un sesgo en la aparición del núcelo basal del segundo metatarsiano, y por eso no sale reflejado en estas secuencias.

Traumatismos

La aparición de los núcleos sigue siendo más precoz en las niñas que en los niños. La secuencia es: FP-FM-Dist2ºMTS-FD (en los enfermos "sanos" al que representa este subgrupo. Sistemática parecida a la obtenida sin segmentar por patología salvo aparentes diferencias en las edades.

Pie plano

La aparición de los núcleos es más precoz en las niñas que en los niños. La secuencia de aparición es: FP-FM-Dist2ºMTS-FD. Sistemática parecida a la obtenida sin segmentar por patología, o a la hallada en los casos controles, salvo aparentes diferencias en las edades.

Hallux valgus

No es valorable diferencias en función del sexo por el escaso número de casos en niñas. La secuencia en los niños es: FP-FM-Dist2ºMTS. Sistemática que difiere de la obtenida sin segmentar por patología, o en los casos controles o en los pies planos, no se ha detectado la FD.

Pie zambo

Al igual que sin segmentar, o en controles o en pies planos, en los pies zambos la aparición de los núcleos es más precoz en las niñas que en los niños (salvo para la falange distal del 2º dedo, si bien no es valorable por haber una única niña). La secuencia es: Prox2ºMTS-FP-FM-Dist2ºMTS-FD. Sistemática parecida a la obtenida sin segmentar por patología, o a la hallada en los casos controles, o con pies planos salvo aparentes diferencias en las edades.

Un último dato a destacar es que, en el caso de <u>las epífisis distal del 2º metatarsiano y proximal de la primera falange, la aparición de los núcleos es más precoz en pacientes con *hallux valgus*</u>. Este dato, que ha sido comentado en cada apartado específico por separado, no nos debe de confundir a la hora de sacar conclusiones. Se podría pensar que el papel del segundo dedo en pacientes en los que el primero "empuja" en valgo, podría adelantar la aparición de estos núcleos.

Sin embargo hay que tener en cuenta que el diagnóstico de *hallux valgus* se hace en la adolescencia, lo que deja poco campo a la influencia de la deformidad en la osificación de los núcleos a edades tan tempranas.

IV. C. 3. Análisis de la secuencia de fusión en el total de casos

El orden de aparición de los núcleos secundarios está bien estudiado, seguramente porque no es difícil establecer fechas concretas de su aparición. Sin embargo pocos autores describen la secuencia de cierre de los núcleos, pues el proceso se lleva acabo durante un periodo más largo de edad, y es complejo establecer fechas concretas de cierre. Además como apunta Köster en su estudio de osificación del antepié, al fusión de los núcleos puede adelantarse en respuesta al estrés mecánico de la marcha; depende mucho del individuo, porque a igual edad pueden existir estadios distintos de fusión; y puede variar según el sexo, tamaño corporal o la nutrición de cada persona (Köster 1968). Aunque parece con ello que el proceso de fusión recibe menor importancia en la literatura, este orden en la edad de cierre de los núcleos secundarios es fundamental en el cálculo de edades óseas en restos anatómicos encontrados a nivel forense. Como expone la Workshop Europea, en la determinación de la edad en la adolescencia, datada después de los 14 años de vida, el desarrollo dental deja de tener validez, y la fusión epifisaria de los huesos largos se convierte en la característica fundamental de la determinación de la edad (WEA 1980).

Como apuntan Scheuer y Black (2000), el orden de aparición de los centros secundarios de osificación no tiene porque ser espejo del orden que define su fusión. Todo ello se vuelve más confuso si se quiere analizar por separado el inicio de la fusión, del término de la misma. La secuencia que logramos obtener tras el análisis de la muestra del orden del inicio de fusión de la epífisis estudiadas dibuja un patrón: Prox2ºMTS-FM-FP-FD-Dist2ºMTS. Por tanto el orden de cierre total de las fisis de las falanges del 2º dedo no es el mismo que el orden de aparición ni su inverso. En cambio, al igual que en la aparición, el cierre de las epífisis del 2º metatarsiano es precoz en la proximal (si existe) y tardío en la distal. Es decir, en este caso, obviando el hecho fácilmente reconocible de que el núcleo proximal del segundo metatarsiano, cuando existe, se fusiona mucho antes que el resto de los núcleos del segundo radio, el orden de inicio de fusión comienza por la falange media, seguida a los cuatro o cinco meses por las otras

dos falanges prácticamente a la par, para terminar por la cabeza del metatarsiano (tabla IV. 14).

Risser 3	**Total**	**Niños**	**Niñas**
Proximal 2º metatarsiano	3,9 años	4,46 (3,77-4,90)	2,89 (1,55-3,87)
Distal 2º metatarsiano	13,6 años	13,61 (10,78-15,97)	12,81 (10,28-13,87)
Falange proximal 2º dedo	12,04 años	13,02 (7,61-15,76)	11,70 (9,31-14,39)
Falange media 2º dedo	11,6 años	12,51 (7,61-15,97)	11,36 (5,27-13,72)
Falange distal 2º dedo	12,25 años	12,71 (9,23-15,97)	12,04 (10,28-13,79)

Tabla IV.14. Edad media del cierre parcial fisario del segundo radio del pie.

El orden que hemos encontrado para el cierre completo epífisometafisario es: Prox2ºMTS-FD-FM-FP-Dist2ºMTS. Dejando a parte la epífisis proximal de metatarsiano, se puede decir que, en un intervalo de aproximadamente seis meses, se acaban de cerrar los núcleos secundarios del segundo radio, comenzando por la falange distal y progresando proximalmente en orden hasta la cabeza del segundo metatarsiano (tabla IV. 15). En todo ello, tener en cuenta que la fusión de los núcleos se produce antes en las niñas que en los niños, en la mayoría de las ocasiones con significación estadística, igual que reflejan otros autores. Es un efecto paralelo a la precocidad que demuestran las niñas con respecto a los niños en la aparición de los caracteres sexuales secundarios durante la pubertad y adolescencia tempana (Greulich y Pyle 1959, Tax 1985, Tanner 1988, Sarrafian 1993, Scheuer y Black 2000, Whitaker et al 2002).

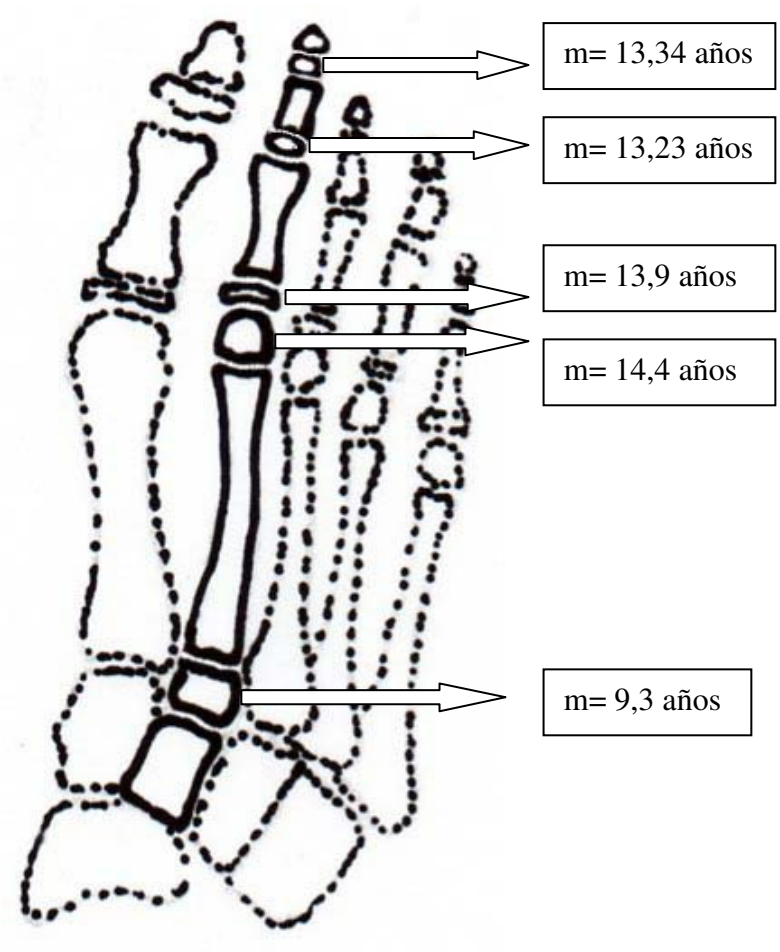


Figura IV. 12. Mapa de la secuencia de fusión completa de los núcleos de osificación del segundo radio del pie (m= media).

Risser 4	**Total**	**Niños**	**Niñas**
Proximal 2º metatarsiano	9,3 años	8,56 (4,53-12,10)	9,69 (3,27-18,42)
Distal 2º metatarsiano	14,4 años	14,28 (12,91-15,09)	14,05 (11,60-19,94)
Falange proximal 2º dedo	13,9 años	14,34 (12,41-15,97)	13,82 (11,36-19,94)
Falange media 2º dedo	13,23 años	14,30 (12,62-15,25)	13,05 (9,31-19,94)
Falange distal 2º dedo	13,34 años	14,17 (12,78-15,09)	13,20 (9,82-19,94)

Tabla IV.15. Edad media del cierre completo fisario del segundo radio del pie.

