

UNIVERSIDAD DE NAVARRA

FACULTAD DE MEDICINA



INFLUENCIA DEL CALZADO EN LOS ÁNGULOS DEL
HALLUX Y PRESENCIA DE EXÓSTOSIS EN SU
FALANGE DISTAL.

TESIS DOCTORAL

VERÓNICA MONTIEL TERRÓN

PAMPLONA 2020

UNIVERSIDAD DE NAVARRA

FACULTAD DE MEDICINA



INFLUENCIA DEL CALZADO EN LOS ÁNGULOS DEL
HALLUX Y PRESENCIA DE EXÓSTOSIS EN SU
FALANGE DISTAL.

Tesis doctoral presentada por:

VERÓNICA MONTIEL TERRÓN

Director: DR. MATÍAS ALFONSO OLMOS-GARCÍA.

Codirector: DR. ANDRÉS VALENTÍ AZCÁRATE.

Departamento: CIRUGÍA ORTOPÉDICA Y

TRAUMATOLOGÍA

PAMPLONA 2020



Clínica
Universidad
de Navarra

Teléfonos:

Central 948/25 54 00

Fax 948/29 65 00

Extensión 4561

31008 Pamplona (España)

Matías Alfonso Olmos-García, profesor contratado doctor de Cirugía Ortopédica y
Traumatología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Navarra,

HACE CONSTAR:

Que Doña Verónica Montiel Terrón ha realizado bajo mi dirección el trabajo de
su Tesis Doctoral “INFLUENCIA DEL CALZADO EN LOS ÁNGULOS DEL *HALLUX* Y
PRESENCIA DE EXÓSTOSIS EN SU FALANGE DISTAL”, que ha terminado con el
mayor aprovechamiento.

Revisado el presente trabajo, quedo conforme con su presentación para ser
juzgado.

Y para que conste y surta los efectos oportunos, lo firmo en Pamplona, a 15 de
octubre de dos mil diecinueve.

Fdo. **Matías Alfonso Olmos-García**



Clínica
Universidad
de Navarra

Teléfonos:

Central 948/25 54 00

Fax 948/29 65 00

Extensión 4561

31008 Pamplona (España)

Andrés Valentí Azcárate, en calidad de codirector, profesor asociado de Cirugía
Ortopédica y Traumatología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Navarra,

HACE CONSTAR:

Que Doña Veronica Montiel Terrón ha realizado bajo mi dirección el trabajo de
su Tesis Doctoral “INFLUENCIA DEL CALZADO EN LOS ÁNGULOS DEL *HALLUX* Y
PRESENCIA DE EXÓSTOSIS EN SU FALANGE DISTAL”, que ha terminado con el
mayor aprovechamiento.

Revisado el presente trabajo, quedo conforme con su presentación para ser
juzgado.

Y para que conste y surta los efectos oportunos, lo firmo en Pamplona, a 15 de
octubre de dos mil diecinueve.

Fdo. **Andrés Valentí Azcárate**

COMUNICACIONES A CONGRESOS:

El trabajo de la presente tesis doctoral ha sido presentado en:

- 55 congreso SECOT (25-28 septiembre 2018): Morfología del 1º radio en pacientes descalzos.
- 40 congreso SEMCPT (14-16 junio 2018): Ángulos De *Hallux* Y Presencia De Exóstosis En Pacientes Que No Utilizan Calzado Cerrado.

Además, ha sido publicado como artículo científico:

- Montiel V, Alfonso M, Villas C, Valentí A. Medial and lateral exostoses of the distal phalanx of the *hallux*: A potentially painful bunion- like structure. Part 1: Incidence and clinical application. *Foot Ankle Surg* (2017)

*“La medicina es una ciencia de la
incertidumbre y un arte de la probabilidad”
- William Osler*

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer al Dr. Alfonso y al Dr. Valentí Azcárate, director y codirector de esta tesis doctoral, por su confianza, ayuda e implicación en la realización de este proyecto; y al Dr. JJ. Echarri del Hospital de Monkole en Kinshasa, sin él tampoco habría sido posible realizar este trabajo de investigación.

Al Dr. Pons, por su insistencia en que acudiéramos a los cursos de estadística, que tan útiles han resultado, no solo en este trabajo, sino para entender y elaborar muchos otros.

A todos los consultores del departamento, Dr. Amillo, Dr. San Julián, Dr. Lamo de Espinosa, Dr. Llombart por el tiempo, paciencia y entrega invertidos en mi formación. Especial mención al Dr. Villas por sus consejos, su dedicación y su generosidad siempre que he emprendido un proyecto, y al Dr. Valentí Nin, por creer en mí desde el principio.

A todos los residentes (pequeños y mayores) con los que coincidí durante mi época de formación, por los buenos momentos que pasamos juntos, y por el apoyo en los malos días. Muchos me recordaran por mi obsesión con la falange distal de *hallux*.

A todos los integrantes del Departamento de Cirugía Ortopédica y Traumatología de la Clínica Universidad de Navarra por su trabajo detrás del telón para que todo fluya en el día a día, y por las palabras de ánimo cuando todo el mundo se va a casa y “tú sigues aquí midiendo ángulos en radiografías”.

A Gerardo Sanz por enseñarme a ser inconformista, a buscar siempre el porqué de las cosas y la perfección en el trabajo; y a la Dra. De la Cuadra y Dr. Mérida por ayudarme a dar mis primeros pasos en la investigación.

A mis padres por impulsarme a llegar hasta donde estoy ahora y por enseñarme que con trabajo y constancia todo es posible.

A Pablo, porque sobrevivir a un programa de doctorado es un reto, ¡pero escribir tu tesis mientras yo terminaba la mía al mismo tiempo ha sido una hazaña! Gracias a su apoyo incondicional y su continua ayuda ha sido posible elaborar este manuscrito.

Y por último, a Cata y Symba que son los únicos que, a estas alturas de la noche, cuando solo quedan los agradecimientos por escribir, siguen despiertos aquí conmigo mirando como corre el cursor mientras escribo estas palabras.

ÍNDICE

Índice

RESUMEN-SUMMARY	1
I. RESUMEN	3
1. Antecedentes	3
2. Materiales y método	3
3. Resultados	3
4. Conclusiones	4
II. SUMMARY	5
1. Background	5
2. Materials and methods	5
3. Results	5
4. Conclusions	6
III. ABREVIATURAS	7
IV. INTRODUCCIÓN	11
1. Desarrollo embriológico del pie	13

2. Anatomía y maduración del <i>hallux</i>	13
2.1. Primer Metatarsiano	14
2.2. Articulación cuneometatarsiana	14
2.3. Primera articulación metatarsofalángica	16
2.4. Falanges del primer radio:	18
2.5. Primera articulación interfalángica	20
2.6. Musculatura del 1º radio	20
3. Morfología del pie	24
3.1. Fórmula digital	24
3.2. Fórmula metatarsal	25
4. Mediciones radiológicas de los ángulos del <i>hallux</i>	26
4.1. Proyecciones radiológicas	27
4.2. Ángulos del <i>hallux</i>	27
4.3. Evolución natural y patológica de ángulos del <i>hallux</i>	31
4.4. Importancia de los ángulos del <i>hallux</i> en la elección de técnicas quirúrgicas.	36
5. Presencia de exóstosis de F2	39
6. Evolución del calzado y desarrollo de las deformidades en el <i>hallux</i>	41
6.1. Recidiva del HV: Prevalencia y etiología	47
V. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	49
1. Hipótesis	51
2. Objetivos	51

VI. MATERIAL Y MÉTODOS	53
1. Diseño del proyecto	55
1.1. Tipo de estudio	55
1.2. Criterios de inclusión	55
1.3. Grupos	55
1.4. Diseño del proyecto:	55
1.5. Recolección de datos:	56
1.6. Variables recogidas	57
2. Mediciones angulares en radiografía	58
2.1. Ángulo intermetatarsal:	58
2.2. Ángulo metatarsofalángico:	58
2.3. Ángulo de la superficie articular distal del primer metatarsiano (DMAA) o ángulo articular proximal (PASA):	58
2.4. Ángulo Superficie Articular Proximal de la primera falange o Ángulo Articular Distal (DASA):	59
2.5. Ángulo interfalángico (AIF):	59
2.6. Ángulo de asimetría de la falange distal (AF2):	60
2.7. Ángulo de oblicuidad de la falange proximal (AF1):	60
2.8. Ángulo de desviación articular (DA)	60
3. Estudió de la morfología del pie	61
3.1. Fórmula digital	61
3.2. Fórmula metatarsal	61
4. Estudio de la presencia de exóstosis de F2	62
5. Estudio de la morfología de F2	63
5.1. Morfología de F2	63
6. Análisis estadístico	64

6.1.	Pruebas de normalidad	64
6.2.	Análisis descriptivo	64
6.3.	Pruebas de contraste	64
VII. RESULTADOS		67
1.	Análisis descriptivo de la muestra	69
1.1.	Distribución por tipo de calzado	69
1.2.	Distribución etaria:	70
1.3.	Morfología del pie	71
2.	Estadística inferencial: ángulos radiológicos del 1º radio.	72
2.1.	Variaciones angulares en función del tipo de calzado	73
2.2.	Variaciones angulares en función de la edad	75
2.3.	Relación de las variaciones angulares	81
3.	Estadística inferencial: Morfología del pie.	89
3.1.	Fórmula digital en función del tipo de calzado.	89
3.2.	Fórmula metatarsal en función del tipo de calzado.	90
3.3.	Variaciones angulares en función la fórmula digital.	90
3.4.	Variaciones angulares en función la fórmula metatarsal.	91
4.	Estadística inferencial: Morfología de F2	93
4.1.	Morfología de F2 en función del tipo de calzado.	93
4.2.	Morfología de F2 en función de la edad.	94
4.3.	Morfología de F2 en función de las variaciones angulares.	95
4.4.	Morfología de F2 en función de la fórmula digital	95
4.5.	Morfología de F2 en función de la fórmula metatarsal	96
5.	Estadística inferencial: Exóstosis.	96

5.1.	Presencia de exóstosis en función del tipo de calzado.	96
5.2.	Presencia de exóstosis en función de la edad.	97
5.3.	Presencia de exóstosis en función de las variaciones angulares.	99
5.4.	Presencia de exóstosis en función de la fórmula digital	100
5.5.	Presencia de exóstosis en función de la fórmula metatarsal	101
5.6.	Presencia de exóstosis en función del tipo de falange distal.	102
VIII.	DISCUSIÓN	103
1.	Antecedentes	105
2.	Diseño del estudio	106
3.	Población de estudio	108
4.	¿De qué partes consta un zapato?	112
5.	Valoración de los hallazgos	113
5.1.	Ángulos del <i>Hallux</i>	113
5.2.	Morfología del pie	116
5.3.	Morfología de la F2	118
5.4.	Exóstosis de F2	119
6.	Relevancia clínica	121
7.	Limitaciones del estudio	123
CONCLUSIONES-CONCLUSIONS		127
IX.	CONCLUSIONES	129

X.	CONCLUSIONS	130
XI.	BIBLIOGRAFÍA	131
XII.	ANEXOS	149
1.	Índice de tablas	151
2.	Índice de figuras	153
3.	Artículos derivados del estudio:	158

RESUMEN-SUMMARY

I. **Resumen**

1. **Antecedentes**

La parte anterior del zapato, donde se alojan los dedos, tiene muy comúnmente una forma que puede ser constrictiva y provoca presión sobre los dedos, dando lugar a alteraciones en el antepié. Sin embargo, queda en el aire si los zapatos de punta constrictiva únicamente producen dolor en los puntos de presión o si pueden causar también cambios permanentes en la morfología del *hallux*.

El objetivo de este estudio es comparar la morfología del *hallux* en 3 grupos de personas clasificadas de acuerdo con su uso de zapatos de punta constrictiva o abierta.

2. **Materiales y método**

424 pacientes fueron incluidos en el estudio y se clasificaron en 3 grupos: el Grupo A utilizaba sólo zapatos de punta abierta diariamente; El Grupo B utiliza zapatos de punta abierta y constrictiva indistintamente según el día; El grupo C utiliza zapatos de punta cerrada diariamente. Se utilizaron radiografías dorso-plantares para analizar los ángulos del hallux, la presencia de exóstosis y la forma de la falange distal (F2).

3. **Resultados**

Los pacientes que usaron zapatos con punta abierta (grupo A) presentaban un ángulo intermetatarsal (AIM), ángulo metatarsofalángico (AMTF), DASA, PASA, ángulo interfalángico (AIF), ángulo de oblicuidad (AF1), ángulo de asimetría (AF2) y desviación de la articulación ángulo (DA) de 10° (DE: 2), 8° (DE: 6), 5° (DE: 3), 4° (DE: 3), 9° (DE: 4), 3° (DE: 2), 5° (DE: 3), 3° (DE: 2) respectivamente. Los pacientes que utilizaban zapatos de punta abierta y constrictiva indistintamente (grupo B) presentaban un AIM,

AMTF, DASA, PASA, AIF, AF1, AF2, DA de 10° (DE: 14), 10° (DE: 2), 4° (DE: 3), 4° (DE: 4), 12° (DE: 6), 3° (DE: 3), 8° (DE: 4), 1° (DE: 2) respectivamente. Los pacientes que usaban zapatos con punta constrictiva (grupo C) presentaban un AIM, AMTF, DASA, PASA, AIF, AF1, AF2, DA de 9° (DE: 4), 19° (DE: 11), 5° (DE: 3), 6° (DE: 4), 12° (DE: 5), 2° (DE: 2), 8° (DE: 4), 2° (DE: 2) respectivamente.

La prevalencia de exóstosis tibial en F2 fue de 22, 29 y 36% en los grupos A, B y C, respectivamente.

En nuestra serie encontramos distribuciones similares en las diferentes formas de F2 (longitudinal, piramidal y clásica).

4. Conclusiones

El uso de zapatos de punta constrictiva provoca un aumento de los AMTF, AIF y AF2, incluso cuando su uso es solo ocasional. El uso de zapatos con punta constrictiva se asocia a una mayor prevalencia de exóstosis en el lado tibial en la F2 del 1^{er} radio, incluso aunque el uso sea solo ocasional. Sin embargo, el tipo de zapatos no parece influir en la forma de F2.

II. **Summary**

1. **Background**

Constrictive toe box can increase the pressure in the toes and causes foot disability. However, the question still remains as to whether this disability is only caused by pain on the pressure points or if it can cause permanent changes in the hallux anatomy. The aim of this study is to compare the hallux anatomy in 3 groups classified according to their use of constrictive or open toe box shoes.

2. **Materials and methods**

424 patients were enrolled in this study and classified in 3 groups: Group A uses open toe box shoes on a daily basis; Group B uses open and constrictive toe box shoes depending on the day; Group C uses constrictive toe box shoes daily. Dorsoplantar weight-bearing radiographs were used to analyze the hallux's angles, the presence of exostoses and the shape of the distal phalanx (Ph2).

3. **Results**

The patients using open toe box shoes (group A) had an intermetatarsal angle (IMA), metatarsophalangeal angle (MTPA), DASA, PASA, interphalangeal angle (IPA), obliquity angle (AF1), asymmetry angle (AF2) and joint deviation angle (JDA) of 10° (SD: 2), 8° (SD: 6), 5° (SD: 3), 4° (SD: 3), 9° (SD: 4), 3° (SD: 2), 5° (SD: 3), 3° (SD: 2) respectively. The patients using open and constrictive toe box shoes indistinctively (group B) had an IMA, MTPA, DASA, PASA, IPA, AF1, AF2, JDA of 10° (SD: 14), 10° (SD: 2), 4° (SD: 3), 4° (SD: 4), 12° (SD: 6), 3° (SD: 3), 8° (SD: 4), 1° (SD: 2) respectively. The patients using constrictive toe box shoes (group C) had an IMA, MTPA, DASA,

PASA, IPA, AF1, AF2, JDA of 9° (SD: 4), 19° (SD: 11), 5° (SD: 3), 6° (SD: 4), 12° (SD: 5), 2° (SD: 2), 8° (SD: 4), 2° (SD: 2) respectively.

The prevalence of tibial exostoses was of 22, 29 and 36% in groups A, B and C respectively.

In our series we found similar distributions of the different Ph2 shapes (longitudinal, pyramidal and classic).

4. Conclusions

The use of constrictive toe box shoes causes an increase in MTPA, IFA and AF2, even when used only occasionally. The use of constrictive toe box shoes is associated to a higher prevalence of exostosis on the tibial side of Ph2, even when used only occasionally. However, the type of shoes does not seem to influence de shape of Ph2.

ABREVIATURAS

III. Abreviaturas

- 1MT: Primer metatarsiano
- AF1: Oblicuidad o ángulo en valgo de la falange proximal
- AF2: Asimetría o inclinación o ángulo de desviación de la falange distal
- AIF: Ángulo interfalángico del primer dedo o del *hallux*
- AIM: Ángulo intermetatarsal entre 1a y 2o metatarsianos
- AMTF: Ángulo metatarsofalángico del primer dedo o del *hallux*
- DA: Ángulo de Desviación articular
- DE: Desviación estandar
- DASA: Ángulo de la superficie articular proximal de la primera falange o ángulo articular distal
- DMAA o PASA: Ángulo de la superficie articular distal del primer metatarsiano o ángulo articular proximal
- DS: Desviación estandar
- EHB: Músculo *extensor hallucis brevis*
- EHL: Músculo *extensor hallucis longus*
- F1: Falange proximal del *hallux*
- F2: Falange distal del *hallux*
- FHB: Músculo *flexor hallucis brevis*
- FHL: Músculo *flexor hallucis longus*
- FPL: Músculo flexor pollicis longus
- HV: *Hallux valgus*
- HVIF: *Hallux valgus* interfalángico
- HR: *Hallux rigidus*
- IF: Interfalángico/a

- IFD: Articulación Interfalángica distal
- IFP: Articulación Interfalángica proximal
- INMT: Intermetatarsal
- MTF: Metatarsofalángico/a
- Pág: Página
- SD: “*Standard deviation*” (Desviación estándar)
- VIF: Valgo interfalángico

INTRODUCCIÓN

IV. Introducción

1. Desarrollo embriológico del pie

La extremidad inferior comienza a formarse al final de la cuarta semana de desarrollo desde la cresta del Wolf, con un componente ectodérmico que dará lugar a la piel, uñas, pelo y glándulas sebáceas, y un componente mesodérmico que dará lugar a los componentes óseos, musculares, tendinosos y ligamentosos. Los vasos y nervios crecerán hacia la extremidad desde el tronco. Los componentes de esta extremidad inferior primitiva se irán desarrollando de proximal a distal: primero el muslo, después la pierna y finalmente el pie. El pie se desarrollará a partir de la quinta semana de la misma forma, dando lugar primero al tarso, después a los metatarsianos y finalmente a las falanges de los dedos. A partir de la sexta semana del desarrollo embrionario comienza a distinguirse una prominencia distal de la que surgirá el *hallux*. En la séptima semana del desarrollo embrionario aparecerán las condensaciones metatarsales y seguidamente comenzarán a configurarse los dedos. Los sesamoideos aparecen como una condensación del tejido blastémico a la octava semana y se mantienen en forma cartilaginosa durante todo el periodo prenatal. El sesamoideo del lado peroneo es el primero en aparecer, en forma cartilaginosa, en el tercer mes prenatal, seguido por el sesamoideo del lado tibial el siguiente mes. Se mantendrán en forma cartilaginosa hasta la osificación completa, a partir de múltiples núcleos de osificación, en torno a los 9-11 años, empezando por el sesamoideo lateral⁸¹.

2. Anatomía y maduración del *hallux*

El primer radio es el más medial del pie, está compuesto por el primer metatarsiano, y dos falanges (proximal y distal).

