Universidad de Alcalá

Facultad de Medicina

Programa de doctorado: Cirugía

Estudio de la osificación del segundo radio del pie en la edad pediátrica

TESIS DOCTORAL

Francisco Javier Pizones Arce

Directores

Prof. Dr. Francisco Javier Fernández Camacho

Prof. Dr. José Antonio Pareja Esteban

Alcalá de Henares, 31 de Marzo de 2007

Universidad de Alcalá

Facultad de Medicina

Prof. Dr. D. Francisco Javier Fernández Camacho, Catedrático de Universidad de Anatomía humana y Biomecánica, área de Anatomía y Embriología humana, de la Facultad de Medicina de la Universidad de Alcalá de Henares y Prof. Dr. D. José Antonio Pareja Esteban, especialista en Traumatología y Cirugía Ortopédica y profesor de la Facultad de Medicina de la Universidad de Alcalá de Henares.

CERTIFICAN: que han dirigido el trabajo titulado "**Estudio de la osificación del segundo radio del pie en la edad pediátrica**" realizado por **D. Francisco Javier Pizones Arce**, y que una vez revisado, consideran reúne los requisitos para su defensa y aprobación como Tesis Doctoral.

Y para que así conste, expide y firma la presente certificación en Alcalá de Henares a 31 de Marzo de 2007.

LOS DIRECTORES DE LA TESIS

Prof. Dr. D. Francisco Javier Fernández Camacho

Dr. D. José Antonio Pareja Esteban

Universidad de Alcalá

DEPARTAMENTO DE CIRUGÍA

Prof. Dr. D. Manuel Sánchez Chapado, Catedrático de Universidad de Urología y director del departamento de Cirugía de la Facultad de Medicina de la Universidad de Alcalá de Henares

HACE CONSTAR que la Tesis doctoral titulada "**Estudio de la osificación del segundo radio del pie en la edad pediátrica**" realizada por D. Francisco Javier Pizones Arce, reúne los requisitos para su defensa y aprobación.

Y para que así conste, expide y firma la presente certificación en Alcalá de Henares a 31 de Marzo de 2007.

EL DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE CIRUGÍA

Prof. Dr. D. Manuel Sánchez Chapado

AGRADECIMIENTOS

Agradecer en primer lugar a mi familia el apoyo constante a lo largo de mi vida, y en concreto durante los duros años de trabajo en este proyecto. A mis padres, Cristina y Paco, a Yael y a Oma por quererme por encima de todo e impulsarme a vencer todos mis retos personales. Gracias por el cariño y la dedicación. A Sylvia, por complementar mi vida, apoyarme incondicionalmente y enseñarme a definir y respetar mis valores básicos en la vida. Y cómo no, a mis dos angelitos, Marta y Anna cuyo espíritu de felicidad inunda toda mi existencia, y de manera gráfica y tangible, este volumen.

Agradecer a mis directores de tesis el esfuerzo conjunto inagotable y el compromiso gratuito para llevar a cabo este trabajo. A Javier, genio y trabajador incansable, imprescindible para que esta obra tuviera sentido. A Jose por modelarme profesionalmente y darme todo a cambio de recibir nada, especialmente su amistad.

Agradecer a mis compañeros del Hospital de Getafe la paciencia mostrada durante el proceso de trabajo, de manera más directa a mi querida Unidad de Columna. Y sobretodo a la sección de Ortopedia Infantil, que me ha prestado la mayor parte de la casuística mostrada en el estudio. Hacer mención especial a mi Jefe, el Dr. Nieva, cuyo recuerdo llevaré siempre conmigo.

Agradecer a mis grandes e inseparables amigos Mariano Repollés e Ignacio Navarro la ayuda en el manejo de la, para mí, complicada estadística y maquetación del trabajo. Porque esta amistad no ha quedado mermada tras mi agotadora persecución.

Agradecer a Oscar Sánchez y a José María Barber y con ello a Johnson y Johnson Company (De Puy) la ayuda económica para el diseño e impresión de los volúmenes; y al excepcional profesional Jaime Barber, los consejos, la ayuda y el esfuerzo en la encuadernación de la obra.