Revisando los datos publicados, se observan grandes diferencias entre los distintos autores (ver tabla IV. 16). Tomando de manera global los datos encontrados en la literatura, simplificados para poder elaborar una tabla más sencilla que nos permita ver en un golpe de vista los datos de manera comparativa, se obtiene este esquema:

Autor	**Distal Metatarsiano (Dist MTS)**	**Falange proximal (FP)**	**Falange media (FM)**	**Falange distal (FD)**
Testut 1923	16-18 a	15-16 a	16-18 a	16-18 a
Gómez Oliveros 1960	15-16 a			
Köster 1968	11-15 a	14-15 a	11 a	12 a
Tachdjian 1972	14-21 a	18 a	18 a	18 a
Gray 1977	18-20 a	17-18 a	17-18 a	17-18 a
WEA 1980	16-20 a	15-20 a	15-20 a	15-20 a
Montagne et al 1984	16-18 a	13-20 a	13-20 a	13-20 a
Reverte 1991	14-15 a			
Sarrafian 1993	13-15 a	13-15 a	13-15 a	12-15 a
Scheuer-Black 2000	11-16 a	13-18 a	11-15 a	11-15 a
Pizones-Pareja-Fdz Camacho 2007	13-14 a	12-14 a	11-13 a	12-13 a

Tabla IV.16. Resumen de las medias de edad en la cierre de los núcleos secundarios postnatales del segundo radio.

La disparidad en los resultados recogidos puede explicarse por la diferencia de metodologías empleadas, por la variabilidad poblacional, y por la

disparidad de épocas en las que se han ido realizando los estudios, muchos se llevan más de cuarenta años. A esto hay que añadir lo que cada autor considera como fusión, pues en los trabajos no se especifica si se trata del inicio o del final de la misma. También hay que recordar la diferencia aproximada de tres años entre lo que se considera fusión en los estudios anatómicos y en los radiográficos, porque de ello depende la obtención de datos según qué estudios (Reverte Coma 1991). Además algunos autores describen intervalos de edad de fusión muy amplios (de a veces siete años). Todo ello hace que resulte muy difícil establecer unas edades concretas para comparar y sobretodo para establecer un orden sistemático diferenciable de fusión entre los distintos núcleos epifisarios del segundo radio. Es mucho más complicado dibujar la cadencia de fusión, de lo que nos llevó dibujar la de aparición, a pesar de haber visto la importancia de esta cadencia para la determinación de la edad ósea en adolescentes.

El hecho que defiende Birkner (1978) de un cierre de secuencia distoproximal, comenzando con la fusión de la fisis de la falange distal y terminando con las de las cabezas de los metatarsianos, aunque para Sheuer y Black resulta ser demasiado simplista, se confirma en nuestra serie. Sin embargo para estos autores, la fusión comenzaría en la falange distal, seguida muy de cerca por la falange media, a continuación lo haría la cabeza del metatarsiano y finalmente se cerraría la falange proximal. Si nos fijamos en nuestros datos, la diferencia que se ha obtenido entre la fusión completa de la falange proximal y la consecutiva de la cabeza del metatarsiano sólo es de un mes, lo que con cierta probabilidad nos permita afirmar que, la diferencia que resaltan como tan importante los autores, sea en verdad variable según el tamaño muestral obtenido (Scheuer y Black 2000). Gray (1977) por ejemplo, cifra el cierre de las tres falanges en el mismo intervalo de edad, pero apunta claramente a que el último en fusionarse es el núcleo distal del metatarsiano. Montagne et al (1984) establece un orden de cierre epífisometafisario de FD-FM-FP, como nosotros hacemos, es decir de comienzo distal y progresión proximal, pero lo data de manera común entre los 13 y los 20 años. El resto de autores no establece una secuencia fija, aunque sí parece que se acepta por mayoría, que el último núcleo en cerrar es el distal del segundo metatarsiano.

Finalmente y como dato complementario, es interesante señalar dentro de los resultados obtenidos en nuestro estudio, que los pies con fórmula *plusminus* ven atrasados significativamente las edades de fusión de los núcleos distales del segundo metatarsiano y proximal de la primera falange. Y el hecho relevante de que absolutamente todas las epífisis del segundo radio atrasan su fusión en los pies griegos, en los que el segundo dedo es dominante en longitud con respecto al primero. Parece pues que, en los pies donde el segundo dedo es más largo, las edades de cierre de sus núcleos secundarios son más tardías, demoran más en cerrar, que en los pies egipcios o cuadrados. Con ello se nos plantea la cuestión de sí podrían así alargar el tiempo de crecimiento, incrementando su diferencia con respecto al resto de dedos.

IV. C. 4. Análisis de la secuencia de osificación según patologías

Señalaremos en este apartado las secuencias de fusión de las distintas fisis del segundo radio, según los motivos principales de consulta, que se han obtenido tras el análisis de los datos. Haremos referencia al cierre completo (estadio Risser 4) por ser el definitivo.

Traumatismos

En caso de el inicio de la fusión, sí se reproduce la secuencia obtenida en la aparición de los correspondientes núcleos en los casos control (FP-FM-FD-Dist2ºMTS). Para el cierre total sería: Dist2ºMTS-FM-FD-FP.

Pie plano

En los casos de pie plano la secuencia de cierre total (Risser 4) es: prox2ºMTS-FM-FD-FP-dist2ºMTS. La sistemática de cierre parcial y total de las fisis de las falanges no se corresponde con el orden de aparición, ni su inverso, de los núcleos en este grupo de patología (pie plano).

***Hallux valgu*s**

En los casos de *hallux valgus* la secuencia de cierre total (Risser 4) es: FM-FD- FP- dist2ºMTS.

Pie zambo

En los casos de pie zambo la secuencia tanto de cierre parcial (Risser 3) como total (Risser 4) es: prox2ºMTS-FM-FD-FP-Dist2ºMTS. No coincide pues con el orden de aparición de los correspondientes núcleos.

IV. D. MAPA DE LAS ALTERACIONES RADIOLÓGICAS DEL SEGUNDO RADIO DEL PIE

En este apartado se muestra con una imagen (figura IV. 13) la distribución de alteraciones observadas en los núcleos estudiados. Para la descripción detallada se hace referencia al texto de la dicusión, en cada apartado específico.

Dado que los núcleos de osificación llega un momento en que dejan de verse (tras el cierre fisario) como tales entidades y que en el total de imágenes se repiten individuos (el factor genético influye en la aparición o no de variantes de la norma) las frecuencias aportadas son válidas sólo como elemento descriptivo del resultado en nuestra muestra sin que se puedan extrapolar sin más a la población. Como se observa, y ya se comentó *supra*, aquellos núcleos que se han visto fragmentados, no se ha podido comprobar que se relacionaran con ningún indicador de patología. De igual manera, los descubiertos con una señal esclerosa son muy reducidos, por lo que nos hace dudar sobre el resultado patológico de dichos hallazgos.

De lo cual concluimos que:

1º las "alteraciones" de los núcleos de osificación del segundo radio del pie son muy infrecuentes.

2º del total de imágenes radiológicas con "alteración" de algún núcleo de osificación (26), 9 de ellas son "fragmentaciones" del núcleo de osificación. Creemos que deben considerararse estas "fragmentaciones" como variantes, infrecuentes, en el proceso de osificación del correspondiente núcleo y no como verdaderas alteraciones patológicas, ya que no parecen evolucionar a esclerosis o a deformidad.

3º Uno de los casos presenta deformidad, siendo un estadío intermedio de la enfermedad de Freiberg o de Köhler II.

4º En cambio, pensamos que los casos de esclerosis (16 imágenes corresponden a 11 pacientes) pueden considerarse, en principio, como

patológicos. De ellos, 14 imágenes corresponden 9 pacientes con esclerosis del núcleo epifisario de la falange proximal y 2 imágenes a 2 pacientes con esclerosis de la falange media.

Ante tan escaso número de casos no ha lugar a adicionales análisis estadísticos de las alteraciones de los núcleos que quedan sujetos a estudios ulteriores cuando se disponga de una mayor casuística de tan infrecuentes "alteraciones".