2.1. Primer Metatarsiano

El primer metatarsiano (1MT) es el más corto y fuerte, tiene, como mínimo, el doble de grosor que los metatarsianos laterales. Esto es debido a que, durante la fase de despegue, el primer radio soporta el doble de carga que los radios restantes. Su base, en su parte más proximal, tiene forma arriñonada y forma parte de la articulación cuneo-metatarsiana, junto con la primera cuña. Los ligamentos cuneo-metatarsianos confieren estabilidad estática a esta articulación. La base del 1MT por su parte más lateral se articula también con el 2º metatarsiano. En la parte más inferior (o plantar) de su base se hallan dos tuberosidades para la inserción del tendón del tibial anterior (medial) y el peroneo largo (lateral), también estabilizadores dinámicos de la articulación. La diáfisis del 1MT es plana por la parte inferior y redondeada en la superior, su superficie es lisa y no presenta inserciones musculares. La cabeza de este metatarsiano, en la parte más distal, es grande, ancha y de forma redondeada. Se articula con la carilla articular glenoidea de la falange proximal del hallux (F1) dando lugar a la articulación metatarsofalángica, que queda estabilizada por los ligamentos colaterales medial y lateral.

2.2. Articulación cuneometatarsiana

La primera cuña tiene forma triangular, de base plantar y ápex dorsal. Distalmente se articula con la base del primer metatarsiano. Esta articulación es mínimamente convexa y tiene una cierta inclinación inferomedial. Puede tener forma plana, pero habitualmente tiene una depresión central y 3 carillas articulares. La carilla medial es pentagonal, sin embargo, la lateral es rectangular. Esta carilla lateral linda con la carilla articular para la segunda cuña, que tiene forma de "L" invertida. La articulación está estabilizada por:

- Un complejo ligamentoso dorsal, formado por:

- Ligamento intercuneiforme dorsal 1-2 entre primera y segunda cuña
- Ligamento cuneo 1-metatarsal 2 entre la primera cuña y el segundo metatarsiano
- Ligamento cuneo 1-metatarsal 1 entre la primera cuña y el primer metatarsiano
- Un complejo ligamentoso plantar
 - Ligamento intercuneiforme plantar 1-2 entre primera y segunda cuña
 - Ligamento cuneo 1-metatarsal 2-3 entre la primera cuña y el segundo y tercer metatarsiano
 - Ligamento cuneo 1-metatarsal 1 entre la primera cuña y el primer metatarsiano
- Además, el tendón del peroneo largo, tiene parte de su inserción en el tubérculo anterior de la primera cuña, y el tendón tibial anterior, que tiene parte de su inserción en el margen dorsal e inferior a la carilla medial de la primera cuña y tienen expansiones a la base del primer metatarsiano, también contribuyen a mantener la estabilidad.

Esta articulación, a diferencia de las cuneo-metarsianas centrales, es móvil, y tiene efecto estabilizador. Cuando se levanta el pie del suelo, el primer metatarsiano desciende. Mientras que con el apoyo el metatarsiano asciende y se coloca en el mismo plano horizontal que los metarsianos centrales. Por ello, el arco transversal que observamos en descarga desaparece con la carga¹⁵⁷.

La orientación, forma, movilidad y estabilidad de la primera articulación cuneo-metarsiana (CM) puede influir en el grado de desviación angular del 1MT¹³⁰.

2.3. Primera articulación metatarsofalángica

La articulación metatarso falángica del 1º radio está formada por la cabeza del metatarsiano y la cavidad glenoidea de la falange proximal¹⁵⁷. La primera articulación metatarsofalángica está estabilizada por unas bandas ligamentosas que se extienden desde los epicóndilos medial y lateral hasta la base de la primera falange, estabilizándola¹⁵¹. Estos ligamentos están en estrecha relación con el sistema gleno-sesamoideo presente en la cara plantar de la cabeza del 1MT. El sistema gleno-sesamoideo esta formado por una prolongación del cartílago de la cabeza del 1MT que da lugar a una cavidad glenoidea separada en dos por una cresta. En cada una de las mitades se alojan los sesamoideos que se encuentran embebidos en la grasa plantar y a su vez están unidas entre sí por el ligamento intersesamoideo (Fig. 1)⁶⁶. Estos huesos sesamoideos quedan unidos a la falange proximal por la placa plantar y sirven de unión a los músculos flexor y aductor del hallux (en el sesamoideo interno o tibial) y a los músculos flexor y abductor del hallux (en el sesamoideo externo o peroneal) y que hacen llegar su fuerza a la falange a través de los ligamentos gleno-sesamoideos (Fig. 2). Actúan como una rotula y gracias a ellos en movimientos de flexo-extensión del metatarsiano este se mantiene en todo momento fijo en el suelo y su cabeza gira sin trasladarse. El *extensor hallucis longus* (EHL) y el *extensor hallucis brevis* (EHB) se insertan en la falange distal y proximal respectivamente por la cara dorsal. Por otro lado, el *flexor hallucis brevis* (FHB) y el *flexor hallucis longus* (FHL) se insertan en la falange proximal y distal respectivamente por la cara plantar.

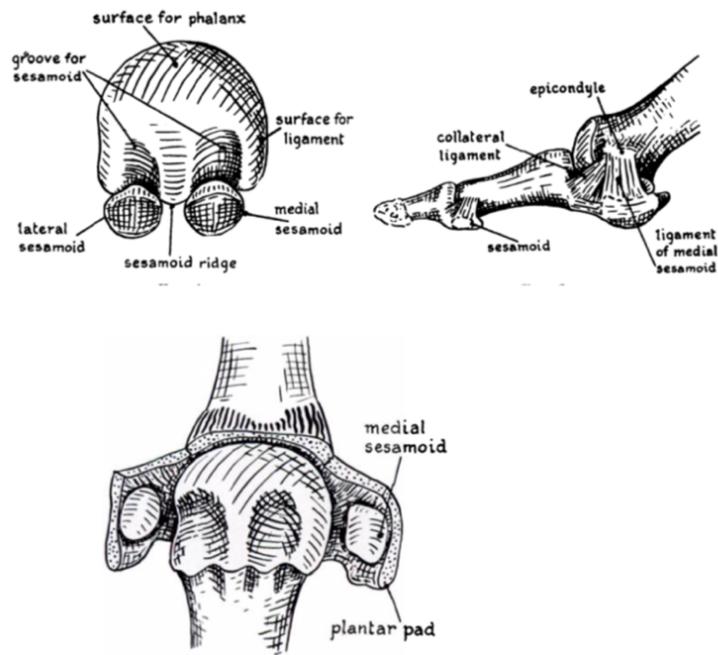


Figura 1: Anatomía del sistema gleno-sesamoideo (Haines RW, Mc Dougall A. *The anatomy of hallux valgus*. JBJS 1954; 36B:2. 272-293⁽⁶⁶⁾)

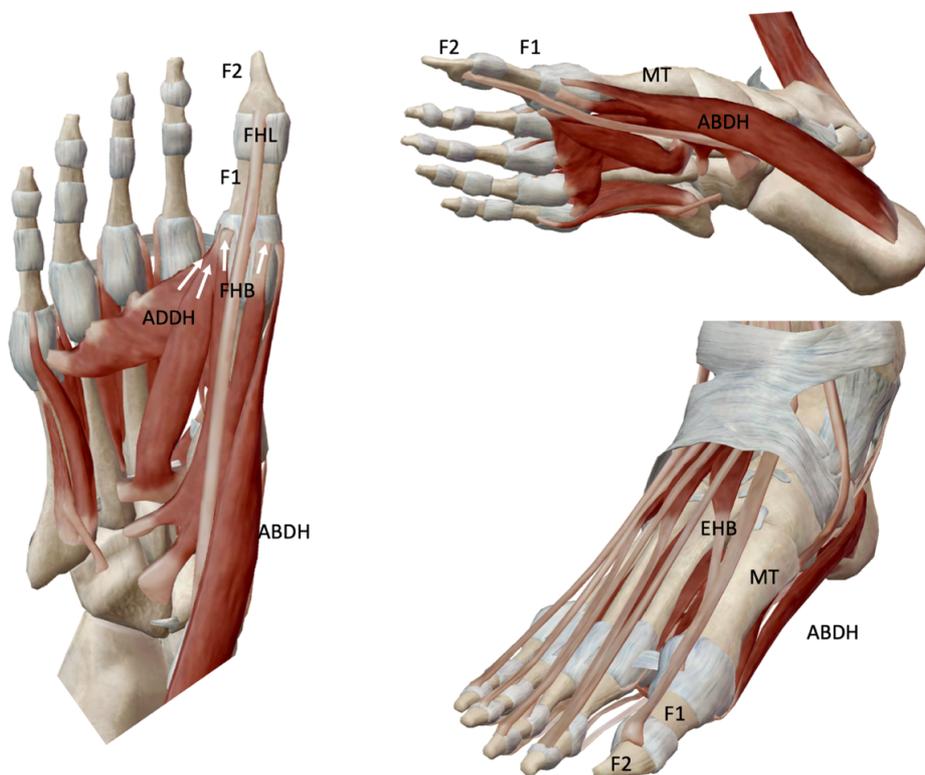


Figura 2: Inserciones musculares del hallux (Imagen creada con aplicación informática Human Anatomy Atlas. Visible body ["Image courtesy of Visible Body"]).

Las articulaciones metatarsofalángicas de los otros 4 dedos no disponen de sistema gleno-sesamoideo por lo que durante la flexo-extensión, la cabeza del metatarsiano gira y se traslada hacia delante, empujando hacia delante las falanges. Son los tendones flexores y extensores que se insertan en las falanges los que hacen de tope a este desplazamiento anterior limitando el desplazamiento anterior de las falanges y provocando la disposición de los dedos en garra y la luxación dorsal metatarsofalángica (Fig. 3). Sin embargo, en condiciones normales los músculos lumbricales e interóseos fijan la F1 de los dedos al suelo, para estabilizar las articulaciones metatarsofalángicas y que la luxación no sea completa, facilitando de esta forma el equilibrio en posición de puntillas¹⁵⁷ (Fig. 3).

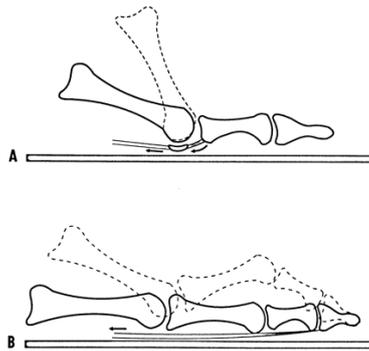


Figura 3: Cinemática de los dedos: A. Primer dedo. B. Dedos laterales (Tomada del libro Viladot A, Viladot R. *Hallux valgus*. In: 20 lecciones sobre patología del pie. Barcelona: Mayo. 2011. p 119-135. ⁽¹⁵⁷⁾)

2.4. Falanges del primer radio:

El pie tiene 14 falanges. Los dedos laterales suelen ser trifalángicos, aunque en ocasiones el quinto dedo puede tener solo dos falanges. Sin embargo, el primer dedo solo tiene dos. Las falanges son consideradas huesos largos, de hueso esponjoso central y compacto en los extremos.

La falange proximal del *hallux* (Fig. 4) está compuesta por una base cóncava por una superficie articular, que articula con la cabeza del metatarsiano, una diáfisis

semicilíndrica, plana en la zona plantar y convexa en la dorsal; y una cabeza de forma troclear convexa dividida por un surco central que articula con la falange distal.

La falange distal del *hallux* (Fig. 4) tiene una superficie articular con dos carillas cóncavas separadas por una cresta en la que se articula la falange proximal. A continuación, presenta una zona diafisaria de dimensiones variables, más o menos ancha y más o menos larga. La zona distal termina en la tuberosidad ungueal, de superficie dorsal aplanada y que sirve su soporte al pulpejo, la zona ungueal y la tuberosidad plantar.

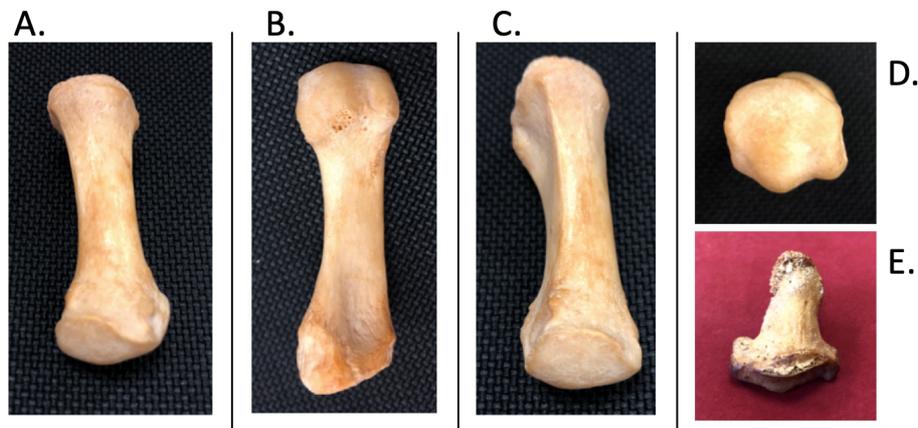


Figura 4: 1^{er} metatarsiano (fondo negro): A. Cara dorsal y tibial; B. Cara plantar, C, Cara peroneal, D. Cabeza o superficie articular distal. E. Falange distal (fondo rojo)

Las falanges del *hallux* presentan dos núcleos de osificación¹⁴. El núcleo de osificación primario de la falange proximal suele aparecer a los cuatro meses de vida fetal y el de la falange distal en torno a la novena semana de vida fetal, y suelen diferenciarse de proximal a distal y de medial a lateral⁸⁶. Sin embargo, los núcleos de osificación secundarios del *hallux* aparecen de distal a proximal, siendo el primero el de la falange distal a los 1,3 años. Unos 6 meses más tarde aparecen los núcleos de osificación de las falanges distales de 2^o y 3^{er} dedo. A nivel de las cabezas metatarsales

los centros de osificación aparecen de zona medial a lateral (o de tibial a peronea)⁸¹. La osificación completa, aunque es variable, finaliza en torno a los 18 años.

2.5. Primera articulación interfalángica

La articulación interfalángica es la que se establece entre la parte más distal de la falange proximal y la parte más proximal de la falange distal. Es una articulación troclear, estabilizada por los ligamentos laterales que unen la cabeza de la falange proximal y la base o tubérculo de la falange distal, lo cual le confiere más estabilidad en el plano axial que en el sagital^{78,168}. Con grandes variaciones, esta articulación tiene una movilidad de unos 30° de dorsiflexión y 45° de flexión plantar que viene dada por los músculos EHL y FHL. Además, los tendones de estos músculos actúan como estabilizadores dinámicos de la articulación. Hasta en un 5% de los casos pueden observarse huesos accesorios o sesamoideos de entre 0,5-1cm a nivel de esta articulación^{101,167}. Las articulaciones interfalángicas tienen como función facilitar la adaptación al suelo irregular. Sin embargo, su función queda muy limitada con el uso de calzado¹⁵⁵.

2.6. Musculatura del 1º radio

Musculatura extrínseca de la pierna (Fig. 5)

- **Músculo tibial anterior:** Tiene su origen en los dos tercios superiores de la cara lateral de la tibia, membrana interósea de la pierna y parte superior de la fascia crural superficial. Se inserta distalmente en la superficie medial y plantar de la primera cuña y base medial del primer metatarsiano. Participa en la extensión dorsal del tobillo y la inversión subtalar o supinación. Recibe su inervación del nervio peroneo profundo (que depende de las ramas L4-L5). (Fig. 5 A. Nº 1).

- **Músculo extensor largo del *hallux* o *Extensor hallucis longus* (EHL):** Tiene su origen en el tercio medio de la cara medial del peroné, y la membrana interósea de la pierna. Se inserta distalmente en la aponeurosis dorsal del *hallux* y la base de su falange distal. Participa en la extensión dorsal del tobillo, la eversión subtalar, y la extensión MTF e IF del *hallux*. Recibe su innervación del nervio peroneo profundo (que depende de las ramas L5-S1). (Fig 5 A. N° 3).
- **Músculo tibial posterior:** Tiene su origen en la membrana interósea de la pierna y bordes adyacentes de tibia y peroné. Se inserta distalmente en la base de la tuberosidad del navicular, primera, segunda y tercera cuñas, y la base de los metatarsianos 2º-5º. Participa en la flexión plantar del tobillo, y la inversión subtalar o supinación. Recibe su innervación del nervio tibial (que depende de las ramas L4-S1). (Fig. 5 C. N° 1).
- **Músculo flexor del *hallux* o *flexor hallucis longus* (FHL):** Tiene su origen en los dos tercios distales de la cara posterior del peroné y parte adyacente de la membrana interósea. Se inserta distalmente en las bases de la falange distal del *hallux*. Participa en la flexión plantar del tobillo, la inversión subtalar o supinación, y la flexión plantar de las articulaciones MTF e IF del *hallux*. Además, contribuye a mantener la tensión de la bóveda longitudinal medial del pie. Recibe su innervación del nervio tibial (que depende de las ramas L5-S2). (Fig 5 C. N° 3).

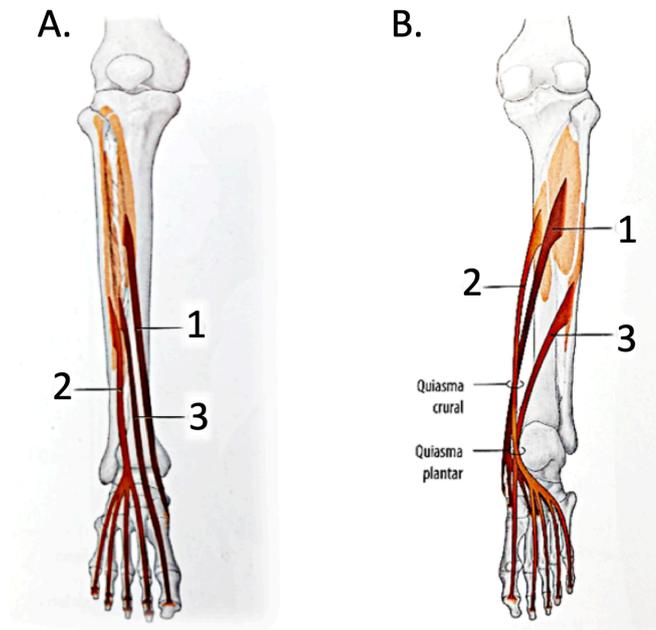


Figura 5: musculatura extrínseca del pie en la pierna (Adaptada del libro Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K. Prometheus: texto y atlas de anatomía. Madrid: Editorial Medica Panamericana; 2005⁽¹⁴⁰⁾):

A. 1. Músculo tibial anterior; 2. Músculo extensor largo de los dedos; 3. Músculo extensor largo del hallux o Extensor hallucis longus (EHL)

B. 1. Músculo tibial posterior; 2. Músculo flexor largo de los dedos; 3. Músculo flexor del hallux o extensor hallucis longus (EHL)

Musculatura intrínseca del pie (Fig. 6)

- **Músculo extensor corto del *hallux* o extensor hallucis brevis (EHB):** Tiene su origen en la superficie dorsal del calcáneo. Se inserta distalmente en la aponeurosis distal del *hallux* y la base de la falange proximal del *hallux*. Participa en la extensión dorsal de las articulaciones CM y MTF del *hallux*. Recibe su inervación del nervio peroneo profundo (que depende de las ramas L5-S1). (Fig 6 A. N° 2)
- **Músculo abductor de *hallux* (ABDH):** Tiene su origen en la apófisis medial de la tuberosidad calcánea y aponeurosis plantar. Se inserta distalmente en el sesamoideo medial en la base de la falange proximal del *hallux*. Participa en la flexión plantar de la articulación MTF del *hallux* y en la separación del 1º dedo hacia medial. Además, es un estabilizador de la bóveda longitudinal del pie.