A mi abuelo Paco por dejarme en herencia esta bella profesión y hacer de este arte, la medicina, mi estilo de vida.

SUMMARY

Analyzing prospectively 231 patients from a Spanish modern pediatric population a total of 1001 radiographic feet films are presented. Using an informatic visual and measure tool, the bones of the second ray of the foot are examined, in order to determine the sequence of ossification, the sequence of partial and final closure of the physis of this ray, the characteristics of signs of avascular necrosis in the epiphysis, the existence of a proximal secondary ossification center of the second metatarsal and its characteristics, and finally create a model of estimation of bone age using the measurements of the intermediate cuneiform, the epiphysis (proximal and distal) of the second metatarsal, and proximal epiphysis of the phalanges of the second toe. By means of statistic analysis, these data are analyzed to see the influence in those items of anthropologic variations such as sex, laterality, digital and metatarsal formula, and orthopaedic pathology.

It is proved that digital and metatarsal formula are not stable in time, and can vary during growth. The sequence of ossification, and closure of the physis of the intermediate cuneiform, epiphysis of the second metatarsal and epiphysis of the phalanges of the second toe are determined, and their modifications with anthropologic factors and orthopaedic pathology are noted. The prevalence and characteristics of radiographic signs that suggest avascular necrosis on those same epiphysis are stated, as well as the variations occurred with anthropologic factors and orthopaedic pathology.

The existence of a proximal epiphysis of the second metatarsal is proved, more frequently in girls. It has a prevalence of 3% of our population, appearing at the age of 2,3 years old, and closing completely at the age of 9,3 years old. This closure is delayed in flat feet, greek digital formula and *index minus*. This center is associated with flat feet. A morphologic classification is drawn. This epiphysis seems to behave as a pseudoepiphysis, with no potential influence in growth.

The presence of anepiphysis ossification of the second phalange of the second toe is described, presenting in a total of 4,3% of the patients, more frequently in girls and associated with flat feet and egyptian digital formula. This phalanges grow less than normal epiphyseal phalanges.

Finally, a morphometric study of these growth centres is presented, and lineal and exponential models are created in order to determine bone age.