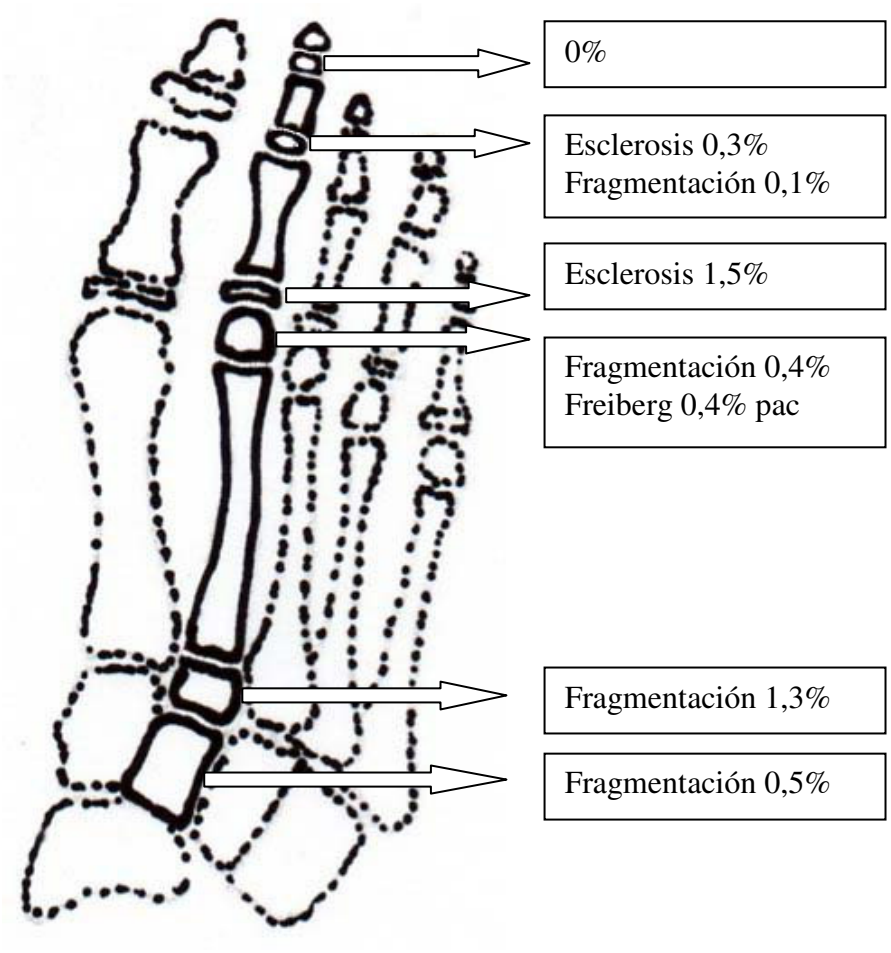


Figura IV. 13. Alteraciones en la osificación de los núcleos del segundo radio del pie. Porcentaje sobre el total de imágenes (1001).

IV. E. ESTUDIO MORFOMÉTRICO DE LOS HUESOS DEL SEGUNDO DEDO

Tomando los resultados que nos aportan los índices empleados en el trabajo, se pueden exponer claramente conclusiones interesantes e inéditas sobre la morfométrica de los distintos huesos del segundo radio del pie, teniendo constancia de su significación estadística.

Sexo

Las longitudes de la segunda cuña, epífisis proximal del segundo metatarsiano y epífisis de la falange media, así como la anchura epifisaria de la falange proximal es mayor en niñas que en niños. Sólamente el núcleo de la tercera falange se hace mayor en niños, lo cual estaría a favor de lo publicado por diversos autores que observan en determinados núcleos del primer radio, una mayor precocidad en su presentación y por tanto del crecimiento del hueso en las niñas respecto a los niños (Montagne 1984, Tax 1985, Sarrafian 1993, Scheuer y Black 2000).

Lateralidad

No hay diferencias estadísticamente significativas entre los pies derechos e izquierdos en ninguna de las medidas de longitud o anchura del estudio. Encontramos por tanto resultados similares a los del tercer postulado de Pryor (1907) (cit. Ebrí 1988). Este mismo hecho ha sido demostrado por otros autores, y nos permite tomar la imagen radiográfica de cualquier pie para realizar el análisis de estimación de la edad ósea (Durkatz 1957, Meyer 1958, Vasconcellos 1992). Dreizen hizo un estudio tomando radiografías de la mano a 450 niños, demostrando que para la aplicación del atlas de Greulich y Pyle, las diferencias entre los dos lados eran demasiados insignificantes como para constituir un error en la determinación del estado esquelético (Greulich y Pyle 1959). Por el contrario, Roche encuentra diferencias en la osificación de los huesos de la mano, señalando una precocidad en la aparición en el lado izquierdo respecto al derecho, que es significativa en los niños pero no en las niñas (Roche 1972).

Motivo de consulta

En los pies zambos la longitud y anchura de la segunda cuña y epífisis distal del segundo metatarsiano y la longitud completa de dicho metatarsiano, es menor que en los pies "normales". Sólo la epífisis proximal de la primera y segunda falanges es mayor en longitud, pero son más estrechas en pacientes que presentan pie zambo que en los "normales".

En pies planos, disminuye la longitud de la segunda cuña y epífisis distal del 2º metatarsiano, comparado con los "sanos"; sin embargo la longitud de las falanges proximal y media es menor que en los "normales".

Tanto en el pie plano como en el *hallux valgus*, la longitud del segundo metatarsiano es mayor que en los pies "sanos o normales".

De otro modo las alteraciones en el proceso de crecimiento y desarrollo implicadas tanto en el pie plano como en el zambo originan un acortamiento proximo-distal (de la longitud) de la cuña, epífisis distal 2º MTS relativo a su anchura, y mayor en la longitud de la epífisis de la falange proximal en comparación con los casos "normales" (controles = traumáticos).

Fórmula digital

En general aquellos pacientes que presentan una fórmula tipo pie egipcio tienen curiosamente una longitud mayor de las epífisis de las tres falanges y de la longitud completa de la falange media, comparados con los pies con fórmula griega, que por otra parte presentan un estrechamiento diferencial de la anchura de las epífisis de FP y FD.

Así pues, la contribución de la longitud de la fisis de FP, FM y FD a la longitud del radio es mayor en los pies egipcios y menor en los griegos. Cabe recordar que existe una importante contribución de la FM, por su núcleo principal diafisario y su metáfisis, a la longitud del 2º dedo y de todo el 2º radio, y por consiguiente una menor contribución de FP y FD, en los pies griegos. También recordaremos, que la patología de pie plano y zambo, asocia con mayor frecuencia una fórmula tipo egipcia, y a su vez, una mayor longitud de las epífisis de las dos

primeras falanges. Esta asociación puede ser la cuasante de la mayor longitud epifisaria de las falanges.

Fórmula metatarsal

La longitud de la segunda cuña, epifisaria distal del 2º metatarsiano y la longitud total del segundo metatarsiano y segunda falange es mayor en pacientes que presentan una fórmula *index minus*, lo que parece tener lógica. Aquellos pies que tienen un 2º metatarsiano relativamente corto, al compararlo con el 1º, *i.e.* pies *index plus*, presentan una menor contribución de la longitud total del 2º metatarsiano a la longitud del 2º radio que en los casos en que ocurre lo contrario (*index minus*).

A su vez, estos pacientes presentan una mayor anchura de la epífisis de la cabeza del segundo metatarsiano y de la epífisis de la falange media. Sólo la falange media es mayor en fórmulas de tipo *index plus*.

No hemos encontrado en la bibliografía estudiada con respecto al tema, artículos ni citas donde se realice un análisis de las variables cuantitativas descritas relacionándolas con las variables cualitativas que acabamos de exponer y que se explican con más detalle en el capítulo de resultados. Por este motivo no es posible, al momento actual, discutir más los resultados expuestos. Asumimos que es la primera vez que resultan publicados en la literatura médica.

IV. F. ESTIMACIÓN DE LA EDAD ÓSEA A PARTIR DE ÍNDICES RADIOLÓGICOS

Tanto para los paleoantropólogos y forenses como para los clínicos, siempre ha resultado interesante el poder determinar el sexo y edad de un esqueleto o conocer la edad de un paciente en crecimiento y su maduración ósea.

Los primeros utilizan para ello el estudio del desarrollo dental a través de la radiografía en edad infantil, sin embargo para mayores de 14 años se basan en el estudio de la fusión epifisaria de los huesos largos (Workshop of European Anthropologists 1980, Reichs 1986). Los segundos han intentado buscar un indicador fiable de la maduración del individuo, ya que la edad cronológica no es un indicativo del grado de maduración de un niño. Así se han utilizado: la edad de menarquia, la edad dental, los caracteres sexuales, y el más válido, la edad ósea, que abarca desde el nacimiento a la madurez (Sobradillo 2006). La morfología del hueso es el parámetro más importante en la búsqueda de indicadores de la madurez esquelética, porque el hueso refleja la imagen de todo el desarrollo (Argemi-Badía 1996). La importancia de este tema radica en que la determinación de la maduración esquelética ("edad ósea") es útil en el diagnóstico y el control de endocrinopatías, esencial en el tratamiento de niños con estatura baja, en la predicción de la talla adulta y en el diagnóstico de retrasos del crecimiento (Tanner 1988).