Recibe su inervación del nervio plantar medial (que depende de las ramas L5-S1). (Fig 6 B. N° 1)

- **Músculo flexor corto del *hallux* o *flexor hallucis brevis* (FHB):** Tiene su origen en la primera y segunda cuña y en el ligamento calcáneo cuboideo plantar. Su inserción distal tiene 2 cabezas; la medial se inserta en el sesamoideo medial en la base de la falange proximal del *hallux*, y la lateral se inserta en el sesamoideo lateral y en la base de falange proximal del *hallux*. Participa en la flexión plantar de la articulación MTF del *hallux*. Además, es un estabilizador de la bóveda longitudinal del pie. La cabeza medial recibe su inervación del nervio plantar medial (que depende de las ramas L5-S1) y la cabeza lateral del nervio plantar lateral (que depende de las ramas S1-S2). (Fig 6 B. N° 2)
- **Músculo aductor del *hallux* (ADH):** Tiene un doble origen, una cabeza oblicua de origen en la base de los metatarsianos II-IV, el hueso cuboides y la 3ª cuña; y una cabeza transversa con su origen en las articulaciones MTFs de los dedos III-V y el ligamento metatarsiano profundo. Su inserción distal ocurre en el sesamoideo lateral en la base del primero dedo. Participa en la flexión plantar, y la aducción de la articulación metatarsofalángica del *hallux*. Además, es un estabilizador de las bóvedas longitudinal y transversal del pie. Recibe su inervación del nervio plantar lateral (que depende de las ramas S1-S2). (Fig 6 B. N° 3)

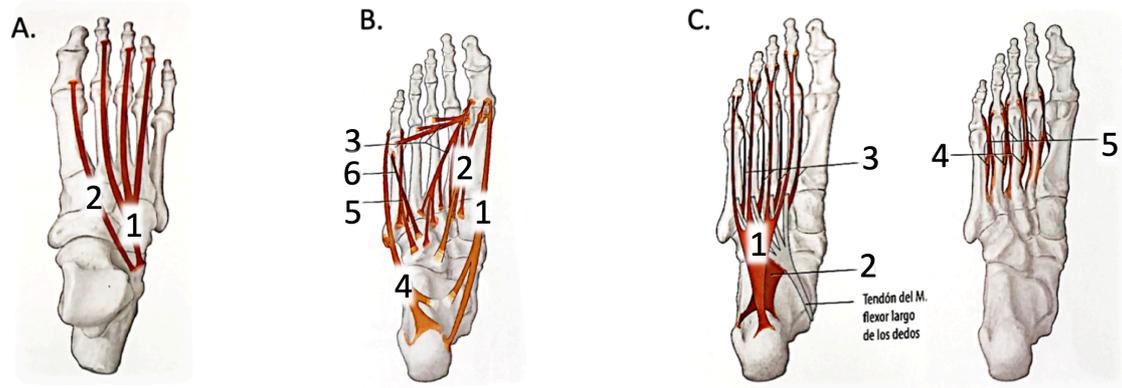


Figura 6: Musculatura intrínseca del pie (Adaptada del libro Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K. Prometheus: texto y atlas de anatomía. Madrid: Editorial Medica Panamericana; 2005⁽¹⁴⁰⁾):

A. 1. Músculo extensor corto de los dedos; 2. Músculo extensor corto del hallux o extensor hallucis brevis (EHB)

B. 1. Músculo abductor de hallux (ABDH); 2. Músculo flexor corto del hallux o flexor hallucis brevis (FHB); 3. Músculo aductor del hallux (ADDH); 4. Músculo abductor del quinto dedo (ABD5°); 5. Músculo flexor corto del quinto dedo (FB5°); 6. Músculo oponente del quinto dedo (OP5°).

C. 1. Músculo flexor corto de los dedos; 2. Músculo cuadrado plantar; 3. Músculos lumbricales I-IV

3. Morfología del pie

Observando los distintos tipos de pie y la variabilidad en la longitud de los dedos y los metatarsianos surgieron los conceptos de fórmula digital y fórmula metatarsal.

3.1. Fórmula digital

Supone la clasificación de los diferentes tipos de pie en función de la longitud relativa de los dedos. Esta diferenciación fue hecha antes por artistas que por anatomistas y se separaron en 3 grupos (Fig. 7)¹⁵⁷:

- Pie cuadrado: el *hallux* es igual de largo que el segundo y los demás van haciéndose más cortos a medida que se alejan del segundo.
- Pie griego: el *hallux* es más corto que el segundo y cada uno de los siguientes va haciéndose más corto en relación con el segundo.
- Pie egipcio: el *hallux* es más largo que el segundo y los demás van acortándose progresivamente.

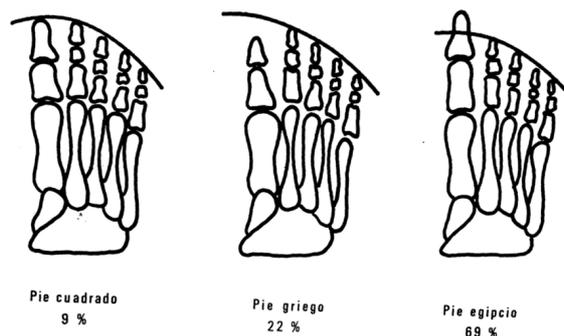


Figura 7: Tipos de fórmula digital y su prevalencia en la población (Tomada del libro Viladot A, Viladot R. *Hallux valgus*. In: 20 lecciones sobre patología del pie. Barcelona: Mayo. 2011. p 119-135. ⁽¹⁵⁷⁾)

3.2. Fórmula metatarsal

En el análisis radiológico se pueden diferenciar 3 tipos de pies en función de la longitud relativa de los metatarsianos (Fig. 8)¹⁵⁷:

- índex plus-minus: el primero y el segundo metatarsiano son de longitud similar.
- índex minus: el primer metatarsiano es más corto que el segundo y los demás son cada vez más cortos.
- índex plus: el primer metatarsiano es más largo que el segundo y los que le siguen.

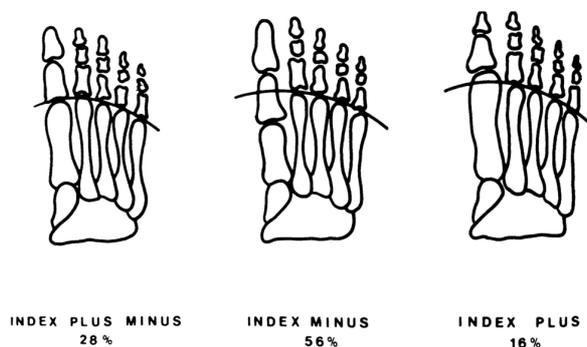


Figura 8: Tipos de fórmula metatarsal y su prevalencia en la población (Tomada del libro Viladot A, Viladot R. *Hallux valgus*. In: 20 lecciones sobre patología del pie. Barcelona: Mayo. 2011. p 119-135. ⁽¹⁵⁷⁾)

Aunque todas estas fórmulas digitales y metatarsales son variantes de la normalidad no patológicas, tradicionalmente se considera que el pie ideal, es decir el que suele sufrir menos deformidades, es el que tiene una fórmula digital griega y una fórmula metatarsal *índex plus-minus*. Se argumenta que ésta es la forma del pie que es menos susceptible a las deformidades porque es la que más se adapta a los zapatos de punta estrecha, en forma triangular, que tiene más tendencia a deformar el antepié¹⁵⁷.

En la literatura se dice que cuando un pie de tipo egipcio se combina con una fórmula metatarsal de tipo *índex minus* con un metatarsiano débil y varo aparece el *hallux valgus*; y si se combina con un metatarsiano potente de tipo *índex plus* hay predisposición a desarrollar un *hallux rigidus*¹⁵⁷. Aunque algunos autores apoyan la teoría de que desviaciones en valgo del primer metatarsiano ocurren tanto en metatarsianos largos como cortos^{68,98}. Coughlin (1995) demostró que un primer metatarsiano largo en pacientes inmaduros está relacionado con hasta 5º más de valgo metatarsofalángico³⁷.

Además, un antepié egipcio supone un factor de riesgo de recidiva. Por ello, durante el tratamiento quirúrgico se busca reproducir un pie griego o cuadrado. La fórmula metatarsal, también puede orientar sobre el tipo de osteotomía que debemos utilizar para la corrección, pudiendo hacer osteotomías de adicción y sustracción, osteotomías curvilíneas que no alteren la longitud del metatarsiano u osteotomías que permitan alargar o acortar el primer metatarsiano.

4. Mediciones radiológicas de los ángulos del *hallux*

Tradicionalmente la forma de analizar la anatomía del primer radio ha sido mediante la medición de los ángulos formados en las diferentes articulaciones, pero hay algunos autores que cuestionan su validez debido a la variabilidad interobservador^{3,39,55,122,150,161} y a la infravaloración de los ángulos en medición

radiológica en comparación con los anatómicos *de visu*³³. Sin embargo, otros autores defienden que sí son ángulos reproducibles y útiles³⁹. El hecho es que, pese a la variabilidad que pueda haber, el estudio radiológico es de referencia en la planificación quirúrgica de las alteraciones del *hallux*. Así pues, aunque serán el dolor y la limitación para calzarse los aspectos que normalmente precipiten el tratamiento quirúrgico, será con la radiografía y las mediciones angulares hechas en ella con lo que se planificará con qué tipo de técnica quirúrgica obtendremos la mejor corrección. Por ello, es importante definir qué variabilidad angular es la normal o deseable.

4.1. Proyecciones radiológicas

Las deformidades del antepié se estudian inicialmente con radiología simple. Las proyecciones radiológicas recomendadas para estudiar las deformidades del antepié son las radiografías anteroposteriores en carga y lateral en carga, ya que haciendo radiografías en descarga solo podemos ver el marco óseo, pero no nos hacemos una idea real de cómo funciona el conjunto del pie cuando ponemos el peso del cuerpo sobre él, y tienen que entrar en funcionamiento estabilizadores dinámicos y estáticos que soportan la carga. Por lo tanto, las radiografías deben hacerse en carga porque el pie funciona habitualmente de esta forma. En estas radiografías podremos hacer una serie de mediciones radiológicas, que permitirán distinguir las desviaciones normales de las patológicas y hacer una planificación quirúrgica para reconstruir la morfología del pie acercándonos al modelo ideal.

4.2. Ángulos del *hallux*

- El **ángulo intermetatarsal (AIM)**, que se forma entre el 1^{er} y el 2^o metatarsiano, se considera normal cuando se sitúa por debajo de 9°. El HV se clasificará en leve cuando el AIM sea menor de 11°, moderado cuando el AIM este entre 11° y 16°, o severo cuando el AIM sea mayor de 16° (Fig 9)¹⁵⁷.

- El **ángulo metatarsofalángico o ángulo del *hallux* (AMTF)**, que se forma entre la línea de la diáfisis del 1^{er} metatarsiano y la línea de la diáfisis de la falange proximal del *hallux*. se considera patológico cuando es superior a los 15° (Fig 9)¹⁵⁵.
- El **ángulo de la superficie articular distal del primer metatarsiano o ángulo articular proximal (PASA o DMAA)**, que se forma entre la perpendicular al eje longitudinal del 1^{er} metatarsiano y la línea que conecta los extremos medial y lateral de la superficie articular del mismo, se considera normal cuando es inferior a 9° (Fig. 9)¹⁵⁷.
- El **ángulo de la superficie articular proximal de la primera falange o ángulo articular distal (DASA)**, que se forma entre la superficie articular de la falange proximal del *hallux* con el eje de la diáfisis de esta misma falange, se considera como normal cuando no supera los 10°. Cuando este ángulo aumenta consideramos la opción de realizar una osteotomía de Akin como gesto quirúrgico asociado o independiente (Fig 9)¹⁵⁷.
- El **ángulo interfalángico**, que se forma entre el eje de la diáfisis de la falange proximal y el eje de la diáfisis de la falange distal, se considera como normal cuando no supera los 10°. Cuando este ángulo está aumentado puede estar indicado realizar una osteotomía de Akin o una osteotomía de la falange distal en función de dónde se encuentre el origen de la deformidad (Fig 10)^{2,147}.
- El **ángulo de divergencia articular falángico (ADAF)**, que se forma entre la intersección entre la línea perpendicular a la faceta articular de la base de la falange proximal y la línea perpendicular a la faceta articular de los cóndilos de la falange proximal (Fig. 11)¹¹².
- El **ángulo de oblicuidad (AF1)** fue descrito por Sorto *et al.* (1976) como el ángulo entre la línea tangente a la superficie articular distal de la falange proximal

y la línea perpendicular al eje longitudinal de la diáfisis de la falange, se considera como normal cuando no supera los $3,6^\circ$ (Fig 10)¹⁴⁷.

- El **ángulo de asimetría (AF2)** fue descrito por Sorto *et al.* (1976) como el ángulo entre la línea tangente a la articulación proximal de la falange distal del *hallux* y la línea perpendicular al eje de la diáfisis de la falange, se considera como normal cuando no supera los $9,0^\circ$ (Fig 10)¹⁴⁷.
- El **ángulo de desviación articular (DA)** fue descrito por Sorto *et al.* (1976) como el ángulo que se forma entre las 2 líneas tangentes a la superficie articular distal de la falange proximal y la superficie articular proximal de la falange distal, se considera como normal cuando no supera los $0,8^\circ$ (Fig 10)¹⁴⁷.

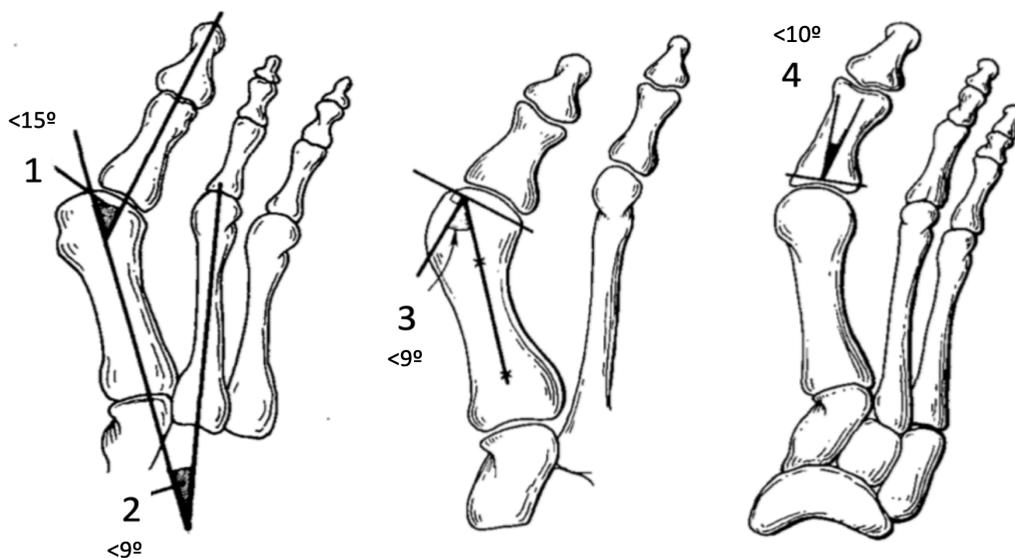


Figura 9: Ángulos proximales del 1^{er} radio: 1. Angulo intermetatarsal. 2. Angulo metatarso falángico. 3. PASA. 4. DASA (Adaptada de: Coughlin MJ. Hallux Valgus. J Bone Joint Surg Am. 1996 Jun;78(6):932-66⁽³⁴⁾)

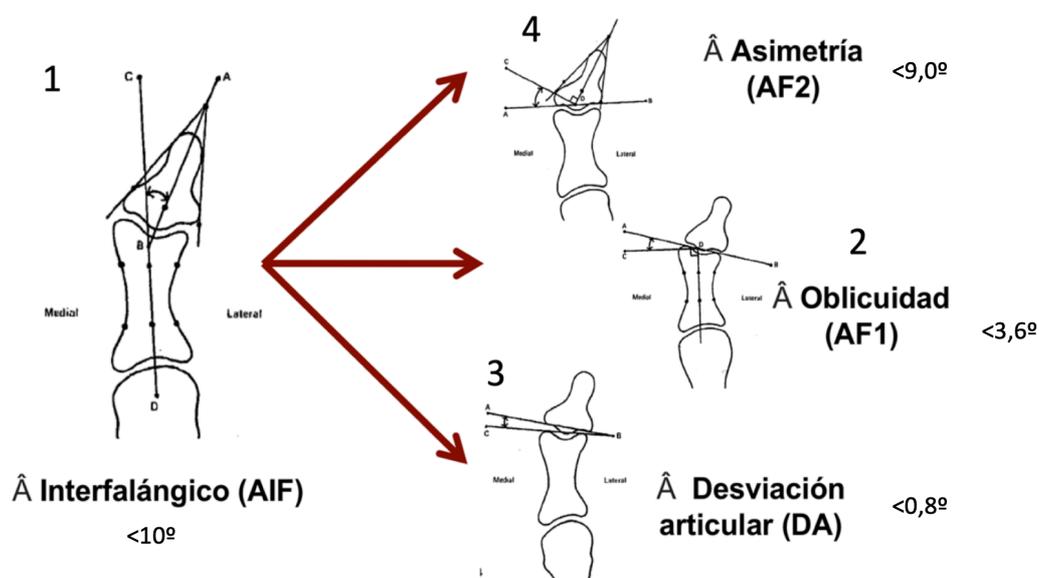


Figura 10: Ángulos distales del 1º radio: 1. Ángulo interfalángico (AIF). 2. Ángulo de oblicuidad (AF1). 3. Ángulo de desviación articular (DA). 4. Ángulo de asimetría (AF2). (Adaptada de: Sorto L, Balding M, Weil L, Smith S. Hallux abductus interphalangeus: Etiology, X-ray evaluation and Treatment. J Am Pod Assoc. 1976;66:384–96.⁽¹⁴⁷⁾)



Figura 11: Ángulo de divergencia articular fálangeo (ADAF). habitualmente inferior a 10° (Muñoz-Mahamud E, Méndez A, Poggio Cano D, Asunción Márquez J. Estudio clínico y radiológico del hallux valgus interfalángico. Revista del Pie y Tobillo. 2012;26(2): 28-33⁽¹¹²⁾)

4.3. Evolución natural y patológica de ángulos del *hallux*

Ángulos proximales:

El primer radio es inicialmente el más corto. Con el desarrollo del feto va adquiriendo protagonismo gracias a un crecimiento más rápido del 1^{er} metatarsiano, y un ritmo de crecimiento más lento de las falanges distales de los dedos laterales. Las falanges medias mantienen su longitud y las proximales siguen creciendo.

En el periodo prenatal la divergencia del 1^{er} y 2^o metatarsiano es de 32°, esta divergencia va disminuyendo a lo largo del desarrollo del feto hasta los 9° en el nacimiento y 6,2° en la vida adulta⁸⁰. ElSaid *et al.* (2006)⁵¹ describieron además un aumento del ángulo PASA con la edad. Asimismo, la torsión inicial del 1^{er} metatarsiano va disminuyendo hasta los 13° en el 1^{er} metatarsiano y 5° en el segundo. La posición del 1^{er} dedo en abducción en el embrión se atribuye a la desviación tibial de la cabeza del astrágalo y a la oblicuidad de la articulación de la primera cuña de hasta unos 45°. Durante el desarrollo del embrión, el lado tibial de la primera cuña se desarrolla más rápido que el lado peroneo haciendo que la oblicuidad desaparezca.