ÍNDICE

Capítulo I.- INTRODUCCIÓN 1

I. A.- Filogenia del pie 3

I. B.- Recuerdo anatómico 4

I. B. 1.- Componente óseos 4

I. B. 2.- Inserciones musculares 7

I. C.- Artrología 8

I. D.- Desarrollo y embriología del pie 9

I. D. 1.- Estadios iniciales 9

I. D. 2.- Osificación de los núcleos primarios 11

I. D. 3.- Osificación de los núcleos secundarios 13

I. D. 4.- Pseudoepíphysis 15

I. E.- El crecimiento del pie 16

I. F.- Núcleo de osificación proximal del segundo metatarsiano 18

I. G.- El proceso de osificación 20

I. H.- Osteocondritis en el pie 27

I. H. 1.- Osteocondritis de la segunda cuña 34

I. H. 2.- Osteocondritis de la cabeza del segundo metatarsiano. Enfermedad de Freiberg 35

I. H. 3.- Osteocondritis falángicas. Enfermedad de Thiemann 41

I. I.- La bóveda plantar 42

I. J.- Tipos morfológicos de antepié 45

I. J. 1.- La fórmula digital 45

I. J. 2.- La fórmula metatarsal 46

I. K.- Estimación de la edad ósea 49

I. L.- Vascularización del segundo dedo del pie 61

I. M.- Importancia del tema objeto de esta tesis 69

I. M. 1.- Anatomía 69

I. M. 2.- Ontogenia 70

I. M. 3.- Cirugía, Ortopedia y Traumatología 70

I. M. 4.- Endocrinología Pediátrica 71

I. M. 5.- Tecnología 72

I. M. 6.- Medicina Forense 72

I. M. 7.- Antropología 74

I. M. 8.- Radiología y Diagnóstico por la imagen 75

I. M. 9.- Podología y Biomecánica 76

I. M. 1.- Cirugía Plástica 76

I. N.- Hipótesis 77
I. Ñ.- Objetivos 77

Capítulo II.- MATERIAL Y MÉTODOS 79
II. A.- Muestra 81
II. B.- Material 83
II. C.- Metodología de estudio 88
II. C. 1.- Obtención de la muestra 88
II. C. 2.- Descripción de variables del estudio 90
II. C. 3.- Determinación pormenorizada de las variables de cada estructura ósea del segundo radio del pie 99
II. C. 4.- Indices obtenidos a partir de las variables 116
II. D.- Métodos de análisis estadístico 122
II. D. 1.- Análisis de las muestras 122
II. D. 2.- Análisis de diferencia de porcentajes entre variables cualitativas 123
II. D. 3.- Análisis de cada variable cuantitativa *versus* cualitativas 128
II. D. 4.- Análisis de las variables cuantitativas entre sí 138
II. D. 5.- Corolario análisis estadístico 141

Capítulo III.- RESULTADOS 143
III. A.- Matriz de datos 145
III. B.- Análisis de la muestra 145
III. B. 1.- Estadística descriptiva 145
III. B. 2.- Estadística inferencial 155
III. C.- Núcleos de osificación postnatales 178
III. C. 1.- Edad de aparición 178
III. C. 2.- Edad de cierre 201
III. C. 3.- Núcleo de osificación proximal del segundo MTS 247
III. C. 4.- Alteraciones radiológicas compatibles clásicamente con signos de necrosis 265
III. C. 5.- Núcleo de osificación secundario de la falange media del segundo dedo del pie 276

III. D.- Estudio de variables cuantitativas 294
III. D. 1.- Indices *vs* sexo 294
III. D. 2.- Indices *vs* lateralidad 295
III. D. 3.- Indices *vs* motivo de consulta 296
III. D. 4.- Indices *vs* formula digital 300
III. D. 5.- Indices *vs* formula metatarsiana 302
III. E.- Correlaciones de rectas y curvas de regresión entre índices y edad 305
III. E. 1.- Total de casos del estudio 305
III. E. 2.- Total de casos en niños 317
III. E. 3.- Total de casos en niñas 330
III. E. 4.- Total de casos con traumatismos 344
III. E. 5.- Total de casos con pie plano 353
III. E. 6.- Total de casos con pie zambo 363
III. E. 7.- Total de casos con *hallux valgus* 378
III. F.- Observaciones 388
III. F. 1.- Modificación de la fórmula digital y metatarsiana con el crecimiento del pie 388
III. F. 2.- Transferencia no vascularizada de falange del pie a mano 399

Capítulo IV.- DISCUSIÓN 403
IV. A.- Discusión del análisis de la muestra 405
IV. A. 1.- Dimorfismo y asimetría de la muestra 405
IV. A. 2.- Morfología del antepié 407
IV. B.- Estudio de los núcleos de osificación 420
IV. B. 1.- Cuña intermedia 420
IV. B. 2.- Segundo metatarsiano 427
IV. B. 3.- Falange proximal del segundo dedo 457
IV. B. 4.- Falange media del segundo dedo 470
IV. B. 5.- Falange distal del segundo dedo 485
IV. C.- Mapa de osificación del segundo radio del pie 492
IV. C. 1.- Análisis de la secuencia de osificación en el total de casos 492
IV. C. 2.- Análisis de la secuencia de osificación según patologías 497
IV. C. 3.- Análisis de la secuencia de fusión en el total de casos 498
IV. C. 4.- Análisis de la secuencia de fusión según patologías 503

IV. D.- Mapa de las alteraciones radiológicas del segundo radio 504
IV. E.- Estudio morfométrico de los huesos del segundo dedo 506
IV. F.- Estimación de la edad ósea a partir de índices radiológicos 509
IV. G.- Crecimiento del segundo dedo en transplantes 523

Capítulo V.- CONCLUSIONES 527

Capítulo VI.- APÉNDICE ESTADÍSTICO 531
VI. A.- Matriz de datos 533
VI. B.- Análisis de la muestra 679
VI. B. 1.- Estadística descriptiva 679
VI. B. 2.- Estadística inferencial 684
VI. C.- Resultados de relación entre variables 747
VI. D.- Análisis de variables cuantitativas 821

Capítulo VII.- BIBLIOGRAFÍA 867