La progresión de la osificación de las epífisis marca el crecimiento de los huesos largos. Como este efecto se produce de manera secuencial y predecible en un niño normal, la maduración esquelética de un individuo puede ser comparada con modelos normales relacionados con la edad (Greulich y Pyle 1959, Wilson et al 1998). A partir de este concepto se han ido desarrollando distintos métodos para la valoración de la maduración ósea. Aunque se ha utilizado la ecografía como técnica de imagen (Shunk y cols 1987, Vasconcellos 1992, Castriota-Scanderberg 1995), la radiografía simple es la que se emplea habitualmente.

El primero en darse cuenta de la capacidad de observar el desarrollo a través de la imagen radiográfica de la mano fue Pryor (1907). Como exponían

Greulich y Pyle, la radiografía de la mano les permitía diagnosticar anomalías en el desarrollo y les confiaba la capacidad de determinar el grado de precocidad del mismo. En definitiva, el esqueleto refleja el estado de desarrollo y funcionalidad del sistema reproductor y proporciona una herramienta de medición del nivel general de la maduración del cuerpo (Greulich y Pyle 1959). Es un método sencillo, económico, poco iatrogénico y de facilidad de acceso. Aún así tiene sus problemas que pueden provocar diferencias en la evaluación de la técnica radiográfica, como la posición de la zona anatómica explorada, la oblicuidad al tomar la imagen, la calidad de la radiografía (más o menos penetrada), o la magnificación según la distancia focal (Sobradillo 2000). En este estudio hemos utilizado la radiografía como herramienta para el cálculo de la edad ósea. Los problemas que plantea se han podido minimizar con un protocolo estandarizado en la toma de las radiografías, mejorando la calidad de las imágenes mediante un programa informático, y universalizando las distancias focales mediante el uso de índices y no de medidas absolutas.

De manera clásica se ha usado la radiografía de mano y muñeca izquierda como estándar de reconocimiento, tanto en el atlas de Greulich y Pyle (1959), como en el método numérico de Tanner-Whitehouse (1972), que son los métodos más utilizados debido a la sencillez y bajo coste que supone la realización de dicha radiografía, así como por el bajo nivel de exposición a los Rayos X a que se somete al individuo (Sato 1999, Sobradillo 2000, Diméglio 2005, Pediatric Orthopaedic Society of North America 2006). Ciertos estudios que comparan ambos métodos no encuentran diferencias importantes ente ambos a la hora de estimar la edad ósea, resultando los dos igual de fiables (Milner 1986, King 1994); otros no lo consideran así y observan diferencias a favor del método TW2 (Bull 1999), en este caso por tener menor diferencias interobservador; y algunos están a favor del uso del método de Greulich y Pyle por resultar más sencillo y rápido de realizar (King 1994).

Otros atlas menos empleados son el de Sauvegrain (1962) utilizando radiografías del codo para la determinación de la edad en pacientes adolescentes y los de Hoerr-Pyle de rodilla (1955) y tobillo y pie (1962). Pero en los últimos años se ha extendido los estudios del pie y tobillo y el análisis de sus núcleos de crecimiento: Erasmie-Ringertz (1980), Ebrí 1988, SHS (Hernández y cols 1988),

Argemi-Badía (1997). Estos métodos son útiles en los primeros años de vida, porque resultan ser una técnica fácil y asequible sin mucha radiación de órganos nobles.

Nuestro trabajo recoge los datos desde el nacimiento, puesto que ciertos índices (los cuneanos icuñarad e icuña2 y el del segundo metatarsiano i2metrad) se calculan desde núcleos primarios presentes al nacer. Y se extiende hasta la adolescencia hasta la fusión del núcleo más tardío, con una técnica simple, sin gran iatrogenia, y basada únicamente en los huesos del segundo radio. Además parece que la relación estadística entre los índices radiológicos obtenidos y la lateralidad no muestra diferencias significativas. Este mismo hecho ha sido demostrado por Meyer-O´Rahilly y Vasconcellos, y con ello se puede realizar la imagen radiográfica de cualquier pie, y puede aplicarse el método de estimación a cualquier imagen rescatada, independientemente de su lateralidad (Meyer 1958, Vasconcellos 1992). De hecho Dreizen hizo un estudio tomando radiografías de la mano a 450 niños, demostrando que para la aplicación del atlas de Greulich y Pyle, las diferencias entre los dos lados eran demasiados insignificantes como para constituir un error en la determinación del estado esquelético. Aún así se dejó como estándar la radiografía de muñeca izquierda (Greulich y Pyle 1959).

Los métodos de comparación con atlas Pyle-Hoerr (1955 y 1962), Greulich-Pyle (1959) y Sauvegrain y cols (1962), tienen el inconveniente de que el observador tiene que hacer una comparación global de dos radiografías utilizando múltiples criterios, y ésta es una técnica de comparación muy pobre (Tanner 1988). Los métodos de cálculo numérico de estadios de maduración Tanner-Whitehouse (1962,1975,1983), R-W-T (1975), Erasmie-Ringertz (1980), Roche y cols (Método Fels) (1988), SHS (1988) y Tanner-Gibbons Método CASAS (1994), son muy elaborados y precisos porque incluyen muchos huesos para el cálculo del estadio madurativo incrementando la fiabilidad de los datos, pero necesitan mucho tiempo para realizar su interpretación, y requieren un explorador con experiencia para conseguir resultados fiables (Groell 1999, Sato et al 1999).

Para el estudio nos pareció más sencillo diseñar un método que pudiera manejar datos medibles, parecido a las técnicas planimétricas como las de Shunk

y cols (1987) y Argemi-Badía (1997), donde se usa el tamaño o superficie de determinados huesos para el estudio del crecimiento. Así se convierte un fenómeno cualitativo, como es la maduración esquelética, en otro cuantitativo que permite ser medido y comparado entre individuos. Sabiendo que la crítica de los métodos planimetritos es que miden más el crecimiento que la maduración ósea y pensando que valores de medición absolutos podrían variar dependiendo de la oblicuidad en la toma de la imagen, o de la magnificación según la distancia focal, decidimos crear índices de relación de mediciones. Estos índices proporcionan medidas relativas que esquivan ambos problemas.

Este sistema es parecido al diseñado por Sinclair y cols (1960) llamado IMC (índice metacarpiano) para el diagnóstico de aracnodactilia de pacientes con síndrome de Marfan. Este autor maneja índices con la relación entre la longitud y la anchura (medida en su punto medio) de los metacarpianos segundo al quinto, pretendiendo medir la delgadez de los huesos largos. Así como la maduración ósea de la mano y muñeca es útil como un índice del desarrollo del resto del esqueleto, se puede pensar que el IMC podría ser utilizado como un índice de las proporciones de los otros huesos largos del cuerpo (Sobradillo 2006). También es semejante al diseñado por Sato en Japón, donde a través de mediciones de imágenes hechas por ordenador, miden las epífisis y metáfisis de las falanges del tercer dedo de la mano (Sato 1999).

Así pues establecimos unos índices radiológicos, obtenidos a partir de mediciones de longitud y anchura de los núcleos primarios y secundarios del segundo radio del pie, con los que se dibujan rectas de regresión y ajustes curvilíneos exponenciales para calcular la edad ósea de pacientes en edad de crecimiento. Para el cálculo de las mediciones se ha utilizado un sistema informático de análisis de imagen (ver capítulo II material y métodos), al igual que se emplea en el método CASAS (1994) o el de Argemi y Badía (1997), porque nos resultó más fácil a la hora de medir tantas imágenes. Sin embargo dichas mediciones pueden hacerse sobe la radiografía convencional o sobre pantalla informática con cualquier otro programa de medición, puesto que a la hora de fabricar los índices las diferencias se hacen homogéneas.

Con este método de medición y relación mediante índices se solventan los problemas que presentan los métodos clásicos. Con el atlas de Greulich y Pyle (1959) los estándares de comparación van a intervalos de medio año o un año, y en algunas edades tiene intervalos (entre dos estándares consecutivos) de más de un año. Además no valora la maduración ósea, sino que compara los datos con la maduración que presenta la media de la población a esa determinada edad cronológica. En el método TW2 (Tanner et al. 1972 y 1983) la distinta ponderación de los núcleos de osificación medidos lleva a diferencias de incluso un año en la estimación de la edad ósea. También ocurre que en radiografías en las que por su calidad, o porque se encuentran varios de los núcleos en estadios intermedios, las diferencias poco importantes se suman magnificando las diferencias de los otros (Sobradillo 2006). Al realizar mediciones ya no hay intervalos de estimación comparativa, porque los datos tienen la precisión que indica una medición objetiva.

En los métodos de Greulich y Pyle (1959), TW2 (1972), Erasmie-Ringertz (1980), Argemi y Badía (1997) o el reciente de Whitaker et al (2002) sólo se incluyeron niños sanos y pueden no ser aplicables a niños con displasias o anomalías endocrinas (Wilson et al 1998). El diseño de nuestro estudio está enriquecido por la variedad de patología que se recoge entre los distintos pacientes incluidos (hasta un total de 32 patologías distintas). Al tomar un corte de población sana y no sana en la proporción de patología que se dibuja de manera real, sin exclusiones, hace que nuestro método sea aplicable a cualquier población.