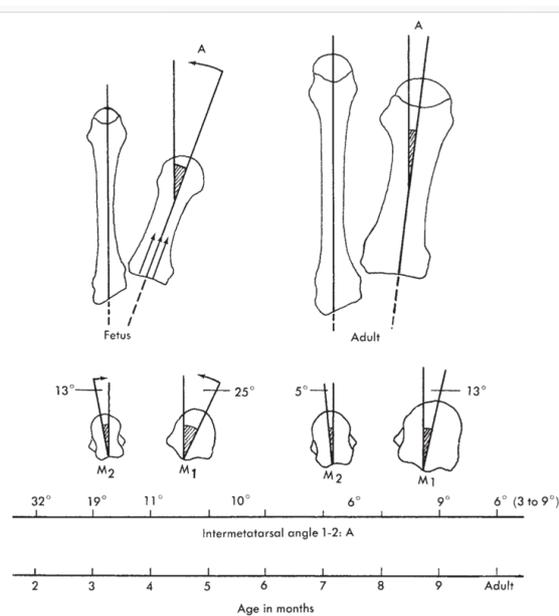


Figura 12: Ángulo intermetatarsal y de rotación de la 1^{er} metatarsiano durante el crecimiento. El AIM disminuye con el tiempo. El 1^{er} metatarsiano crece con más rapidez para llegar al tamaño del metatarsiano del sujeto adulto. (Tomado del libro Kelikian AS. *Sarrafián's Anatomy of the Foot and Ankle: Descriptive, Topographic, Functional*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2012.⁽⁸¹⁾)

Cuando el 1^{er} dedo se desvía en valgo más de 15° con respecto al primer metatarsiano se considera que hay un *hallux valgus*¹⁵⁷. Se considera que algunos de los factores predisponentes intrínsecos son la existencia de un primer radio largo (*index plus*), la existencia de un primer metatarso varo (i.e. un ángulo entre 1^{er} y 2° metatarsiano >9°). La orientación, forma, movilidad y estabilidad de la primera articulación cuneo-metarsiana (CM) puede influir en el grado de desviación angular del primer metatarsiano. Así, inclinaciones de la articulación CM tibiales mayores a 8°, la hiper movilidad o inestabilidad pueden facilitar la desviación en varo del 1^{er} metatarsiano. Solo el 2-3% de los pacientes con HV presentan una inestabilidad significativa en dicha articulación¹³⁰. También influye la superficie articular distal del 1MT que, siendo valga (PASA >15°) o curva facilita la deformidad, así como la pronación del antepié (asociada a pie plano), la inserción anómala del tibial posterior o la contractura del tendón de Aquiles⁴⁸.

Probablemente para que el 1^{er} dedo se desvíe en valgo tienen que confluír diversos factores. Parece que, inicialmente la presencia de algún factor externo contribuye a desviar el dedo hacia el lado peroneo, favoreciendo así a la distensión de la capsula medial de la articulación metatarsofalangica. En este punto, los tendones flexores y extensores del *hallux* se desplazan lateralmente, con ello empiezan a comportarse como una cuerda de arco que tienden a llevar la falange proximal del *hallux* en valgo. El primer metatarsiano comienza entonces a desviarse hacia el lado medial (lado tibial), empujado por la falange, luxándose con respecto a los sesamoideos (ya que estos quedan en su sitio, unidos al segundo metatarsiano que no se ha movido por el ligamento intermetatarsal) y dando lugar incluso a la pronación del 1MT. Se establece de esta forma la deformidad. Debido a la retracción de los ligamentos laterales y de los músculos flexores y extensores, y a la distensión de los ligamentos mediales, el dedo queda subluxado de forma irreductible (Fig. 13 y 14)¹²⁵. Cuando comenzamos a hacer

estudios radiológicos es frecuente que junto con la deformidad aparezcan exóstosis por tracción o fricción, que podrían o no ser patológicas. Además, la desviación del primer dedo puede acabar por empujar al segundo, pudiendo dar lugar a dolor metatarsal o dedos en garra del segundo radio.

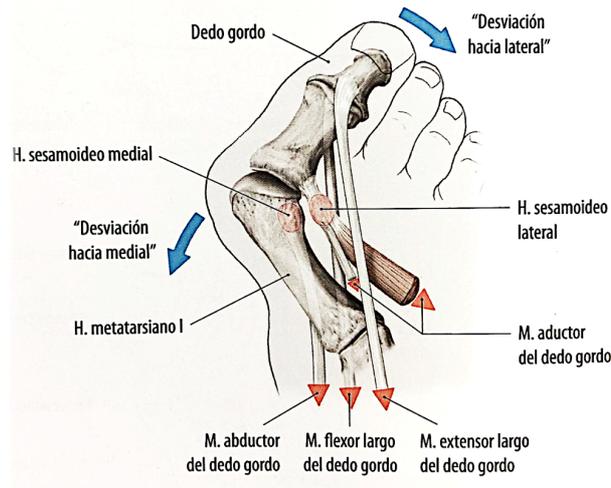


Figura 13: Patogenia de la deformidad en *hallux valgus*. (Tomado del libro Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K. *Prometheus: texto y atlas de anatomía*. Madrid: Editorial Medica Panamericana; 2005⁽¹⁴⁰⁾)

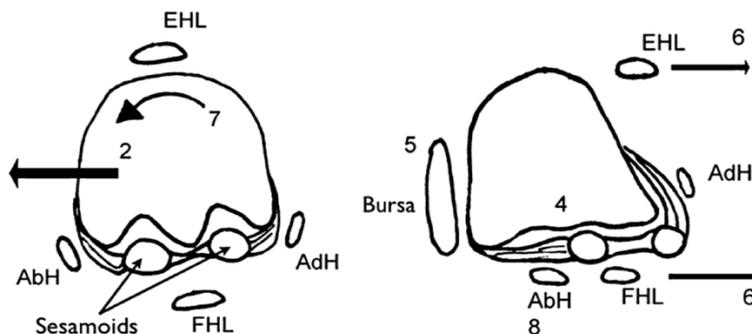


Figura 14: Alteraciones axiales en del HV. El primer metatarsiano se desplaza en sentido medial y en pronación dando lugar al desplazamiento lateral del abductor del hallux (ABH), del aductor del hallux (ADH), flexor largo del hallux (FHL), y el extensor largo del dedo gordo (EHL). La capsula medial se distienden y la bursa se engrosa dando lugar a dolor por la presión sobre la prominencia medial. Además, el sesamoideo medial erosiona la cresta que separa las articulaciones de los dos sesamoideo y la aplana. (Perera AM, Mason L, Stephens MM. *Current concepts review: The pathogenesis of hallux valgus*. *J Bone Joint Surg Am*. 2011; 93: 1650-61⁽¹²⁵⁾)

Ángulos distales:

En la literatura hay pocos artículos que analicen la normalidad de la desviación angular de los ángulos distales del *hallux* descritos por Sorto *et al.* (1976)¹⁴⁷ (AIF, AF1, AF2, y DA) en comparación con los proximales (AMTF, AIM, DASA y PASA). En general la falange distal del *hallux* y la articulación interfalángica son las grandes olvidadas del primer radio pese a ser fuente de patología que puede incluso requerir tratamiento quirúrgico¹⁶⁰. Se pueden encontrar en la literatura casos clínicos de patología traumática del la F2^{10,117}, patología inflamatoria⁵⁴, o patología tumoral¹⁴². Algunos autores han descrito alteraciones en valgo¹⁴⁷ o en hiperextensión⁴⁹ de la articulación interfalángica. No obstante, no hay muchos estudios que analicen la normalidad de la angulación de esta articulación, ni su alteración con el uso de calzado de punta estrecha que provoque una lateralización de la F2 por presión⁶². Tradicionalmente en los libros de anatomía y patología del pie el primer radio se muestra sin ninguna desviación con una perfecta alineación recta del 1MT, la F1 y la F2. Sin embargo, Griffiths (1902)⁶² ya describió una cierta desviación hacia el lado peroneo del primer dedo debida, según sus estudios en pies de esculturas griegas y esqueletos egipcios, a la desviación lateral de la falange distal del *hallux*. Barnett (1962)^{7,8} realizó una valoración de la desviación en valgo en sujetos sanos de Nueva Guinea que no utilizaban calzado y los comparó con niños británicos. Obtuvo una desviación en valgo media de la falange distal del *hallux* (AIF) de 9° en los niños de Nueva Guinea y 13° en los niños británicos, pero afirmó que el calzado no era responsable de esta desviación, sino que probablemente tenía relación con la marcha humana ya que esta desviación se ha observado en sujetos adultos, niños e incluso fetos de diferentes razas, pero no está presente en los primates. Barnett (1962)^{7,8} afirma que al final de la fase de despegue el pie tiene tendencia a rotar hacia el lado peroneo. El uso de calzado hace que disminuya la fricción ente los dedos pequeños y el suelo y por ello no se produce esta rotación hacia el lado peroneal del pie, dando

lugar a una torsión a nivel del pie forzando la compresión sobre el *hallux* y desviándolo hacia el lado peroneo^{7,8}.

Lelievre (1987)⁹⁵ también habla de una desviación peroneal del 1^{er} dedo, pero lo relaciona con un mayor crecimiento del lado tibial de la falange proximal que el lado peroneo (Fig.15). Esto da lugar a la llamada falange delta y a un aumento del ADAF descrito por Muñoz-Mahamud *et al.* (2017)¹¹², con una superficie articular oblicua y un valgo interfalángico salvo que la alteración quede compensada por una hipertrofia ósea del cóndilo interno (del lado tibial) de la F2. Muñoz-Mahamud *et al.* (2017)¹¹² argumentaron que la inclinación en valgo de la falange distal del *hallux* se debe a fuerzas de torsión sobre el primer dedo durante la fase final de despegue en la deambulación, que deforman el eje longitudinal de la F1^{40,112}. Se argumenta que esta desviación no parece depender del calzado, ya que se halla también en fetos humanos y recién nacidos¹⁶⁴, y se postula que la causa de la deformidad es una alteración del crecimiento de la F1 por causas traumáticas (como lesión tanto de la diáfisis como de la epífisis distal o de cóndilo proximal)^{22,40}, reumáticas (artritis psoriásica, gotosa o reumatoide)⁷⁶, neuropáticas (por alteración de la sensibilidad en los pies)⁷⁶, congénitas (síndrome H, que causa fibrosis de la dermis y el tejido subcutáneo, meloreostosis, fibrodisplasia osificante)^{43,85,108}, o iatrogénicas⁵⁴.

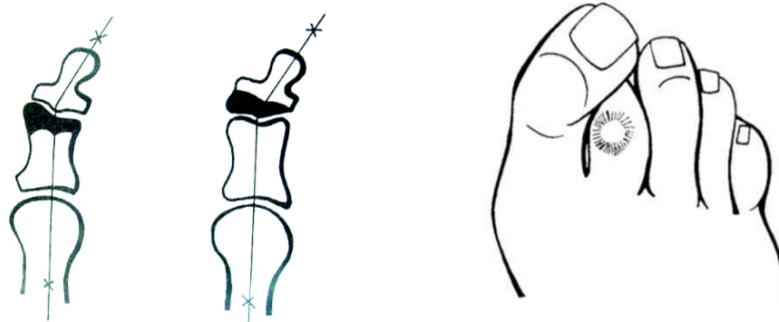


Figura 15: Valgo interfalángico provocado por el hipercrecimiento del lado tibial de la falange proximal o distal y la posible deformidad del 2º dedo secundaria (Tomado del Libro Lelievre J. Patología del pie; Barcelona: Ed. Masson SA; 1987. ⁽⁹⁵⁾)

Tanto Sorto *et al.* (1976)¹⁴⁵ como Muñoz-Mahamud *et al.* (2017)¹¹² describen una posible relación entre la angulación de la articulación interfalángica y la estabilidad metatarsofalángica. Argumentan que el aumento de la rigidez de la articulación MTF podría condicionar una desviación en valgo mayor del AIF. Muñoz-Mahamud *et al.* (2017)¹¹² analizaron 128 pies con valgo interfalángico de los cuales 114 casos eran de origen falángico y 14 de origen articular. Además, el 57% de los casos con valgo IF estaban asociados a un *hallux rigidus*, y solo el 14,8% a un *hallux valgus* metatarsofalángico.

4.4. Importancia de los ángulos del *hallux* en la elección de técnicas quirúrgicas.

En general, utilizamos las mediciones radiológicas como planificación a la hora de elegir que técnica quirúrgica nos permitirá realizar las correcciones angulares del *hallux* correctamente (Fig. 16):

- Osteotomías proximales del primer metatarsiano: Son de elección cuando tenemos HV severos con AIM mayores de 18° y sin alteración del ángulo PASA^{35, 37,100}.
- Osteotomías diafisarias del primer metatarsiano (osteotomía en Scarf): permiten corregir HV moderados con un AIM entre 11 y 18° con aumento del PASA, pudiendo realizar incluso alargamientos o acortamientos del primer metatarsiano^{10,11,12,15,44,50,58,60,88,143}.
- Osteotomías distales del primer metatarsiano (osteotomía en Chevron): en general solo están indicadas en HV leves con un AIM menor de 9°^{5,33, 87}. Sin embargo, algunos autores las consideran apropiadas para HV moderados de hasta 16°¹⁵⁷.
- Osteotomía de la falange proximal (osteotomía de Akin): está indicada para la corrección del valgo interfalángico y puede ser utilizada para corregir

alteraciones en pronación y para acortar la falange^{2,61,71,128,134,141}. Se suele usar en combinación con correcciones del 1er metatarsiano³¹.

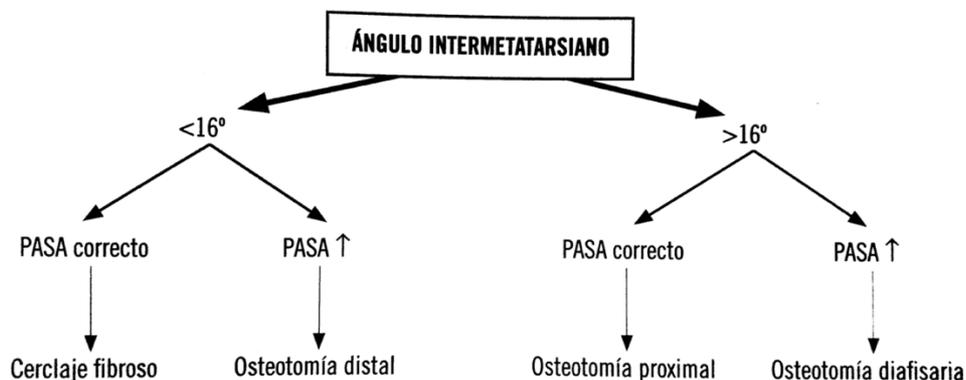


Figura 16: Protocolo terapéutico de las desviaciones angulares del 1º radio (Tomada del libro Viladot A, Viladot R. *Hallux valgus*. In: 20 lecciones sobre patología del pie. Barcelona: Mayo. 2011. P 119-135. ⁽¹⁵⁷⁾)

Coughlin (1996) describió que la corrección del HV solo a nivel de la articulación MTF estaba bastante limitada en deformidades que tenían grandes DASA³⁴. Raikin *et al.* (2014) también postularon que, si encontramos una alteración de DASA, la corrección debe ser a doble nivel (Fig. 17)¹³¹.

Por ello es importante conocer cómo evaluar estas mediciones angulares y en que rangos de normalidad debemos movernos a la hora de hacer las correcciones para no provocar mayor limitación al paciente a la hora de volver a calzarse.

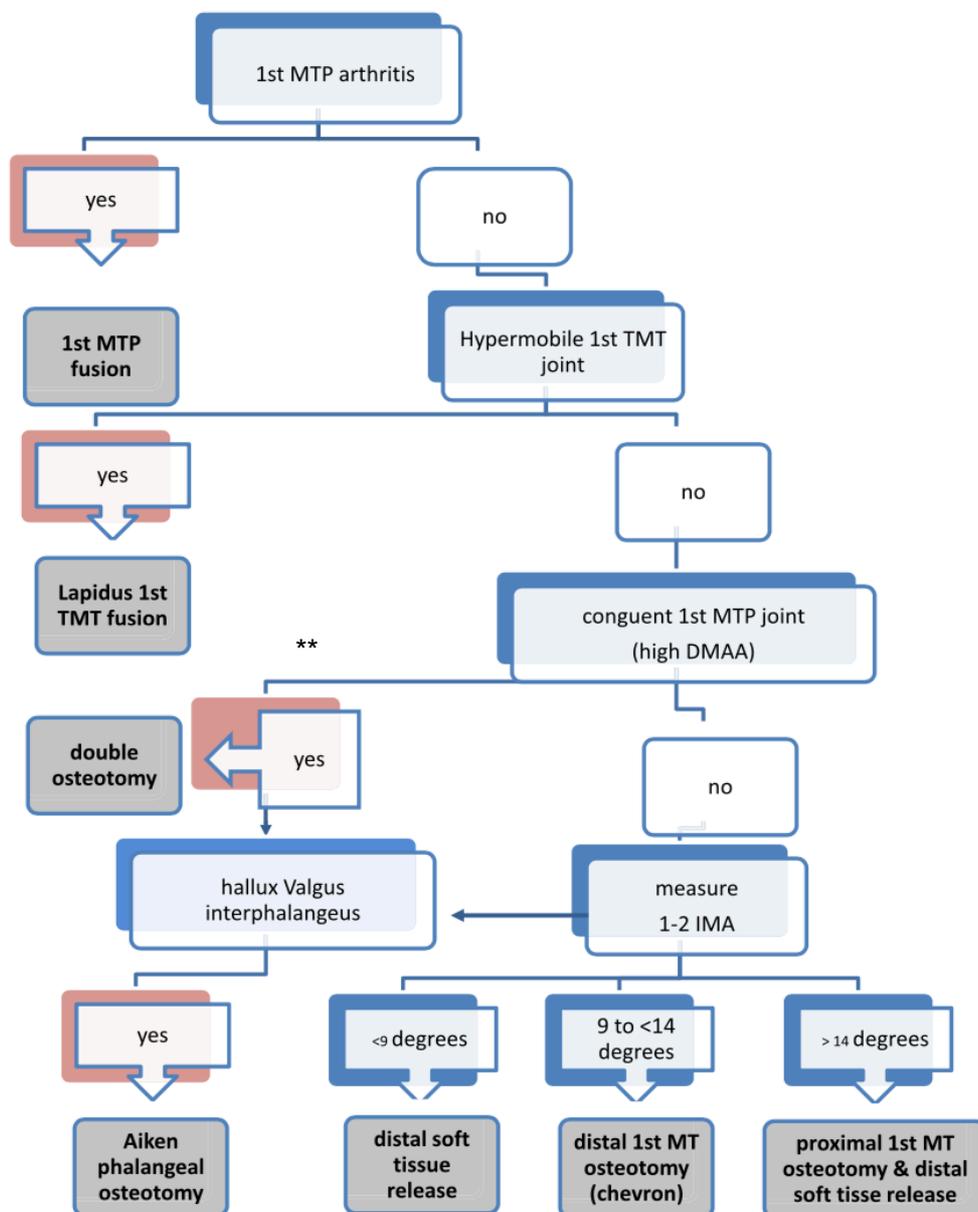


Figura 17: Algoritmo de tratamiento primario y de revisión de HV. (DMAA: DASA o ángulo articular distal, IMA: ángulo intermetatarsal, MT: metatarso, MTP: Metatarsofalangico, TMT: tarsometatarsal)
 ** Es frecuente hallar un DMAA (PASA) grande en HV juveniles o de la adolescencia, en los cuales para mantener la congruencia articular y una adecuada corrección es necesario hacer una doble osteotomía (en dos niveles y dos planos diferentes de la deformidad) para evitar la recurrencia o la degeneración artrósica. (Adaptada de: Recurrence of Hallux Valgus A Review. Raikin SM, Miller AG, Daniel J. Foot Ankle Clin N Am 19 (2014) 259–274⁽¹³¹⁾)

5. Presencia de exóstosis de F2

Las exóstosis son prominencias óseas aisladas que pueden aparecer en todas las partes del esqueleto y son consistentes con diversas afecciones clínicas y radiológicas^{63,92}. Los dedos de los pies y especialmente la falange distal (F2) del dedo gordo del pie son un lugar común donde observarlas.