Otro problema a solucionar era el de las diferencias interraciales e interpoblacionales en cuanto al modo de osificación de los huesos, como refleja Sato en su discusión (Sato et al 1999), dado que la maduración esquelética difiere en niños y en niñas, y entre los distintos grupos étnicos (Wilson et al 1998). La tasa de maduración esquelética refleja la interacción de fuerzas genéticas y ambientales, por tanto las poblaciones difieren y deben desarrollarse estándares para cada población concreta (Tanner 1988). Greulich y Pyle ya en el año 1959 reconocen que las tablas de crecimiento que existían hasta entonces no se podían aplicar satisfactoriamente a otros grupos poblacionales, debido a la diversidad genética y a la diferencia nutricional entre grupos. A esto se añadía el ancho

margen, en diferencia de edad, que existía, y existe, en la población en cuanto a la aparición de la pubertad (Greulich y Pyle 1959). El propio Tanner comprobó que la población del atlas de GP tenía un retraso de 9 meses en la maduración con respecto a la población recogida en sus escalas TW. Y añadía que la relación entre la edad actual y la maduración no es constante en una misma población, varía con el tiempo (Tanner 1988).

Prácticamente todos los métodos explorados diseñan gráficas de crecimiento individuales para cada sexo, al igual que hacemos nosotros. Sin embargo pocos son los métodos que reflejan datos de población española. Los niños mediterráneos tienen un tiempo de crecimiento más alto que los del Noreste de Europa. Se sabe que en España, las mujeres tienen la menarquia un año antes que en Inglaterra o Suecia (Tanner 1988).

Por todo ello los métodos clásicos han tenido que adaptarse para las distintas poblaciones, teniendo en cuenta los factores genéticos, sociales y ambientales. El grupo de Groell ha estudiado el método GP viendo que es perfectamente reproducible para la población europea (Groell 1999). En nuestro país se ha realizado un estudio semejante valorando el método GP, el trabajo se ha llevado a cabo por un grupo sevillano, observando que los niños muestran un retraso de unos tres meses con respecto a los norteamericanos, sin embargo las niñas se ajustan mejor al estándar del atlas (Jiménez-Castellanos 1996). También en España se ha publicado el libro de Hernández y cols 1991 que adapta los valores del atlas de mano de Greulich y Pyle y la valoración numérica del método TW2-RUS a la población española. En nuestro estudio no se precisa tal adaptación, pues lo datos ya se obtienen directamente de una población española. Además la adaptación supone partir de datos obtenidos en los años cincuenta, mientras que el presente trabajo maneja pacientes nacidos desde los años ochenta hasta el 2003, es decir datos actuales de la población.

Como en el nacimiento no existe ningún núcleo de osificación en la radiografía de la mano, los métodos clásicos de Greulich y Pyle o el TW2 basados en imágenes de la muñeca y mano no pueden valorar el primer año de vida, o cuanto menos los seis primeros meses (Sobradillo 2006). En el período de edad

anterior a los 6 meses resulta más útil el estudio de los huesos tarsianos, ya que algunos suelen estar presentes en el nacimiento (Sutton 1975, Sundick 1978, Ebrí Torné 1988). Por ello en los últimos años, han aparecido distintos métodos que utilizan radiografías del tobillo y pie de los niños para el cálculo de la edad ósea y la predicción de la edad cronológica de pacientes en periodo infantil, a partir del grado de osificación de los núcleos del pie.

Erasmie y Ringertz 1980 desarrollaron un método mediante radiografías laterales de pie y tobillo en 115 niños suecos menores de un año. Primero suman los valores en longitud y altura de los centros de osificación de astrágalo y calcáneo y luego evalúan, según una escala de maduración (de la A a la D), los núcleos de cuboides, la tercera cuña, y las epífisis distales de tibia y peroné. Finalmente relacionan ambos aspectos con el peso del bebé mediante rectas de regresión. Con ello diseñan unas gráficas con los valores lineales de normalidad y sus desviaciones estándar que afirman ser aplicables para niños en América y la parte norte de Europa y parece ser superponible a niños no sanos. Un inconveniente es que la estandarización se hace con respecto al peso, lo que puede dificultar la interpretación en algunos casos, y los falsos positivos de los pacientes sobrenutridos como indican los propios autores y Hernández y cols (1991).

Argemi y Badía (1997) en Sabadell diseñan un método informatizado para el estudio de la maduración esquelética en neonatos sanos. Toman 302 radiografías laterales de los tobillos izquierdos, y dibujan una curva que representa al estado madurativo del núcleo del astrágalo y del calcáneo (según una clasificación en cinco estadios). Los datos se relacionan con la edad gestacional y el peso al nacimiento, y los resultados se exponen en una curva de regresión con valores normales y desviaciones estándar.

También español es el método SHS, propuesto la fundación Orbegozo de Basurto, tras la tesis doctoral de Sánchez (1983), basado en una 1164 radiografías laterales de pie y tobillo izquierdos, tomadas de 600 niños de 0 a 2 años. Es un método numérico que valora cinco núcleos de osificación (calcáneo, cuboides, tercera cuña, y las epífisis distales de tibia y peroné) a los que se les da una determinada puntuación dependiendo de los criterios madurativos que cumplan.

La suma de todos ellos dará la maduración ósea, obtenida matemáticamente tras una ponderación con el peso y el perímetro craneal. Dicho resultado se compara mediante tablas con los estándares de la población general de manera separada en niños y en niñas (Hernández y cols 1988 y 1991, Sobradillo 2000). El método desarrollado inicialmente era preciso pero difícil de aplicar, por eso los mismos autores han simplificado el método reduciendo el número de huesos a estudiar de ocho a cinco.

Ha aparecido un trabajo americano (Whitaker et al 2002), realizado en población americana sana (73 niños y 70 niñas), donde la madurez esquelética se mide por medio de una escala subjetiva aplicada a los núcleos primarios y secundarios de los huesos del tarso y huesos largos de los radios y a su estadio de fusión. Con él crean un rango potencial de edad para poder clasificar pacientes a través de sus núcleos tarsales. Pero este estudio, como otros que se basan en el cierre epifisario de los diferentes huesos para realizar la estimación de la edad ósea (Noback 1960, Sato 1999, Whitaker et al 2002), presentan dificultades y posibles errores de estimación de edad, de tal manera que pueden existir hasta 3 años de diferencia entre los datos anatómicos y los mostrados en las radiografías con respecto a la fusión epifisaria. Incluso, una vez que la unión se ha producido, no es infrecuente observar en los estudios radiológicos la presencia de una línea que marca la zona de unión, incluso 2-3 años después (Krogman 1962).

Por estos caminos va nuestro estudio, al analizar 1001 radiografías de pies derechos o izquierdos, de un total de 231 niños españoles, con y sin patología, en el marco del año 2000. Siguiendo los principios de Taranger que dice que "existe una interrelación constante entre el crecimiento esquelético y la maduración esquelética" (Taranger 1976 cit por Erasmie y Ringertz 1980), proponemos la creación de índices a partir de la longitud y anchura de las epífisis y diáfisis en las imágenes radiológicas de los huesos largos del segundo radio del pie. Con ellos se pueden dibujar rectas de regresión y ajustes curvilíneos exponenciales para el cálculo de la edad ósea en pacientes en edad de crecimiento.

Este método conlleva las ventajas de la sencillez, poca iatrogenia y accesibilidad de la técnica de obtención de las imágenes. La ventaja de abarcar la

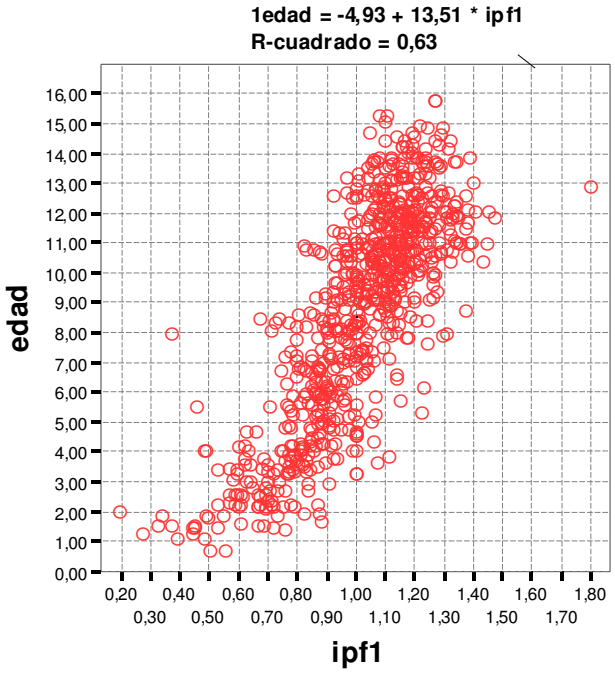
etapa completa de crecimiento, pues se estudia población de 0 a 19 años. Y que en muchos de los casos se consigue un seguimiento en la evolución y desarrollo del mismo individuo al paso de los años, pudiendo observar si se afecta su crecimiento por el hecho intercurrente de una u otra patología. La metodología de medición puede utilizar tecnología tradicional, realizando las mediciones a mano alzada sobre radiografía convencional, o tecnología moderna con la toma de fotos digitales de la radiografía para su análisis informático.

Esto es semejante al estudio japonés de Sato que realiza mediciones epifisarias y metafisarias de las falanges del tercer dedo de la mano, creando mediante una análisis de regresión múltiple, un sistema de medición de la maduración esquelética (Sato et al 1999). Vasconcellos ha estudiado el crecimiento del pie en el segundo trimestre del embarazo a través de curvas de regresión determinadas por la proporción del tamaño de los metatarsianos osificados y la longitud craneocaudal del feto (Vasconcellos 1992). Algo semejante hacemos nosotros calculando rectas de regresión y curvas exponenciales de estimación de la edad ósea en los huesos el segundo radio.

En el apartado de material y métodos (capítulo II) se expone con detalle cómo realizar las mediciones en longitud y anchura de los distintos núcleos y cómo hacer el cálculo de los 18 índices distintos que resultan de la relación entre las mediciones tomadas de los núcleos primarios y secundarios del segundo radio del pie. A lo largo del capítulo III de resultados se analiza qué índices obtienen una significación estadística entre las distintas variables cualitativas que justifiquen su utilización, a la vez que se dibujan sus rectas de regresión y ajustes exponenciales. En párrafos previos de la discusión (capítulo IV) se reflejan los resultados más válidos para los distintos núcleos del segundo radio. Y en este apartado queremos resaltar los índices más útiles para su aplicación práctica en la clínica.

De manera general, el índice que mejor correlación obtiene para la determinación de la edad ósea en la población muestral es el ipf1, calculado del cociente entre el diámetro transverso en el punto medio de la epífisis basal de la falange proximal y el diámetro transverso de la metáfisis adyacente de dicha falange. Este índice presenta una correlación positiva que alcanza un coeficiente

de determinación de 0,63 en la población general; 0,63 en la masculina y 0,65 en la femenina. Y obtiene las mejores correlaciones tanto para los pacientes sanos (traumatismos con coeficiente de 0,63), como para patológicos (pie plano 0,51; pie zambo 0,58 (sólo superada por un índice); *hallux valgus* 0,46). Para valores de significación de p<0,01, la correlación de Pearson es de 0,796 en la población general; 0,794 en varones y 0,806 en niñas.

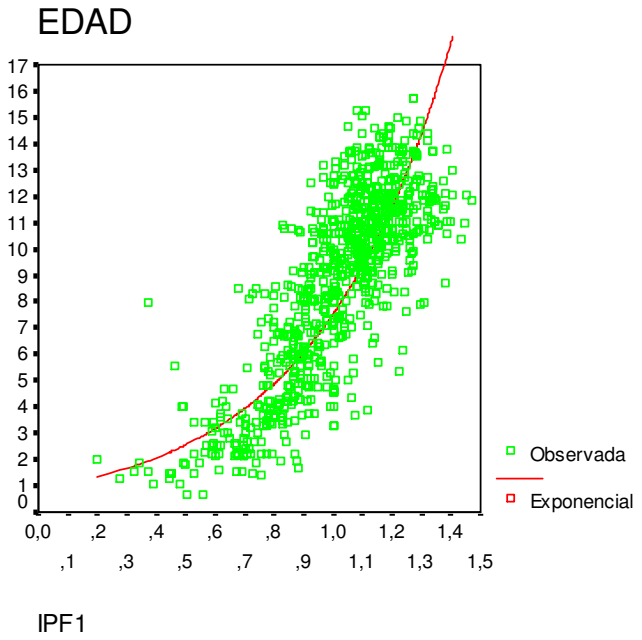


Regresión lineal con intervalo de predicción de la media al 99,00%

Los resultados del trabajo de Sato también obtienen altos índices de correlación con la relación entre las anchuras epifisarias y metafisarias de las falanges, de entre 0,80 y 0,90 (Sato 1999). Rand obtiene coeficientes de 0,77 en su comprobación del método IMC (Rand 1980). Hernández consigue con su método SHS coeficientes de 0,92 (Hernández 1988). Erasmie y Ringertz obtienen con su técnica correlaciones de entre 0,8 y 0,9 (Erasmie y Ringertz 1980).

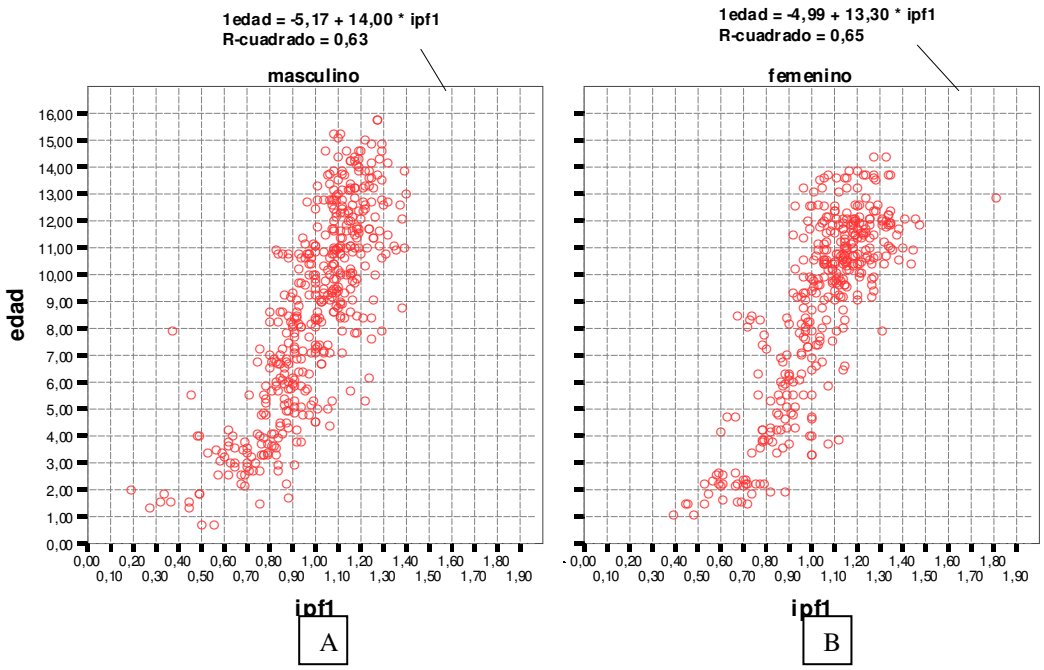
Nos ha parecido especial el hecho de que sea la primera falange la que mejor describa el crecimiento del pie y más se ajuste a la estimación de la edad ósea. Es curioso que Pareja, en su tesis sobre la osificación del primer radio, saque

conclusiones similares pues es un índice similar (en la falange proximal del primer dedo) el que obtiene la mejor correlación (Pareja 2004).

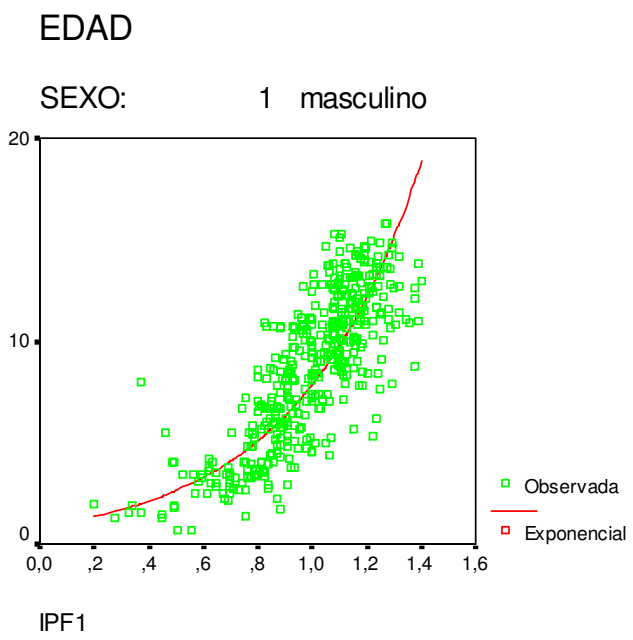


Dependent	Mth	Rsq	d.f.	F	Sigf	b0	b1
EDAD	EXP	,652	795	1488,50	,000	,8713	2,1579

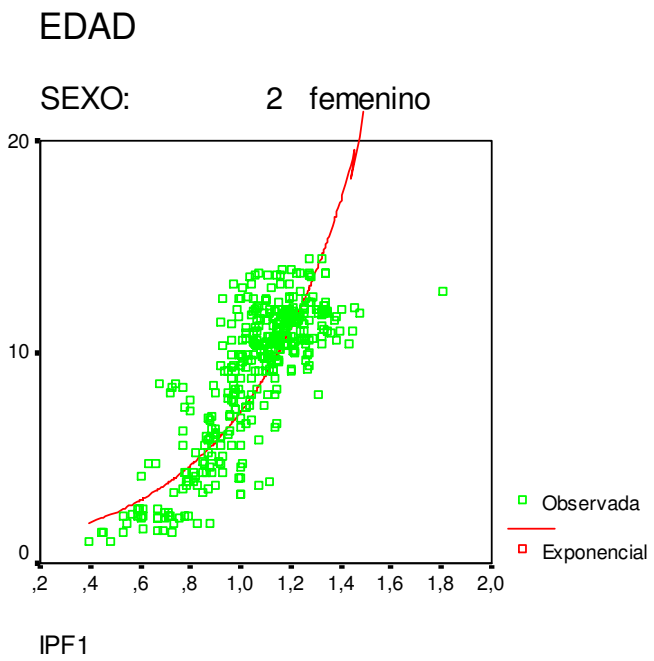
Se exponen los resultados segmentados según el sexo (niños y niñas).