El diagnóstico diferencial de una exóstosis de F2 incluye exóstosis subungueal, osteocondroma, verruga subungueal, granuloma piogénico, tumor glómico, carcinoma del lecho ungueal, melanoma subungueal, encondroma y uña encarnada entre otros⁷⁴.

La prominencia sintomática más conocida de la falange distal es la exóstosis subungueal. Ésta es una excrecencia de tejido óseo normal (a veces cubierto por una delgada lámina cartilaginosa) que causa un aumento de volumen firme debajo de la uña y que se desarrolla durante la adolescencia. Se desconoce si tiene una patogenia clara, ya que hay muchos factores involucrados, entre ellos: traumatismos, infecciones crónicas, tumores y anomalías hereditarias. Las exóstosis subungueales tienen una prevalencia muy baja en la población general⁶³.

En nuestra práctica diaria, prestando atención a las radiografías de los pacientes, hemos observado una prevalencia sorprendentemente alta de exóstosis en los lados medial o lateral de la falange distal del *hallux* (*Fig. 18*). Aunque están presentes en el 51,9% de la población^{154,109}, a menudo no están reconocidas en la literatura actual ni en los libros clásicos y tampoco son descritas en los informes radiológicos. Sin embargo, García Carmona *et al.* (2009)⁵⁷ clasificaron las exóstosis de la falange distal del *hallux* en 4 tipos: las tipo I (leve deformidad) con la placa ungueal mínimamente incurvada o normal y dolor distal asociado a un callo subungueal; las tipo II (exóstosis distales a la placa ungueal) con una hipertrofia de la zona distal de la falange que da lugar a una deformidad de la uña con moderada curvatura de la placa ungueal, ocasionalmente asociado a onicocriptosis; las tipo III (exóstosis debajo del lecho ungueal) con incurvación severa del lecho ungueal, y una distrofia severa de la placa ungueal distal,

con dolor y asociado a destrucción de la uña; y las tipo IV (del cóndilo medial o lateral) que puede asociar onicocriptosis y dolor en la parte lateral de la uña. Estas exóstosis tipo IV, sobresalen de los bordes medial o lateral de la base de la falange distal, justo distales al tubérculo medial y lateral; a veces, en lugar de una prominencia ósea real en el lado tibial, son simplemente un mayor crecimiento de la parte lateral epifisaria. Este crecimiento óseo se ha descrito como una variante normal que rara vez produce síntomas clínicos⁸⁰, o como un posible efecto de un traumatismo¹⁶⁶. Winter *et al.* (1989)¹⁶⁵ describieron un ligamento de soporte interóseo que se extiende desde el extremo distal de la falange y la zona metafisaria proximal en varios dedos de los pies de cadáver. El ligamento indicaba el límite entre el compartimento plantar y dorsal de la falange, pero no estaba conectado a ningún otro tejido blando y su función nunca se aclaró. Keats *et al.* (1988)⁸⁰ describieron estas excrecencias óseas en la base de la falange distal del primer dedo en la zona de inserción de los ligamentos colaterales y afirmaron que eran una variante de la normalidad que no producía ningún tipo de clínica. Lelièvre (1967) describió su resección utilizando un enfoque directo cuando fueran sintomáticas⁹⁴. Wu (1992)¹⁶⁶ consideró que estos crecimientos óseos eran secundarios a un traumatismo.

Pese a que suelen ser asintomáticas, pueden ser fuente de alteraciones cutáneas por roce y dolor, que se puede manifestar de forma primaria como un heloma blando o duro según su localización¹²⁹ o que pueden dar síntomas tras el tratamiento de un *hallux valgus*¹⁶⁰. El trabajo de Villas *et al.* (2009)¹⁶⁰ es la primera referencia de una exostosis medial de F2 sintomática intervenida. Tras encontrar varias exóstosis sintomáticas en la base de la falange distal en la práctica clínica (5 de las cuales requirieron cirugía) y al revisar la literatura, solo se hallaron dos estudios formales sobre la incidencia y el origen de estas exóstosis^{91,109}. En cualquier caso, no existe consenso entre la comunidad científica sobre su prevalencia en personas asintomáticas.



Figura 18: Exóstosis tibial de la F2 del *hallux*

6. Evolución del calzado y desarrollo de las deformidades en el *hallux*

El 24-41% de la población refiere presentar algún tipo de sintomatología en los pies^{59,132} y la patología del pie da lugar al 20% de las consultas en cirugía ortopédica⁶⁹. Además, algunos autores afirman que el dolor en el pie es un 40% más frecuente en mujeres⁷⁰. Según la SEMCPT (Sociedad Española de Medicina y Cirugía del Pie y Tobillo), las deformidades del *hallux* constituyen el 40-60% de los motivos de consulta de una consulta de pie. La patología del pie tiene una importante repercusión social y económica. En los Estados Unidos, la cirugía del primer radio da lugar a más de 200,000 operaciones por año.

El motivo de consulta más frecuente dentro de las alteraciones del *hallux* es la deformidad del primer radio con desviación medial (tibial) del 1MT y desviación hacia el lado peroneo del primer dedo del pie (*hallux valgus*) que se puede ver en la imagen radiográfica¹¹⁶. La deformidad se acompaña de un desequilibrio muscular y ligamentoso que puede causar deformidades secundarias como dedos en garra¹⁵⁷. La hiperqueratosis dolorosa secundaria a exóstosis de la falange distal (F2) del *hallux* también ha ganado importancia en los últimos años en la literatura y en las reuniones científicas del pie¹⁰⁹; y se han postulado como una posible fuente de complicaciones después de la corrección del *hallux valgus*¹⁵⁸.

La etiología de estos dos cambios en la anatomía del primer radio es multifactorial, con factores intrínsecos y extrínsecos que dan lugar a diferentes manifestaciones en diferentes individuos; es difícil aislar una sola causa^{27,103,107}. Se dice por tanto que es una afección de etiología desconocida, aunque se conocen algunos de los factores de riesgo. Tradicionalmente, un determinado componente genético se ha considerado al menos parcialmente responsable del desarrollo del *hallux valgus* (HV)^{77,89,127}. Sin embargo, un estudio reciente indica que no se observa herencia genética como tal, sino que los factores ambientales compartidos determinan el desarrollo de un HV¹¹³. Munteanu *et al.* (2017)¹¹³ estudiaron el desarrollo de *hallux valgus* en gemelos monocigóticos y dicigóticos, y la altura del tacón y la forma de la punta del zapato (Fig. 19) como factores de riesgo para el desarrollo de *hallux valgus*. Concluyeron que había un componente familiar en la prevalencia de *hallux valgus*, y que tener un gemelo afecto incrementaba por 4 la probabilidad de tener HV. Sin embargo, su análisis atribuye este incremento del riesgo a factores ambientales compartidos y no a la herencia de genes común¹¹³.

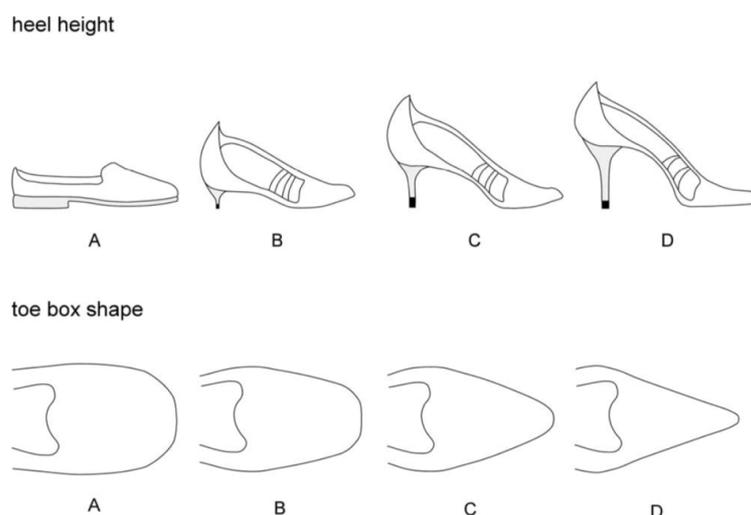


Figura 19: Distribución de Munteanu *et al.* de la altura del tacón y forma de la punta del calzado (Munteanu SE, Menz HB, Wark JD, Christie JJ, Scurrah KJ, Bui M, *et al.* *Hallux Valgus, By Nature or Nurture? A Twin Study.* *Arthritis Care Res (Hoboken)* [Internet]. 2017;69(9):1421–8.⁽¹¹³⁾)

En la serie descrita por Menz y Morris¹⁰⁴ (2005), el 13,7% de los sujetos utilizaba zapatos en casa con longitud más corta que la de sus pies, el 81,4% utilizaba zapatos en casa más estrechos que su pie y un 43,7% utilizaba zapatos en casa con menor superficie total que la de su pie. Así mismo referían que el 10,2% de los sujetos utilizaba zapatos en la calle con longitud más corta que la de sus pies, el 78,4% utilizaba zapatos en la calle más estrechos que su pie, y un 47,3% utilizaba zapatos en la calle con menor superficie total que la de su pie (Fig. 20)¹⁰⁴.

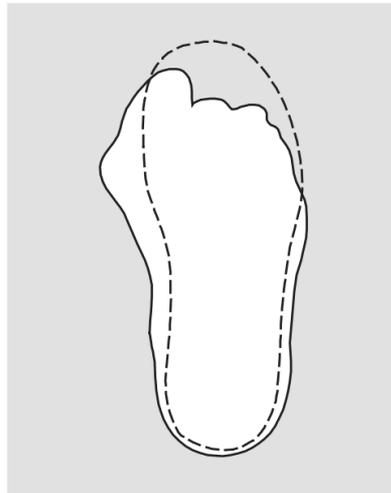


Figura 20: Ejemplo de la superficie del pie y del zapato en uno de los sujetos descritos en la serie de Menz (Menz HB, Morris ME. *Footwear Characteristics and Foot Problems in Older People*. *Gerontology* 2005;51:346–351⁽¹⁰⁴⁾)

Algunos autores sugieren que el uso de calzado de punta constrictiva produce presión en el aspecto medial (o tibial) del *hallux* y puede conducir a formaciones óseas reactivas a ese nivel¹⁰⁹ y a desviaciones en valgo del primer dedo del pie^{8,7,17,38,64,65,144,145}. Emslie (1939) describió una desviación en valgo de la falange distal del primer dedo en más del 80% de los niños de más de 2 años, que no estaba presente en los dedos de la mano, ni en niños que todavía no han llevado calzado cerrado⁵². Según él, la deformidad en valgo venía provocada por la utilización de calzado inadecuado y de punta constrictiva. Una vez establecida la deformidad, el EHL y el FHL favorecerían y

agravarían la deformidad al ver modificado su eje de tracción en cada contracción. Emslie (1939)⁵² terminaba su trabajo haciendo recomendaciones específicas en cuanto al tamaño, longitud, anchura, profundidad, y flexibilidad del calzado para prevenir las deformidades del pie en niños que posteriormente han sido estudiadas por Davis *et al.* (2015)⁴⁵. Coughlin (1995)³⁷ afirma que el 24% de los niños con HV de su serie tiene recuerdo de utilizar zapato constrictivo. Pese a la importancia concedida al tamaño y forma del pie para la elección del calzado en niños, esta preocupación no se traslada a la vida adulta. En la literatura solo se describen recomendaciones de los tipos de zapatos más adecuados para población añosa que ya ha desarrollado deformidades o patologías groseras en los pies (producto de alteraciones mecánicas, artritis reumatoide o diabetes mellitus)^{19,27,107}, o zapatos para deportistas^{28,110,114,115}. También son muy populares y en ocasiones controvertidas las publicaciones sobre el uso de tacón y el aumento de la presión plantar⁴². Es por esto que encontramos estudios en los que se afirma que el 24-41% de los adultos presenta dolencias asociadas al calzado que utilizan¹³² y otros en los que se afirma que el 44% de las mujeres prefiere utilizar un calzado que, aunque les provoque dolor, esté a la moda¹²⁶. La imagen y la moda resultan por tanto ser puntos más importantes a la hora de elegir calzado que la comodidad^{18,20}. Sin embargo, parece que para mujeres ancianas el concepto del confort vuelve a ser importante⁴⁶, aunque se sigue sin perder de vista el diseño estético. Cuándo se produce el cambio de criterio a la hora de elegir el calzado, es algo que está por determinar. Sin embargo, parece probable pensar que este cambio venga precipitado por el daño y alteraciones morfológicas que producen los zapatos de forma inapropiada, que hacen que su uso sea insostenible y aun más doloroso con la progresión de la deformidad. Es por ello por lo que se postula que el uso de zapato demasiado estrecho en la punta -en forma de V- en mujeres jóvenes es causa de alteraciones patológicas en el pie¹¹³. La utilidad del calzado ha cambiado a lo largo de los años, pasando de ser un elemento de protección y calor a ser un accesorio de moda que varía por tendencias de forma

cíclica¹⁰². La importancia del calzado como complemento de moda ha hecho que el uso de zapatos inapropiados en diseño y dimensiones para el tamaño y forma del pie sean la causa más frecuente de dolor en población adulta y favorece el *hallux valgus*, la metatarsalgia, las ulceraciones plantares o la fascitis plantar^{4,27,107,121,148}. Ferrari *et al.* (2004)³² alega que el uso de zapatos de punta estrecha en las poblaciones que utilizan calzado pueda ser la causa del aumento de la prevalencia de *hallux valgus* en estas poblaciones.

A pesar de haber encontrado diferencias entre los grupos de personas que usan calzado cerrado o abierto de forma regular, todavía existe cierta controversia porque algunos de estos estudios se realizaron comparando 2 grupos que, además de usar calzado diferente, eran de diferente etnia. Por ejemplo, Choi *et al.* (2015)²⁶ hallaron diferencias entre un grupo de mujeres de Corea y otro de una tribu Masái que tradicionalmente utiliza zapato abierto (Fig. 21)²⁶. Además, mientras algunos autores describen variaciones en los ángulos del *hallux* en función de la etnia²³ otros afirman que no hay tal diferencia étnica¹⁵².



Figura 21: Zapato tradicional Maasai de punta redondeada y abierta. (Tomada de: Choi JY, Babu H, Joseph FN, Stephanie S, Suh JS. Effects of wearing shoes on the feet: Radiographic comparison of middle-aged partially shod Maasai women's feet and regularly shod Maasai and Korean women's feet. *Foot Ankle Surg.* 2018; 24(4): 330-335⁽²⁵⁾)

Los estudios de normalidad del primer dedo del pie se han realizado de forma clásica en personas que usualmente utilizan zapatos cerrados. No hay muchos estudios en la literatura sobre la morfología del *hallux* en personas que caminan descalzos o usan zapatos abiertos^{25,26}.

El diseño del zapato no considera en general el hecho de que el ancho de la punta del zapato pueda causar cambios en la anatomía del antepié como dedos en garra o martillo, alteraciones de las uñas, *hallux valgus* y dolor al roce con el *bunion* o exóstosis dolorosa⁶⁴. Varios estudios han vinculado el desarrollo de *hallux valgus* con zapatos de punta estrecha, es decir, una anchura del espacio en el que se alojan los dedos pequeña^{56,105}. Munteanu *et al.* (2017)¹¹³ vincularon el desarrollo de HV con el uso de calzado de punta estrecha (Fig. 19) entre los 20 y los 39 años¹¹³. Sin embargo, no encontraron asociación con el uso de zapato de tacón.

Kato y Watanabe (1981)⁷⁹ observaron que la incidencia de HV aumentó con el abandono del calzado japonés tradicional (Fig. 22), que es ancho en la punta, y la introducción del zapato moderno tras la 2ª Guerra Mundial. No obstante, se ha visto que esta deformidad también aparece en poblaciones que nunca han utilizado calzado^{29,99}, por lo que no puede atribuirse la deformidad exclusivamente al uso de zapato inadecuado.

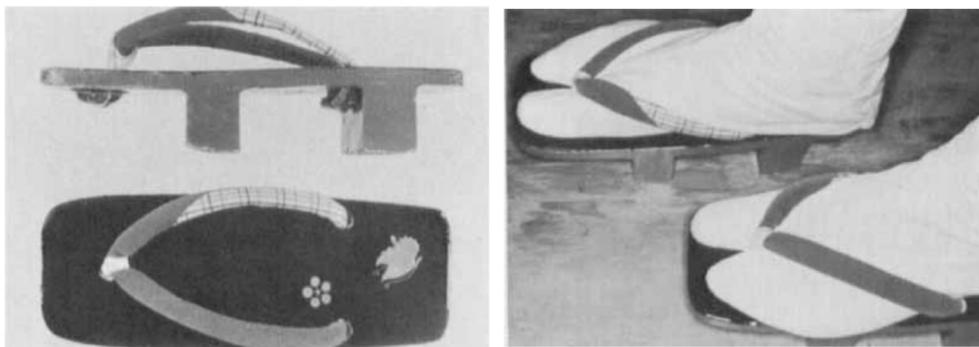


Figura 22: Calzado tradicional japonés (Kato T, Watanabe S. *The etiology of hallux valgus in Japan. Clin Orthop Relat Res.* 1981: 78-81⁽⁷⁸⁾)

La presencia de exóstosis de F2 no se describe en los libros clásicos o actuales de anatomía y, aunque ha sido objeto de algunos estudios, se desconoce su importancia clínica. Algunos autores sostienen que es la calcificación de la zona de inserción de un ligamento F2¹⁶⁵ y otros que es una formación ósea reactiva secundaria a la fricción causada por el zapato^{90,109}.

El problema del uso del calzado inadecuado trasciende más allá de si puede o no colaborar en el origen de algunas de las deformidades del antepié, ya que a pesar de indicar una técnica quirúrgica adecuada para la corrección del HV, la cirugía puede resultar fallida en algunos de nuestros pacientes intervenidos de HV, ya que la deformidad recidiva al volver a utilizar su zapato habitual.

6.1. Recidiva del HV: Prevalencia y etiología

La recidiva de HV tras una cirugía de corrección no es infrecuente, entre un 2,7-26% de los casos dependiendo de los autores^{83,93,120,132}, pero puede llegar incluso al 30% en los casos de metatarso aducto congénito¹. Se han descrito múltiples factores de riesgo para la recidiva del HV, incluyendo los factores anatómicos como la inmadurez esquelética, la hipermovilidad o hiperlaxitud de las articulaciones CM, MTF o IF, falta de la congruencia articular MTF con aumento del DASA; alteraciones sistémicas como artritis reumatoide, hipotiroidismo, gota; alteraciones neuromusculares o incluso accidentes cerebrovasculares; factores sociales como el tabaquismo, el uso de calzado con tacón o de punta estrecha; y factores quirúrgicos como la hipocorrección o la utilización de técnicas incorrectas¹³¹. Incluso, algunos autores afirman que se puede predecir la recidiva del *hallux valgus*, con mediciones en radiografías en descarga¹²⁴.

La mayoría de estos factores de riesgo no son controlables, pero sí lo es la elección del calzado postoperatorio. Coughlin (1995)³⁸ postuló el uso de zapato inadecuado como una de las causas de recidiva de HV, pero no especificó qué

considera un “zapato inadecuado”³⁸. El uso de zapato de punta estrecha está recogido como una de las posibles causas de recidiva del HV, pero tampoco hay una definición clara de qué se considera punta estrecha como para poder transmitírselo a los pacientes. Además, esto, en ocasiones, ni siquiera se le explica al paciente preoperatoriamente. Incluso, la vuelta a la utilización de “zapato habitual” postoperatoriamente (independientemente de si este es o no adecuado a la forma del pie) está considerado como uno de los factores de satisfacción en las escalas de valoración del pie (AOFAS). Por todo ello, las expectativas del paciente se ven frustradas cuando al volver a utilizar su zapato de punta estrecha habitual, el HV recidiva. Kilmartin y O’Kane (2010)⁸³ describieron la “imposibilidad para utilizar zapato habitual” como una queja subjetiva leve, moderada o severa en un 3%, 39%, 6,5% de los casos respectivamente, como causa de remisión al especialista para una cirugía de revisión del HV⁸³. Asimismo, estos autores consideran que no debe haber una restricción del calzado postoperatorio y que las variaciones en el calzado no constituyen un factor de riesgo para la recidiva⁸³. La realidad es que no hay muchos estudios que evalúen qué papel juega el calzado en la recidiva del HV, ni que evalúen el cumplimiento en la utilización de zapato de punta ancha tras la cirugía de HV.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

V. Hipótesis y Objetivos

1. Hipótesis

- La anatomía del 1^{er} radio del pie podría estar influida por el uso de zapato cerrado.
- El uso de zapato cerrado aumenta los ángulos del *hallux* ya que la presión en el lado tibial del dedo favorece la aparición del HV.
- La exostosis de F2 es un proceso reactivo, de formación ósea, secundario a la presión en la zona tibial o peronea de F2. Está presente como hallazgo casual en un porcentaje importante de la población y solo adquiere significación clínica cuando por alguna razón (corrección de *hallux valgus*, utilización de zapatos de punta cerrada) se aumenta la presión en esa zona.

2. Objetivos

- Valorar el potencial efecto de utilizar zapato de punta cerrada sobre la anatomía del *hallux*.
- Determinar la variabilidad anatómica del primer radio del pie en población que habitualmente no utiliza zapato cerrado y en otra que lo usa ocasionalmente.
- Valorar la presencia de exóstosis en la falange distal de primer dedo del pie y su asociación con la variación de ángulos del *hallux*, con la edad y el tipo de calzado.

MATERIAL Y MÉTODOS

VI. Material y Métodos

1. Diseño del proyecto

1.1. Tipo de estudio

Se diseñó un estudio descriptivo analizando tres poblaciones: una que utiliza zapato de punta cerrada, otra que utiliza zapato de punta abierta y otra que utiliza una combinación de ambos, con el objetivo de comprobar las diferencias radiológicas entre ambos.

1.2. Criterios de inclusión

Pacientes que cumplan las 2 condiciones siguientes:

- Requerir estudios radiográficos dorso-plantar en carga del pie por alguna razón ajena al 1^{er} radio.
- No tener antecedentes quirúrgicos relacionados con el pie.

1.3. Grupos

Se han dividido los pacientes en 3 grupos de estudio:

- Grupo A: Pacientes congoleños que utilizan calzado abierto.
- Grupo B: Pacientes congoleños que ocasionalmente han usado calzado cerrado (grupo mixto).
- Grupo C: Pacientes de nuestro centro que utilizan calzado cerrado

1.4. Diseño del proyecto:

- Objetivo 1: Determinar las mediciones de los ángulos del *hallux*.

- Medición de los ángulos propuestos en radiografías dorso-plantares en carga del pie con goniómetro y negatoscopio.
- Determinar si hay variaciones en los ángulos propuestos entre el grupo que utiliza calzado abierto, el que utiliza calzado cerrado y el grupo mixto.
- Valorar si alguna de ellas se ve influida por la fórmula metatarsal, la fórmula digital o la forma de la falange distal.
- Análisis estadístico para determinar posibles correlaciones entre las variables angulares.
- Objetivo 2: Determinar la presencia de exóstosis.
 - Valorar la presencia de exóstosis en radiografías dorso-plantares en carga del pie en negatoscopio.
 - Determinar si hay variaciones en la presencia de exostosis entre el grupo que utiliza calzado abierto, el que utiliza calzado cerrado y el grupo mixto.
 - Determinar posibles correlaciones entre la presencia de estas exóstosis y los ángulos del *hallux* propuestos.
 - Valorar si su presencia guarda relación con la fórmula metatarsal, la fórmula digital, o la forma de la falange distal.

1.5. Recolección de datos:

Se recogieron los datos anonimizados en una base de datos en Excel ®, distribuidos por grupos:

- Grupo **A**: Dispusimos de 60 radiografías de pacientes que solo utilizan calzado **a**bierto.
- Grupo **B**: Dispusimos de 135 radiografías de pacientes que habitualmente utilizan zapato abierto, pero ocasionalmente utilizan zapato cerrado

- Grupo **C**: Dispusimos de 229 radiografías que habitualmente utilizan calzado cerrado.

Las radiografías en todos los grupos eran de pacientes que acudían a la consulta por problemas no relacionados con el *hallux*. Las radiografías de los pacientes de grupo C pertenecen a una base de datos del departamento de Cirugía Ortopédica y Traumatología de la Clínica Universidad de Navarra. El reclutamiento de los pacientes de los grupos A y B se ha llevado a cabo en la República Democrática del Congo en colaboración con el Dr. JJ. Echarri del Hospital de Monkole en Kinshasa.

1.6. Variables recogidas

Se han recogido los siguientes datos descriptivos, epidemiológicos y morfológicos de los pacientes de nuestra muestra:

- Edad
- Sexo
- Lado (pie derecho o izquierdo)
- Mediciones angulares
- Fórmula digital
- Fórmula metatarsal
- Morfología de la falange distal del *hallux*
- Presencia de exóstosis en la base de la falange distal del *hallux*

En cuanto a la lateralidad respecto a la línea media, nos referiremos a la zona medial como tibial y a la zona lateral como peronea para evitar confusiones de terminología.

2. Mediciones angulares en radiografía

Todas las mediciones radiológicas se han realizado en radiografías simples en proyección dorso-plantar del pie en carga. Para asegurar la reproductibilidad de las imágenes, la radiografía se debe hacer con el paciente de pie y con el pie colocado sobre la placa radiológica, con la rodilla en extensión. El eje de rayos X y el chasis deben estar centrados sobre el 2º metatarsiano a una angulación de 15º y a una distancia de 1,15m para conseguir una imagen perpendicular de los metatarsianos. Las mediciones se han realizado sobre placa radiológica con goniómetro por un mismo observador, para evitar la variabilidad interobservador, y quedándonos con la media de 3 mediciones para evitar la variabilidad intraobservador^{32,135}. Hay que asumir que es inevitable que haya cierta imprecisión por el posicionamiento del paciente en el chasis, la distancia y la inclinación del tubo de rayos X^{12,94}. Los ángulos registrados fueron los siguientes:

2.1. Ángulo intermetatarsal:

Ángulo entre el eje de la diáfisis del 1º y el 2º metatarsiano (Fig. 23).

2.2. Ángulo metatarsofalángico:

Ángulo entre el eje de la diáfisis del 1º metatarsiano y el eje de la diáfisis de la falange proximal del *hallux* (Fig. 23).

2.3. Ángulo de la superficie articular distal del primer metatarsiano (DMAA) o ángulo articular proximal (PASA):

Ángulo entre la perpendicular de la línea que conecta los extremos medial y lateral de la articulación distal del 1º metatarsiano y su eje longitudinal (Fig. 23).

2.4. Ángulo Superficie Articular Proximal de la primera falange o Ángulo Articular Distal (DASA):

Ángulo entre la perpendicular de la superficie articular proximal de la falange proximal del *hallux* y el eje de la diáfisis de esta misma falange (Fig. 23).

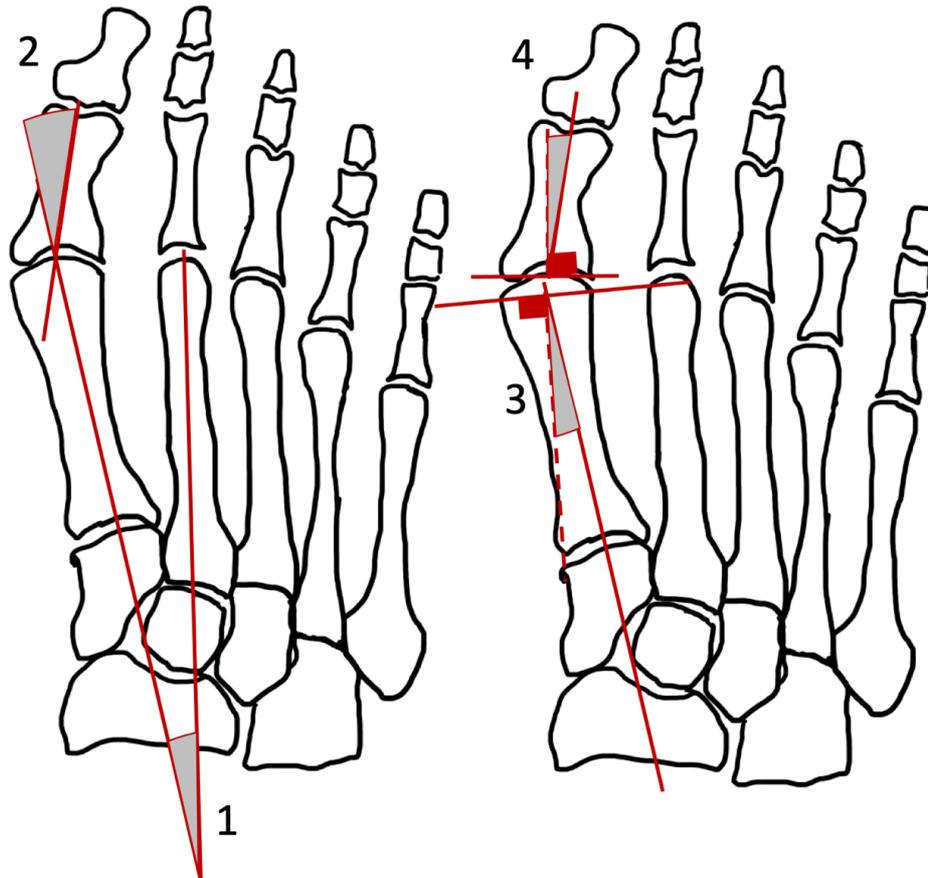


Figura 23: Ángulos proximales del 1 radio: 1. Angulo intermetatarsal. 2. Angulo metatarso falángico. 3. PASA. 4. DASA

2.5. Ángulo interfalángico (AIF):

Ángulo entre el eje de la diáfisis de la falange proximal y el eje de la diáfisis de la falange distal (Fig. 24).

2.6. Ángulo de asimetría de la falange distal (AF2):

Ángulo entre la línea tangente a la articulación proximal de la falange distal del *hallux* y la línea perpendicular al eje de la diáfisis de la falange (Fig. 24).

2.7. Ángulo de oblicuidad de la falange proximal (AF1):

Ángulo entre la línea tangente a la superficie articular distal de la falange proximal y la línea perpendicular al eje longitudinal de la diáfisis de la falange (Fig. 24).

2.8. Ángulo de desviación articular (DA)

Ángulo entre las 2 líneas tangentes a la superficie articular distal de la falange proximal y la superficie articular proximal de la falange distal (Fig. 24).

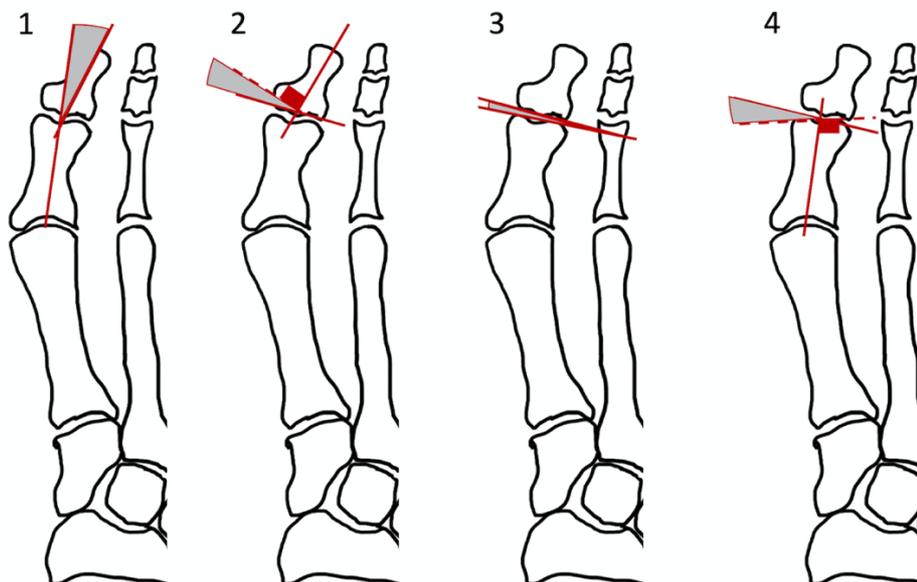


Figura 24: Ángulos distales del 1º radio: 1. Ángulo inferfalángico (AIF). 2. Ángulo de asimetría (AF2). 3. Ángulo de desviación articular (DA). 4. Ángulo de oblicuidad (AF1).

3. Estudió de la morfología del pie

Se analizó también la fórmula digital y fórmula metatarsal, siguiendo el siguiente esquema:

3.1. Fórmula digital

- Pie cuadrado: el *hallux* es igual de largo que el segundo dedo y los demás van haciéndose más cortos a medida que se alejan del segundo (Fig. 25 A).
- Pie griego: el *hallux* es más corto que el segundo dedo y cada uno de los siguientes va haciéndose más corto en relación al segundo dedo (Fig. 25 B).
- Pie egipcio: el *hallux* es más largo que el segundo y los demás van acortándose progresivamente (Fig. 25 C).

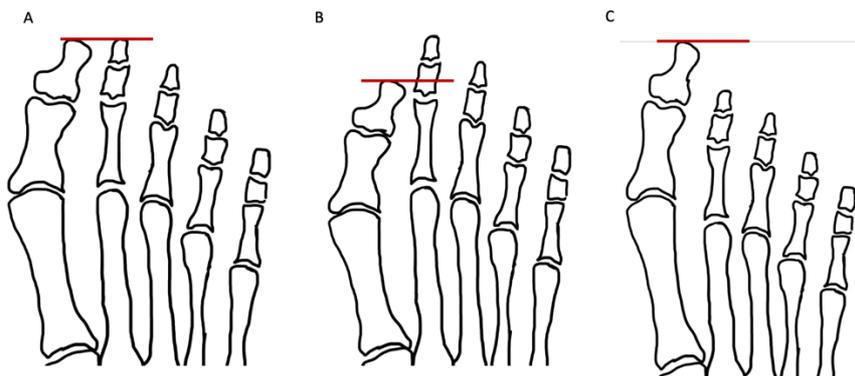


Figura 25: Fórmula digital: A. Pie cuadrado; B. Pie griego; C. Pie egipcio

3.2. Fórmula metatarsal

- índex plus-minus: el primero y el segundo metatarsiano son de longitud similar (Fig. 26 A).
- índex minus: el primer metatarsiano es más corto que el segundo y los demás son cada vez más cortos (Fig. 26 B).
- índex plus: el primer metatarsiano es más largo que el segundo y los que le siguen. (Fig. 26 C).

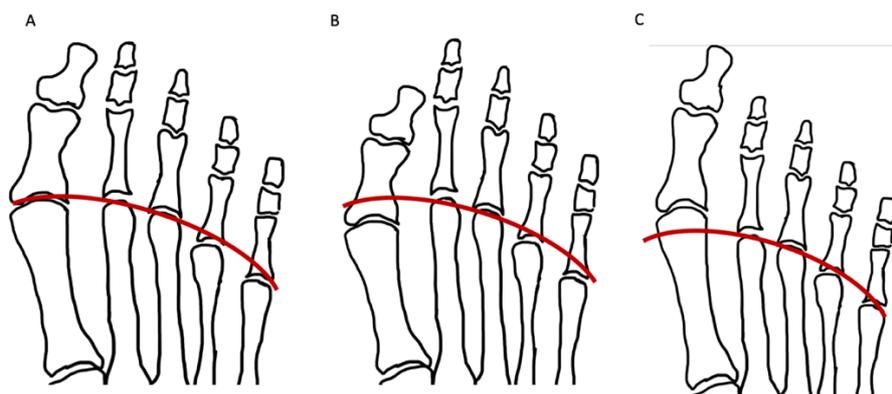


Figura 26: Fórmula metatarsal: A. *Índex plus-minus*; B. *Índex minus*; C. *Índex plus*

4. Estudio de la presencia de exóstosis de F2

Se estudió la presencia de excrecencias óseas en el lado tibial y peroneo de la F2 del *hallux* y se clasificaron en función de lo su localización en:

- Exóstosis tibial (Fig. 27 A),
- Exóstosis peronea (Fig. 27 B),
- Exóstosis bilateral (Fig. 27 C),
- Sin exóstosis (Fig. 27 D).

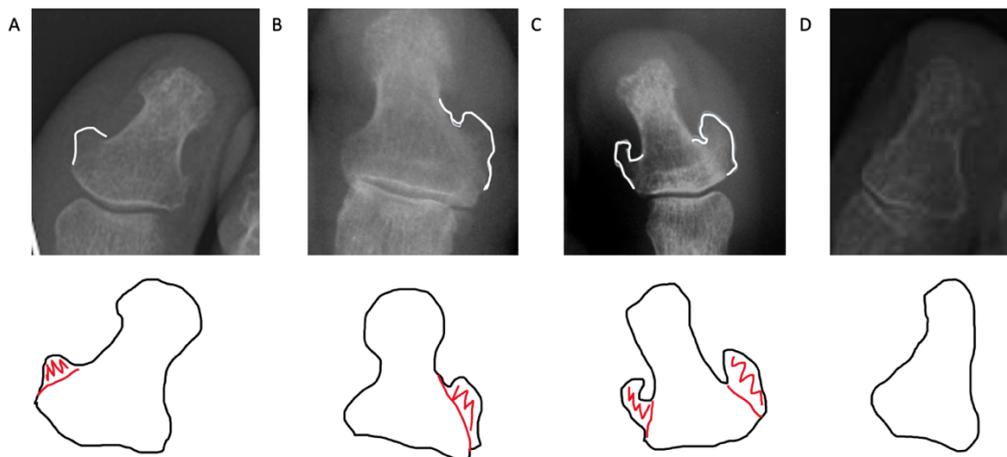


Figura 27: A. Exóstosis tibial, B. Exóstosis peronea, C. Exóstosis bilateral, D. Sin exóstosis.

5. Estudio de la morfología de F2

5.1. Morfología de F2

Se estudió la forma de F2 y se clasificó en función de su morfología en:

- Longitudinal: La longitud de la diáfisis de la falange es desproporcionada con respecto al resto de estructuras y la tuberosidad distal se afina a continuación de la diáfisis (Fig 28 A).
- Piramidal: Son falanges con una base desproporcionalmente ancha en comparación con la diáfisis y una diáfisis estrecha que se hace progresivamente más estrecha y termina en una tuberosidad distal pequeña (Fig. 28 B).
- Clásica: Es la falange descrita en textos clásicos de anatomía con una base ancha que se continua con una diáfisis corta y termina en la zona distal con una tuberosidad distal ungueal ancha y redondeada (Fig. 28 C).

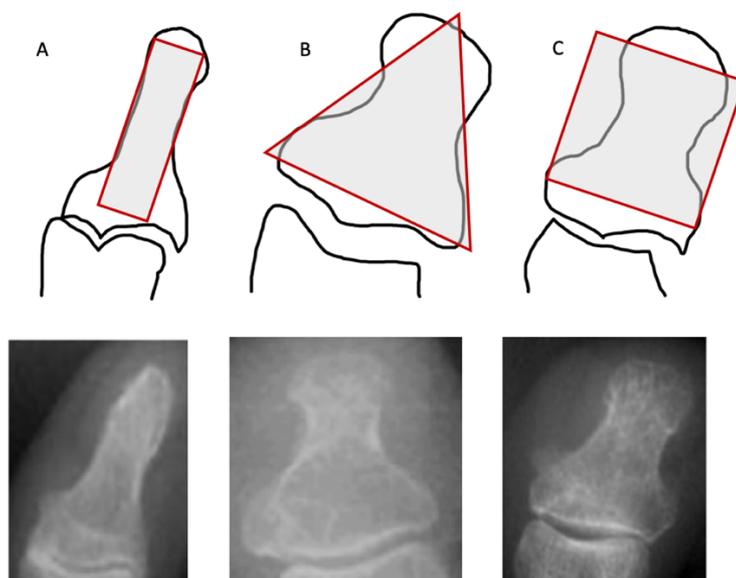


Figura 28: Clasificación morfológica de la falange distal del hallux (A. Longitudinal, B. Piramidal, C. Clásica)

6. Análisis estadístico

6.1. Pruebas de normalidad

La normalidad de las variables cuantitativas se verificó con el test de Shapiro-Wilkis y las pruebas de normalidad “pnorm”³⁰ y “qnorm”¹⁶³.