Regresión lineal con intervalo de predicción de la media al 99,00%
A. Niños
B. Niñas



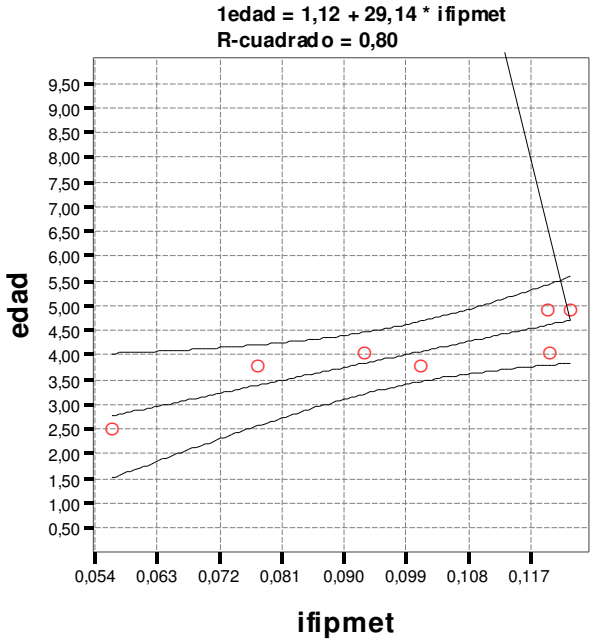
Dependent	Mth	Rsq	d.f.	F	Sigf	b0	b1
EDAD	EXP	,660	432	838,46	,000	,8820	2,1863



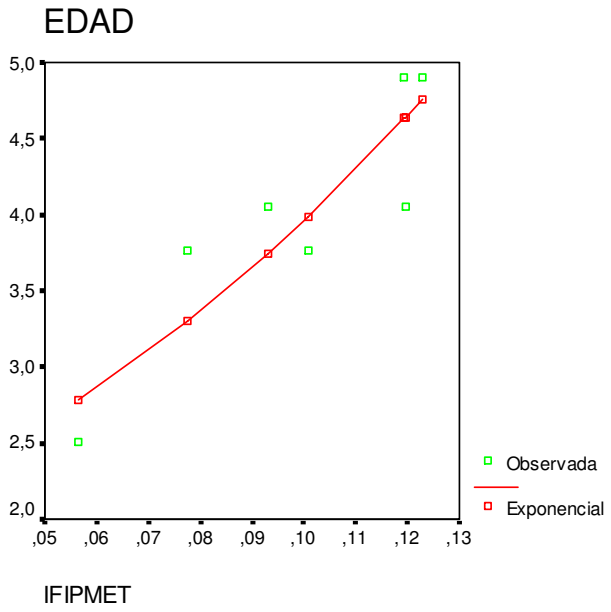
Dependent	Mth	Rsq	d.f.	F	Sigf	b0	b1
EDAD	EXP	,656	361	687,53	,000	,8045	2,1880

El índice que mejor coeficiente de determinación ha conseguido en el estudio es ifidmet, para la subpoblación de pies zambos. Se calcula dividiendo la

longitud en el punto medio de la epífisis distal del segundo metatarsiano entre la longitud total del metatarsiano. Ha conseguido una R-cuadrado de 0,80 y un coeficiente de correlación de Pearson de 0,895 con una significación menor de 0,01. La ecuación de la recta con su diagrama de dispersión y la estimación curvilínea se detallan a continuación.



Regresión lineal con intervalo de predicción de la media al 99,00%



Dependent	Mth	Rsq	d.f.	F	Sigf	b0	b1
EDAD	EXP	,802	5	20,22	,006	1,7644	8,0832

Las curvas que describen la relación entre los índices y la edad resultan ser exponenciales, por eso siempre se añaden las gráficas exponenciales acompañando a las de regresión lineal. Rand realizó un estudio de validación del índice metacarpiano (IMC) en niños normales, de entre 2 y 18 años. En ella se observó que el índice aumenta progresivamente hasta los 10-11 años y luego el valor se hace constante (de los 12 a los 18 años) (Rand y cols 1980). Lo mismo ocurre en los pies, donde parece que alrededor de los 11 ó 12 años el crecimiento se frena de manera importante, sobretodo en niñas, disminuyendo hasta su tamaño final, como se refleja en la gráficas de (Blais et al 1956). Algo parecido sucede con la talla final, que aumenta hasta los nueve años en las niñas y los once en los niños, siendo en este momento la correlación de 0,8; pero luego disminuye en los siguientes 2 ó 3 años (Sobradillo 2000). Esto se justifica al saber que al nacimiento la dimensión del pie es entre un 20% y un 34% del tamaño adulto final. Alrededor del año de vida en niñas y del año y medio en niños, el pie alcanza la mitad de la longitud final, pues entre 1 y 5 años crece unos 0,9 cm. por año. Entre los 5 y 10 años el pie alcanza el 63% de la longitud final y a los 10 años el pie tiene el 81% del crecimiento total. La longitud final se alcanza a los 14 años en niñas y a los 15 años en niños, aunque Tachdjian lo fecha a los 12 años en niñas y 14 en varones, y Robles a los 13 en niñas y 15 en niños (Tachdjian 1972 y 1999, Robles 1997, Scheuer y Black 2000).

Reconocemos que éste método de estimación de edad ósea no puede sustituir a los ya existentes. Los métodos más utilizados, de Greulich y Pyle y Tanner-Whitehouse han servido durante medio siglo para el estadiaje de la maduración ósea, su fiabilidad está más que comprobada, y sus adaptaciones posteriores han ido mejorando sus carencias. En España se está instaurando con cada vez más aceptación el método propuesto por Hernández y cols, no sólo su adaptación del método TW2-RUS, sino el propuesto para el cálculo de la edad ósea de neonatos y niños menores de dos años (SHS). Método preciso aunque laborioso, con el que han conseguido un coeficiente de correlación entre los estadios madurativos y el peso y perímetro craneal de 0,92 y 0,93 respectivamente. Hasta hora todos los métodos diseñados tienen inconvenientes, los atlas tienen la necesidad de un evaluador experimentado, los numéricos son muy farragosos y de compleja aplicación, los planimétricos no miden

verdaderamente la maduración sino el crecimiento. Nuestro método es sencillo de realizar y proporciona datos relativos que son universales y comparables. Está basado en 18 índices distintos sobre los cinco huesos del segundo radio del pie y se estructura en un amplio tamaño muestral de niños españoles actuales, de todas las edades, de clase baja y media, que consiguen reproducir fielmente el estado actual de nuestra población. Con él pretendemos aportar más datos que complementen la compleja tarea de la estimación de la edad ósea en el periodo de crecimiento.

IV. G. CRECIMIENTO DEL SEGUNDO DEDO EN TRANSPLANTES DE PIE A MANO

En la muestra contamos con un niño con afalangia/adactilia de la mano izquierda, que dentro de las malformaciones, forma parte del grupo de las deficiencias terminales transversas del miembro superior, denominada por Blauth y Geleker simbraquidactilia de tipo peromélico (Unglaub 2006). Cualquier procedimiento quirúrgico debe dirigirse a restaurar la longitud de las columnas óseas y a estabilizar las estructuras ligamentosas para optimizar la función prensil. Si el radio tiene el potencial de obtener un tercio de la longitud normal, entonces está indicada la reconstrucción. Esta se puede llevar a cabo de varias maneras. Primero es preciso aumentar la profundidad de la primera comisura. Y luego es necesario añadir injerto óseo para incrementar la longitud ósea con transferencias, tanto no vascularizadas como vascularizadas, comúnmente tomadas de las falanges de los dedos del pie. Si es necesario se pueden realizar alargamientos óseos (Bayne 1996, Unglaub 2006). En nuestro caso la elección de la técnica vino dada por la patología y la experiencia.