6.2. Análisis descriptivo

En las variables cuantitativas con distribución normal se realizó un análisis descriptivo en forma de media (desviación estándar) con sus rangos.

6.3. Pruebas de contraste

La comparación de medias (mediciones angulares) se realizó de la siguiente forma:

- Entre dos grupos independientes se realizó con t de student (en función de la presencia o no de exóstosis)
- Entre más de dos grupos se realizó con ANOVA (en función del tipo de calzado, la fórmula metatarsal y la fórmula digital) seguida del test de Bonferroni para las comparaciones entre subgrupos.

En caso de no cumplir los anteriores criterios, se utilizó el test de Kruskal-Wallis

La correlación entre la presencia de exóstosis y las variaciones angulares se estudió con un test de Kruskal Wallis por no cumplir los criterios del test paramétrico *Oneway* ANOVA.

El análisis de distribución de proporción (proporción de exóstosis entre grupos) se realizó con el test de χ^2 (chi cuadrado). Los resultados se presentarán como porcentajes.

Se utilizó una regresión lineal simple para valorar la influencia de variables continuas (influencia de la edad en las variaciones angulares).

Todos los test de hipótesis se realizaron a dos colas con $\alpha = 0.05$. El nivel de significación tomado fue de $p = 0.05$. Todos los análisis se realizaron con STATA 12.0

RESULTADOS

VII. Resultados

1. Análisis descriptivo de la muestra

1.1. Distribución por tipo de calzado

La distribución por grupos según el tipo de calzado fue la siguiente:

Tipo de Calzado:	Grupo A: Zapato de punta abierto	Grupo B: Zapato de punta abierta y cerrada	Grupo C: Zapato de punta cerrada
Frecuencia	60 (14%)	135 (31%)	229 (55%)
Edad media	29,5º años (15,4)	36,1 años (14,0)	36,8 años (23,9)
Sexo (Mujeres: Varones)	60:0	135:0	229: 186
Lateralidad (Izq:Drch)	25:35	69:66	115:114

Tabla 1: Distribución y datos demográficos de los sujetos en cada grupo en función del tipo de calzado

Los 186 varones del grupo C fueron eliminados del estudio porque no pudimos encontrar varones en los otros grupos y pensamos que podrían suponer un factor de confusión a la hora de analizar los datos. Finalmente, se incluyeron 424 pacientes de los cuales 60 pertenecían al grupo A, con una media de edad de 30 años (DE: 15), de un área rural del Congo y que utilizaban zapato de punta abierta; 135 pertenecían al grupo B, con una media de edad de 36 (DE 14), de un área urbana del Congo y que utilizaban una combinación de zapato abierto y cerrado indistintamente; finalmente, 229 pertenecían al grupo C, con una media de edad de 37 años (DE: 24), de nuestra clínica en España y que utilizaban habitualmente zapato de punta cerrada.

1.2. Distribución etaria:

Se realizó una distribución por grupos etarios para dividir cada una de las poblaciones en pacientes con hueso inmaduro, pacientes de edad media, y pacientes de edad adulta en los que comenzamos a ver cambios artrósicos. Con el objetivo de dividir la población con menor tamaño muestral (el grupo de pacientes que utilizaba zapato abierto) en tres grupos con muestra suficiente y siguiendo los criterios de división antes descritos, se eligió hacer los siguientes grupos para las tres poblaciones: pacientes menores de 19 años, pacientes entre 20-37 años, y pacientes mayores de 37 años. Siguiendo este criterio el 25% de la muestra quedaría en el primer y último grupo etario y manteniendo el 50% de la muestra en el grupo central de >19 y <37 años.

La distribución por edades fue la siguiente:

Edad	Frecuencia	Porcentaje
Edad <19	126	30 %
Edad 19-37	111	26 %
Edad >37	187	44 %
Total	424	100 %

Tabla 2: Número de sujetos por grupo etario

La distribución por edades en las 3 poblaciones (en función del tipo de calzado usado) fue la siguiente:

Edad	Grupo A:	Grupo B:	Grupo C:	Total
	Zapato de punta abierta	Zapato de punta abierta y cerrada.	Zapato de punta cerrada	
<19	17	17	92	126
20-37	29	64	18	111
>37	14	54	119	187
Total	60	135	229	424

Tabla 3: Número de sujetos por grupo de edad, en función del tipo de calzado.

1.3. Morfología del pie

La morfología del pie fue descrita con la fórmula digital y fórmula metatarsal.

La distribución en la *fórmula digital* general fue la siguiente:

	Frecuencia	Porcentaje
Pie Egipcio	227	55.8%
Pie Cuadrado	138	33.9%
Pie Griego	42	10.3%
Total	407	100%

Tabla 4: Número de sujetos en cada grupo de fórmula digital

En 17 pacientes no fue posible determinar la fórmula digital.

La distribución en la *fórmula digital* por grupos en función del tipo de calzado fue la siguiente:

FD	Grupo A: Zapato de punta abierta	Grupo B: Zapato de punta abierta y cerrada.	Grupo C: Zapato de punta cerrada
Pie Egipcio	42 (70.0%)	64 (54,7%)	121 (52,8%)
Pie Cuadrado	15 (25,0%)	40 (33,9%)	83 (36,2%)
Pie Griego	3 (5%)	14 (11,9%)	25 (10.9%)
Total	60 (100%)	135 (100%)	229 (100%)

Tabla 5: Numero de sujetos en cada grupo de fórmula digital en función del tipo de calzado.

La distribución en la *fórmula metatarsal* general fue la siguiente:

	Frecuencia	Porcentaje
<i>Índex plus</i>	64	15,1%
<i>Índex minus</i>	137	32,3%
<i>Índex plus-minus</i>	223	52.6%
Total	424	100%

Tabla 6: Número de sujetos en cada grupo de fórmula metatarsal

La distribución en la *fórmula metatarsal* por grupos en función del tipo de calzado fue la siguiente:

FM	Grupo A: Zapato de punta abierta	Grupo B: Zapato de punta abierta y cerrada.	Grupo C: Zapato de punta cerrada
<i>Índex plus</i>	2 (3.3%)	8 (5,9%)	54 (23,6%)
<i>Índex minus</i>	31 (51.7%)	31 (23,0%)	75 (32,8%)
<i>Índex plus-minus</i>	27 (45.0%)	96 (71,11%)	100 (43.6%)
Total	60 (100%)	135 (100%)	229 (100%)

Tabla 7: Numero de sujetos en cada grupo de fórmula metatarsal en función del tipo de calzado.

2. Estadística inferencial: ángulos radiológicos del 1º radio.

La media de los ángulos radiológicos descritos en los tres grupos fue de:

	Media	Desviación estándar (DE)	Rango
Edad	36,0 años	21,6 años	2-88 años
AIM	9,4°	3,8°	0°-30°
AMTF	15,9°	10,9°	-10°-58°
DASA	5,0°	3,2°	-5°-19°
DMAA_PASA	5,2°	4,2°	-10°-26°
AIF	11,4°	5,0°	0°-30°
AF1	2,0°	2,1°	-5°-15°
AF2	7,7°	4,1°	-3°-25°
DA	1,9°	2,0°	-5°-13°

Tabla 8: Medias de los ángulos medidos en grados (°) y desviaciones estándar (DE) de la edad y cada uno de los ángulos medidos en radiografía.

2.1. Variaciones angulares en función del tipo de calzado

La media de los ángulos radiológicos descritos para cada uno de los tres grupos independientemente fue de:

Ángulos	Grupo A:	Grupo B:	Grupo C:
	Zapato de punta abierta	Zapato de punta abierta y cerrada.	Zapato de punta cerrada
N	60	130	229
AIM	10,1° (2,2)	9,7° (2,2)	9,3° (4,2)
AMTF	7,7° (5,6)	10,3° (7,5)	18,6° (11,2)
DASA	4,7° (2,7)	3,9° (2,5)	5,2° (3,3)
PASA	4,0° (2,9)	4,4° (3,9)	5,5° (4,4)
AIF	9,3° (3,6)	11,7° (5,5)	11,7° (5,0)
AF1	2,7° (2,4)	2,5° (3,2)	1,7° (1,6)
AF2	4,5° (3,3)	8,2° (4,1)	8,0° (4,1)
DA	3,4° (1,7)	1,4° (2,3)	1,9° (1,9)

Tabla 9: Medias de los ángulos medidos en grados (°) y desviaciones estándar (DE) de la edad y cada uno de los ángulos medidos en radiografía, en función del tipo de calzado.

Se observaron diferencias de al menos 1° en los ángulos AMTF, DASA, PASA, AIF, AF1, AF2, DA. Estas diferencias solo fueron estadísticamente significativas ($p < 0,05$) para los ángulos AMTF, AIF, AF2 (en rojo en la tabla 9).

AMTF

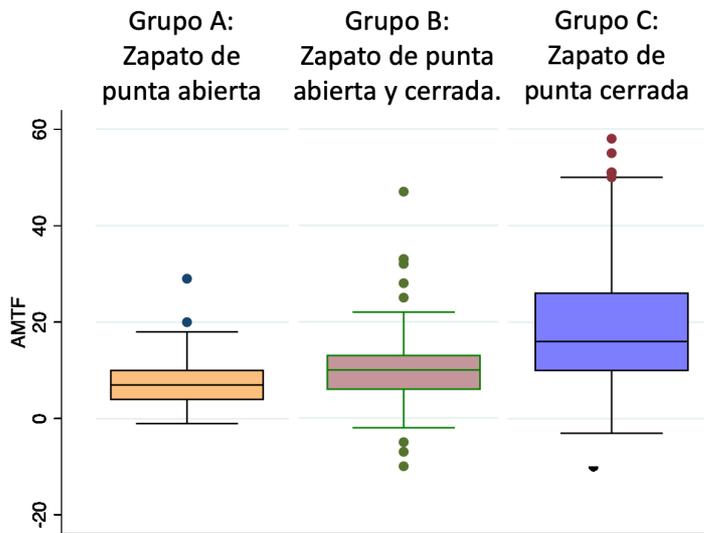


Figura 29: Variación del AMTF (en grados) en función del tipo de calzado.

AIF

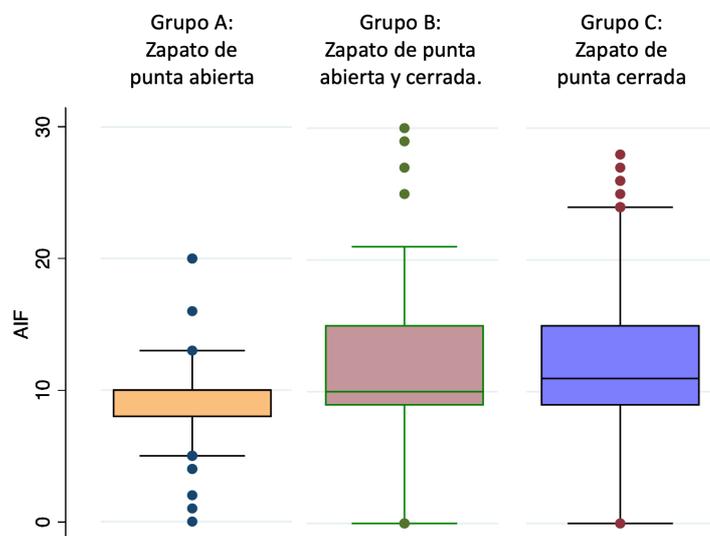


Figura 30: Variación del AIF (en grados) en función del tipo de calzado.

AF2

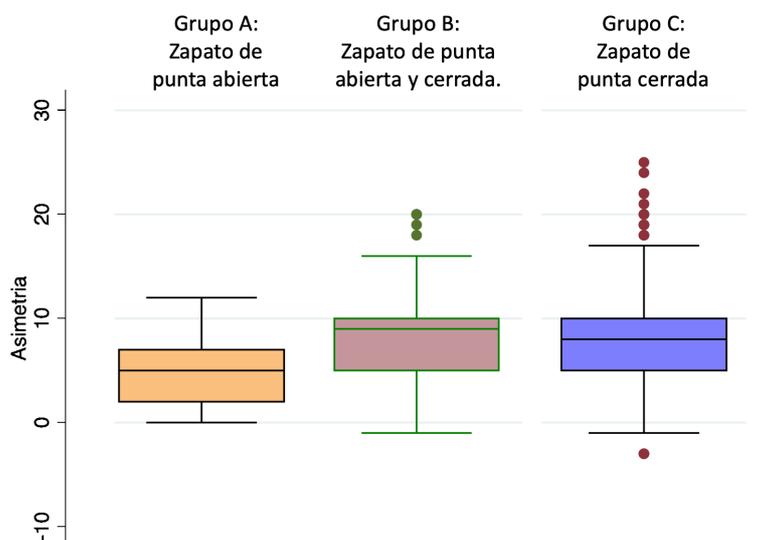


Figura 31: Variación del AF2 (en grados) en función del tipo de calzado.

2.2. Variaciones angulares en función de la edad

Se analizaron, también, las diferencias angulares en función de los grupos de edad:

Ángulos	Edad <19	Edad 19-37	Edad >37
AIM	8,7° (3,1)	9,4° (3,0)	9,9° (4,3)
AMTF	11,6° (7,8)	12,3° (8,1)	20,6° (11,7)
DASA	4,6° (2,9)	4,9° (2,8)	5,4° (3,5)
PASA	4,8° (3,8)	4,5° (3,3)	6,0° (4,6)
AIF	12,2° (4,5)	11,2° (5,3)	10,1° (4,7)
AF1	2,2° (1,8)	2,2° (2,8)	1,8° (2,0)
AF2	8,2° (4,0)	7,6° (4,4)	6,8° (3,9)
DA	2,2° (1,8)	1,8° (2,2)	1,6° (1,7)

Tabla 10: Medias de los ángulos medidos en grados (°) y desviaciones estándar (DE) por grupos de edad.

Observamos que:

- Los ángulos AMTF, AIF y AF2 se ven influidos por la edad de forma estadísticamente significativa ($p < 0,05$, en rojo en la tabla 10), observándose en

el AMTF una correlación positiva (el ángulo aumenta con la edad) y en el caso de los AIF y AF2 una correlación negativa (los ángulos disminuyen con la edad).

- Los ángulos AIM, DASA, PASA, AF1 y DA no se ven influidos por la edad.

AMTF

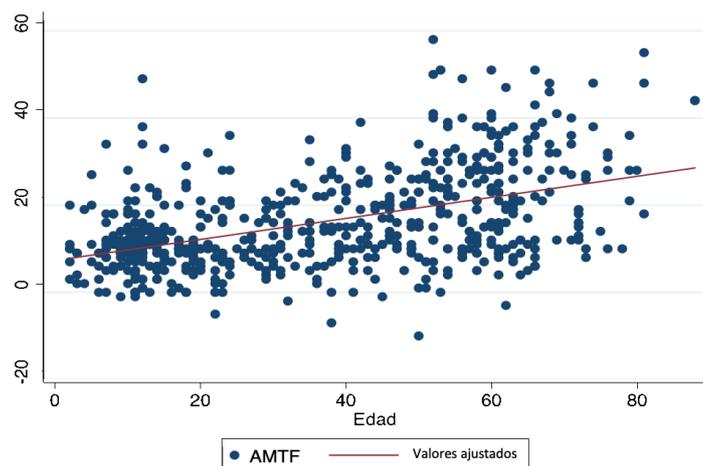


Figura 32: Correlación positiva del AMTF con la edad.

AIF

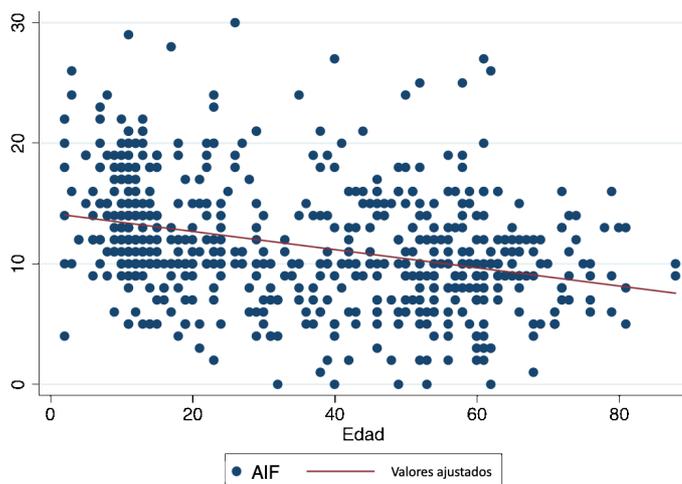


Figura 33: Correlación negativa del AIF con la edad

AF2

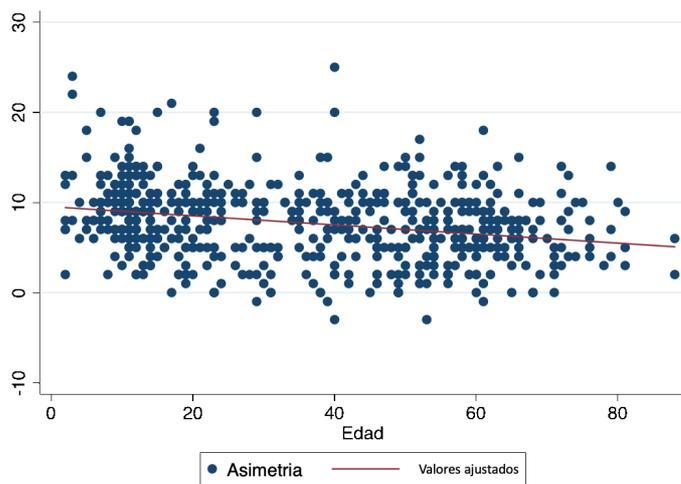


Figura 34: Correlación negativa del AF2 con la edad

Dadas las diferencias en las medias de edades en cada uno de los grupos, se disgregaron las medias angulares en función de la edad y el grupo al que pertenecen, siendo el resultado el siguiente:

Edad (años)	Grupo A: Zapato de punta abierta			Grupo B: Zapato de punta abierta y cerrada			Grupo C: Zapato de punta cerrada		
	<20	20-38	>38	<20	20-38	>38	<20	20-38	>38
Media de Edad (DE)	17años (2)	24años (6)	54años (10,9)	10años (3,6)	29años (6,3)	58años (10,2)	14años (3,3)	30años (4,6)	50años (8,3)
AIM	9,7° (1,2°)	10,1° (2,3°)	10,0° (2,6°)	14° (3,3)	30° (4,6)	50° (8,3)	10° (3,6)	29° (6,3)	58° (10,1)
AMTF	7,2° (4,1°)	6,7° (4,9°)	10,4° (7,8°)	9,9° (2,4)	9,8° (1,8°)	9,5° (2,6°)	8,5° (3,2°)	8,0° (4,4°)	10,1° (4,7°)
DASA	5,3° (2,6°)	4,3° (1,9°)	4,5° (4,0°)	10,5° (7,4)	10,3° (6,9°)	10,5° (8,3°)	11,5° (7,2°)	20,0° (6,5)	23,9° (11,3°)
PASA	3,2° (2,7°)	4,1° (3,0°)	5,0° (2,9°)	4,8° (2,0)	4,2° (2,5°)	3,3° (2,7°)	4,3° (2,9°)	6,5° (3,4°)	5,8° (3,5°)
AIF	9,4° (3,7°)	9,1° (3,6°)	10,0° (2,5°)	2,8° (3,3)	4,8° (3,7°)	4,5° (4,2°)	4,6° (3,7°)	4,4° (3,0°)	6,4° (4,9°)
AF1	3,2° (2,3°)	2,7° (2,6°)	2,4° (2,3°)	12,8° (6,0)	11,9° (5,5°)	11,1° (5,6°)	14,0° (4,5°)	11,9° (5,8)	9,9° (4,5°)
AF2	4,0° (2,8°)	4,9° (3,9°)	4,6° (2,9°)	2,7° (2,4)	2,4° (3,4°)	2,7° (3,3°)	2,2° (1,7°)	1,5° (1,7°)	1,5° (1,4°)
DA	3,6° (1,2°)	3,1° (1,6°)	3,6° (1,4°)	9,9° (4,5)	8,3° (3,8°)	7,7° (4,4°)	9,5° (3,7°)	8,6° (4,8°)	6,7° (3,9°)

Tabla 11: Medias de los ángulos en grados (°) y desviaciones estándar (DE) por grupos de edad en función del tipo de calzado.