Las técnicas más utilizadas para la reconstrucción hoy en día se basan en colgajos extraídos de los dedos pequeños, sobretodo del segundo dedo del pie, pediculados en la arteria del primer espacio intermetatarsal. Con este pedículo se puede extraer: un islote óseo, estructuras óseas desde el segundo metatarsiano hasta la falange distal, los nervios colaterales, los tendones y la uña del segundo dedo (Buncke et al 1986, Steichen y Weiss 1992, Merle y Dautel 1996, Kay

1996). El segundo dedo se utiliza tanto en transferencias parciales como completas, en transferencias tipo *wrap around*, colgajos de pulpejo o hemipulpejo, o en combinación con el tercer dedo (en amputaciones de dedos largos adyacentes). A su vez el segundo dedo es la indicación de elección en la ausencia del pulgar en niños tanto traumática (donde se obtienen los mejores resultados funcionales) como congénita (donde los resultados no son tan buenos ya que muchas tienen ausencia de estructuras necesarias para el trasplante, dificultando el proceso). El éxito de este procedimiento en niños es debido a su alto potencial de crecimiento. Al estar las falanges nutridas por el pedículo, consiguen preservar el potencial de crecimiento de la epífisis en el niño, resultando ser además, la mejor garantía contra la degeneración del cartílago articular (Valauri y Buncke 1992, Merle y Dautel 1996, Wei 2005).

En 1982 Gilbert, publicó la serie mayor de transferencias de segundos dedos, en pacientes con fallos congénitos de formación (amputaciones por bridas y aplasias), incluido el pulgar. Estableció unas condiciones básicas para los defectos congénitos como son: la necesidad de tener un metacarpiano presente donde asentar el dedo transferido; el tratamiento precoz de la ausencia unilateral, que debe hacerse a los dos años; y la recomendación de un tratamiento precoz en los casos bilaterales (Gilbert 1982, Lister 1988). Desde entonces se ha desarrollado la técnica consiguiendo buenos resultados estéticos y funcionales recobrando la sensibilidad y el poder de pinza o agarre del que antes carecían, aunque la movilidad articular queda muy limitada (Gilbert 1982, Lister 1988, Kay 1996, Wei 1997, Tu 2004, Wei 2005). El otro tema importante es que hay unanimidad entre los autores a considerar que el crecimiento del dedo transplantado es excelente, observando que radiológicamente las falanges crecen al mismo ritmo que las de los dedos sanos (Gilbert 1982, Kay 1996, Wei 1997, Tu 2004, Wei 2005).

El pie donante precisa una amputación proximal del radio para restaurar rápidamente una función normal del pie, tanto de deambulación como de cicatrización. No se deben tomar colgajos finos de piel y es preciso cerrar la incisión sin tensión para obtener un mejor resultado estético y evitar complicaciones como la hipertrofia de la cicatriz o la necrosis cutánea parcial. La

función suele quedar bien conservada, sin alteración de la marcha ni la carrera, y la estética muy aceptable (Gilbert 1982, Lister 1988, Wei 1989, Valauri y Buncke 1992, Kay 1996, Merle y Dautel 1996, Wei 1997 y 2005).

Otro punto de vista es el que defienden varios autores aconsejando en las carencias digitales de la mano el uso de transferencias no vascularizadas, sobretodo en los casos de aplasias digitales múltiples. Esto se debe a que en estos casos prevalece únicamente un muñón distal al metacarpiano, con lo que no se encuentran los tendones (flexor y extensor) necesarios para la adaptación de un colgajo vascularizado. Estas plastias, denominadas procedimientos "on-top", se realizan extrayendo la falange proximal completa de un dedo del pie, generalmente el segundo. Es importante ser fiel a cuatro principios: extraer el periostio completo, la epífisis intacta, preservar los ligamentos colaterales y la placa palmar, y reconstruir meticulosamente la articulación (Goldberg y Watson 1982, Buck-Gramcko 1990). De esta manera se mantiene el potencial de crecimiento del hueso, se estimula la osteogénesis y se da estabilidad a la articulación. Los resultados obtenidos son variables, desde los más optimistas en relación al crecimiento de la falange transferida (Goldberg y Watson 1982, Buck-Gramcko 1990), pasando por resultados aceptables (Gohla 2005, Unglaub 2006) y por aquellos que se han descorazonado con crecimientos limitados del injerto (Cavallo 2003, Tonkin 2005). Sin embargo todos aceptan el hecho de que es una técnica poco agresiva, que mejora subjetivamente al paciente, tanto en su estado de aceptación física como de funcionalidad de la mano, y que produce muy pocos efectos secundarios en la zona dadora. Todos los autores coinciden en que cuanto más joven el paciente, mayor tasa de éxito, estableciendo una edad ideal para la transferencia de 18 meses y una máxima de 4 años.

A nuestro paciente se le practicó, con un año y ocho meses, un transplante de falanges proximales de los dedos 3º y 4º del pie izquierdo (según técnica de Goldberg) a la mano ipsilateral, implantándolos a continuación ("on-top") del primer y quinto metacarpianos. Dicha técnica se realizó con transferencia de periostio íntegro, siendo fijado a la mano con agujas percutáneas. A lo largo de los doce años de evolución, el injerto del quinto dedo ha crecido suficiente, manteniendo una fisis activa. Sin embargo el del primer dedo no ha crecido,

incluso ha disminuido de tamaño (figura IV. 14). Aún así, el paciente está contento y tiene una función de pinza en la mano afecta muy aceptable que le permite manejarse con soltura con una vida normal. El pie dador ha quedado bien estética y funcionalmente, aunque el tercer y cuarto dedos han quedado más cortos que los del pie contralateral. Se evidencia que el resto de falanges de los dedos transferidos no han crecido al ritmo que lo han hecho sus homólogas del pie contralateral (figura IV. 15).

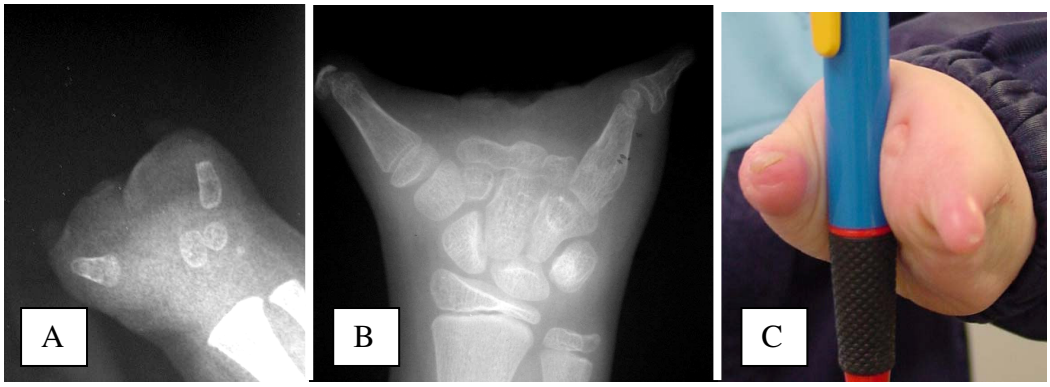


Figura IV.14. A. Afalangia. B. Transferencia a los diez años. C. Resultado estético y funcional de la mano a los diez años (cortesía Dr. Parra 2006).

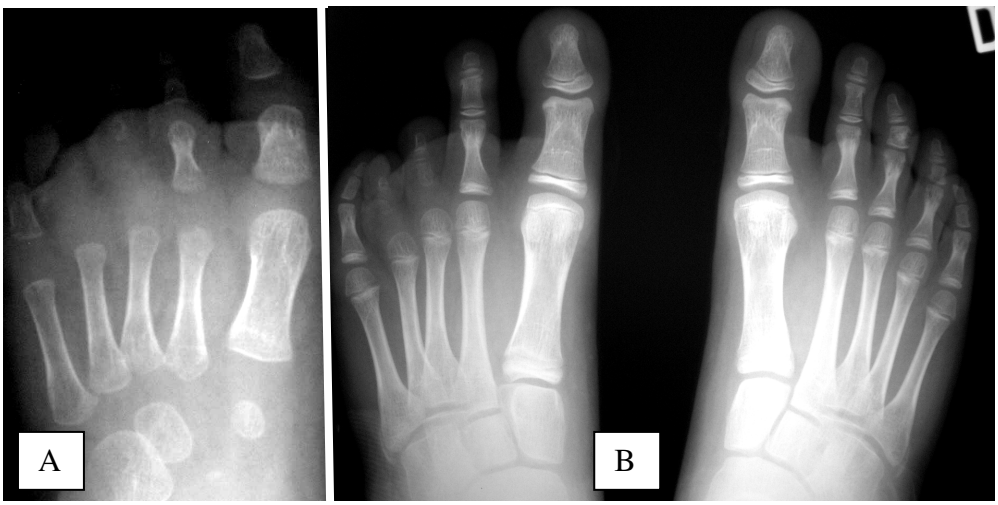


Figura IV.15. Pie izquierdo al año de la cirugía, se observa la desaparición de las falanges proximales de tercer y cuarto dedos. B. Resultado comparativo de ambos pies a los diez años.