Sin embargo, al disgregar el análisis en función del tipo de zapato, observamos lo siguiente:

- El AMTF guarda relación con la edad de forma estadísticamente significativa ($p < 0.05$, en rojo en la tabla 11) solo en el grupo que utiliza calzado cerrado siguiendo la fórmula $AMTF = 9,1 + 0,25 \times \text{Edad}$

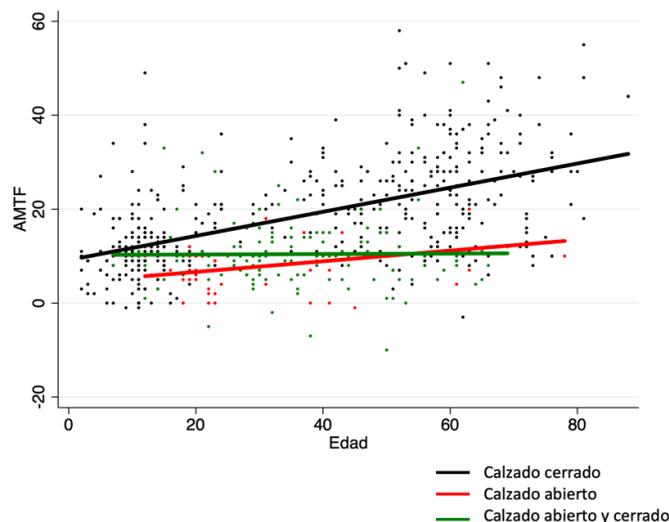


Figura 35: Relación estadísticamente significativa entre AMTF y edad solo en grupo que utiliza calzado cerrado de forma habitual (Grupo C).

- El AIF disminuye con la edad de forma estadísticamente significativa ($p < 0,05$, en rojo en la tabla 11) solo en el grupo que utiliza calzado cerrado, siguiendo la fórmula $AIF = 13,1 - 0,04 \times \text{Edad}$

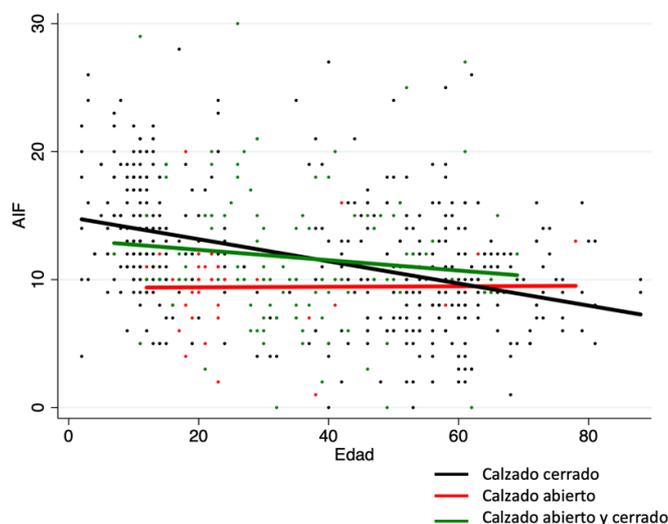


Figura 36: Relación estadísticamente significativa entre AIF y edad solo en grupo que utiliza calzado cerrado de forma habitual (Grupo C).

- El AF2 disminuye con la edad de forma estadísticamente significativa ($p < 0,05$, en rojo en la tabla 11) solo en el grupo que utiliza calzado cerrado, siguiendo la fórmula $AF2 = 10,1 - 0,05 \times \text{Edad}$

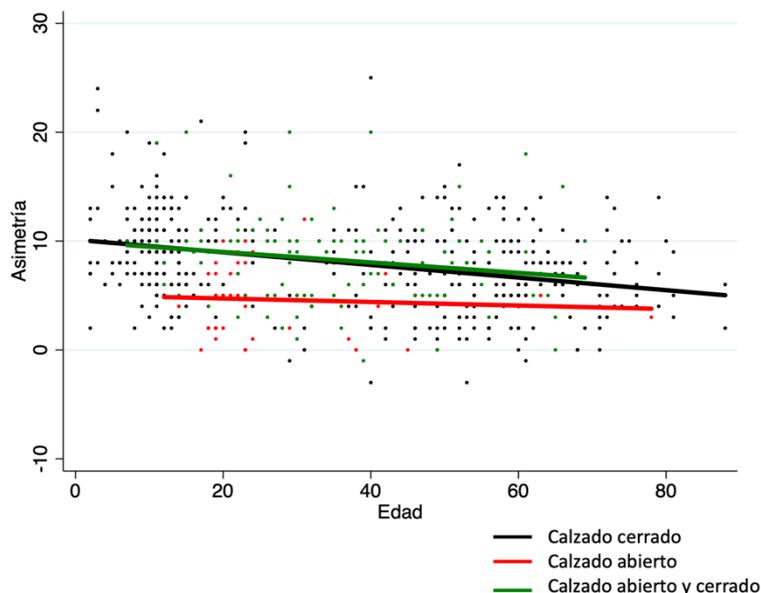


Figura 37: Relación estadísticamente significativa entre AF2 y edad solo en grupo que utiliza calzado cerrado de forma habitual (Grupo C).

En el resto de los grupos (pacientes que utilizan calzado abierto o calzado abierto y cerrado) los cambios atribuibles a la edad son menores del 5%. Por ello podríamos inferir que los cambios no se deben tanto a la edad *per se*, sino a la cantidad de tiempo que se ha utilizado el zapato cerrado de forma continua.

2.3. Relación de las variaciones angulares

En el análisis de correlación entre los distintos ángulos (AIM, AMTF, DASA, PASA, AIF, AF2, AF1 y DA) se obtuvieron los siguientes resultados:

	AIM	AMTF	DASA	PASA	AIF	AF2	AF1	DA
AIM	1							
AMTF	0,37	1						
DASA	-0,04	0,19	1					
PASA	0,23	0,48	0,00	1				
AIF	-0,18	-0,29	-0,04	-0,14	1			
AF2	-0,23	-0,20	0,00	-0,13	0,77	1		
AF1	0,00	-0,24	-0,08	-0,07	0,44	-0,02	1	
DA	0,05	-0,12	-0,01	-0,05	0,34	-0,06	0,16	1

Tabla 12: Tabla de correlación entre los ángulos AIM, AMTF, DASA, PASA, AIF, AF2, AF1 y DA

En este análisis se obtuvo una correlación estadísticamente significativa ($p < 0.05$, en rojo en la tabla 12) solo en los siguientes ángulos:

- AIM con:

- AMTF: según la fórmula $AIM = 7,4 + 0,13 \times AMTF$

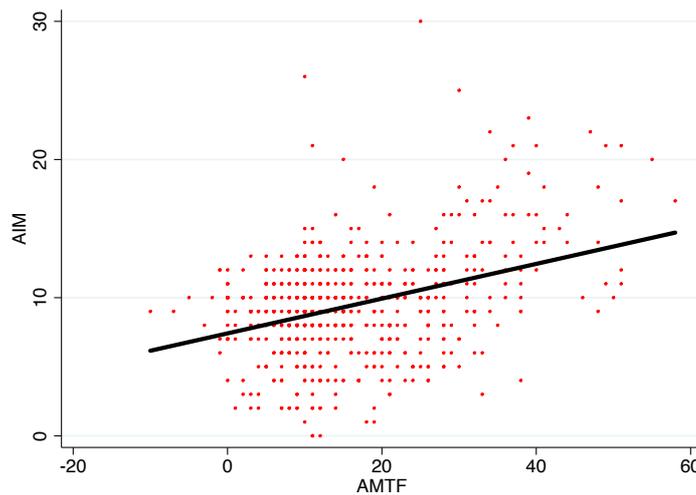


Figura 38: Correlación positiva entre el AIM y el AMTF que sigue la ecuación $AIM = 7,4 + 0,13 \times AMTF$

- PASA: según la fórmula $AIM=8,4+0,20 \times PASA$

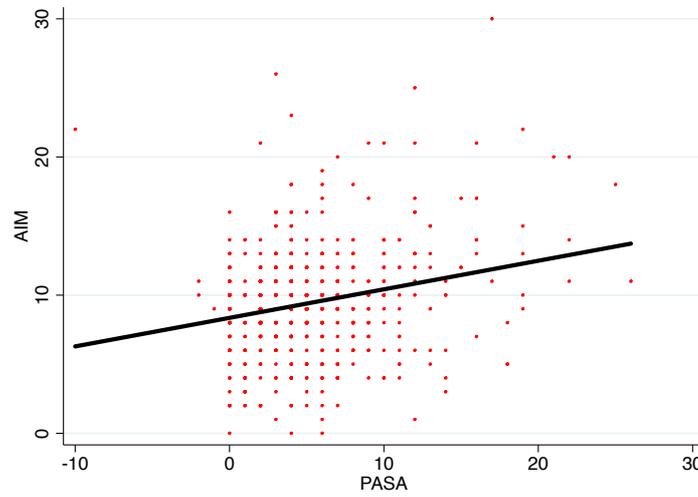


Figura 39: Correlación positiva entre el AIM y el PASA que sigue la ecuación $AIM=8,4+0,20 \times PASA$

- AF2: según la fórmula $AIM=11,1-0,2 \times AF2$

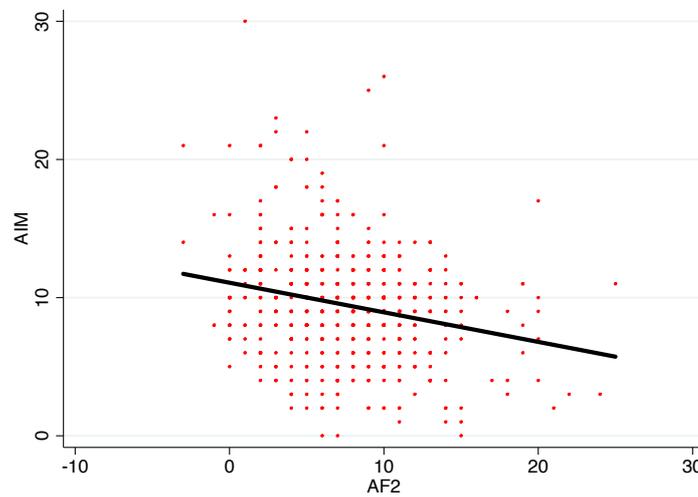


Figura 40: Correlación negativa entre el AIM y el AF2 que sigue la ecuación $AIM=11,1-0,2 \times AF2$

- AMTF con:
 - PASA: según la fórmula $AMTF=1,2+9,5xPASA$

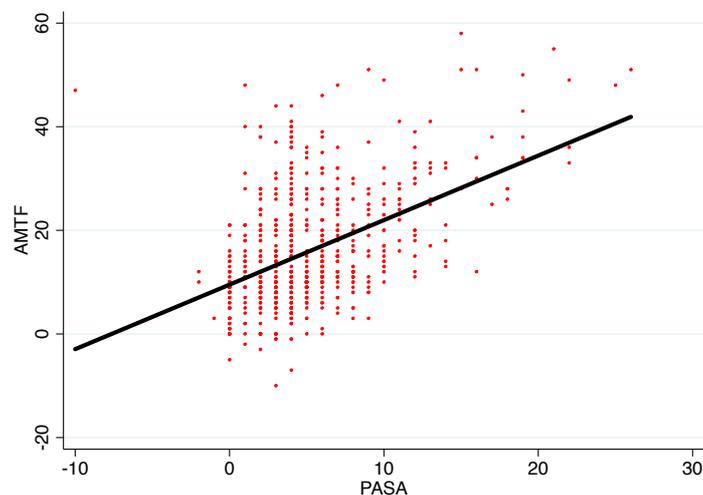


Figura 41: Correlación positiva entre el AMTF y el PASA que sigue la ecuación $AMTF=1,2+9,5xPASA$

- DASA: según la fórmula $AMTF=12,7+0,64xDASA$

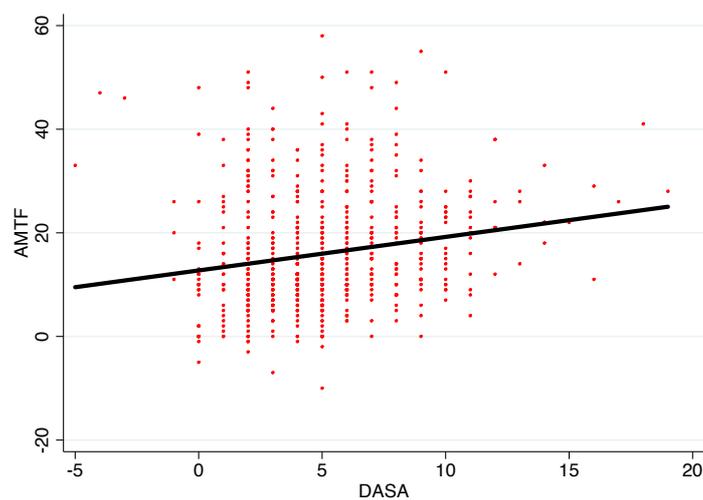


Figura 42: Correlación positiva entre el AMTF y el DASA que sigue la ecuación $AMTF=12,7+0,64xDASA$

- AIF: según la fórmula $AMTF=23,3-0,6 \times AIF$

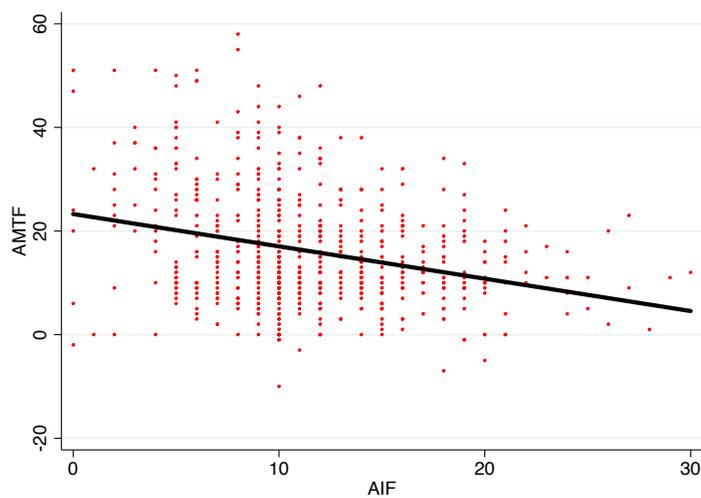


Figura 43: Correlación negativa entre el AMTF y el AIF que sigue la ecuación $AMTF=23,3-0,6 \times AIF$

- AF1: según la fórmula $AMTF=18,5-1,2 \times AF1$

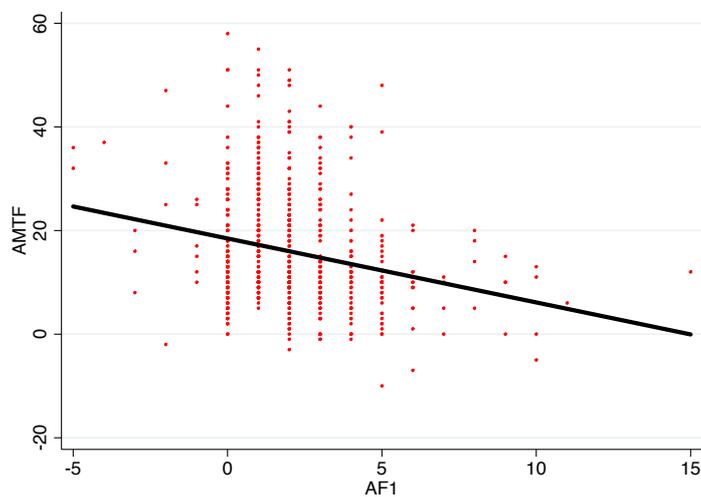


Figura 44: Correlación negativa entre el AMTF y el AF1 que sigue la ecuación $AMTF=18,5-1,2 \times AF1$

- AF2: según la fórmula $AMTF=20,1-0,5xAF2$

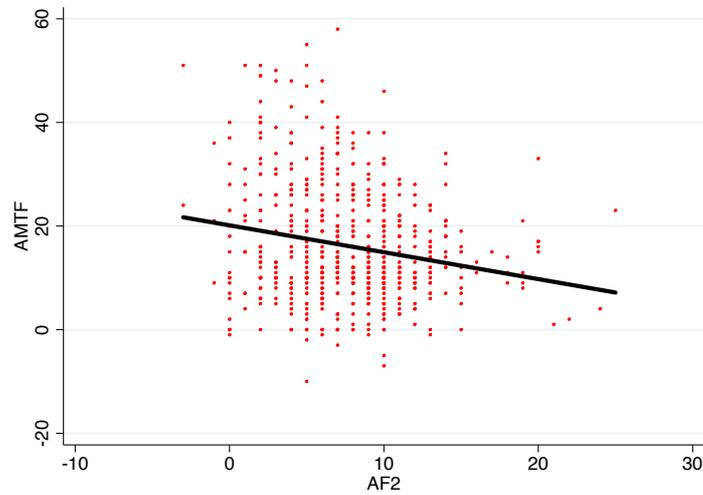


Figura 45: Correlación negativa entre el AMTF y el AF2 que sigue la ecuación $AMTF=20,1-0,5xAF2$

- DA: según la fórmula $AMTF=17,1-0,58xDA$

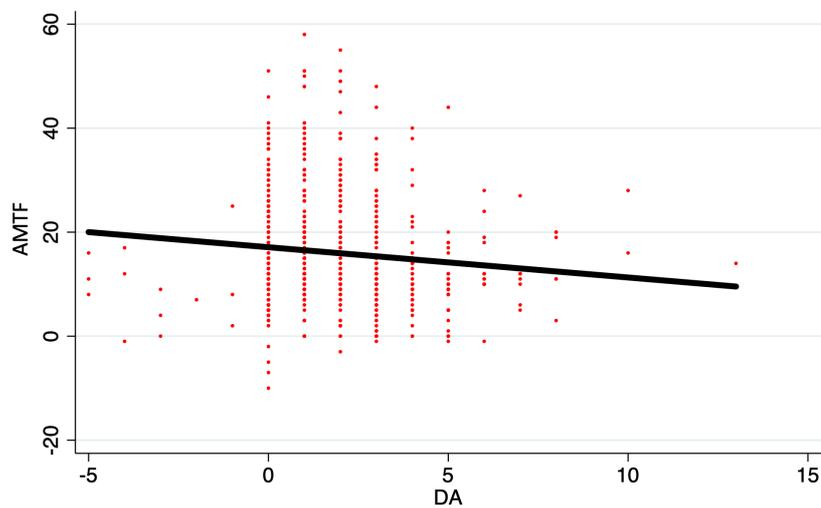


Figura 46: Correlación negativa entre el AMTF y el DA que sigue la ecuación $AMTF=17,1-0,58xDA$

- DASA con AF1: según la fórmula $DASA=5,2-0,1 \times AF1$

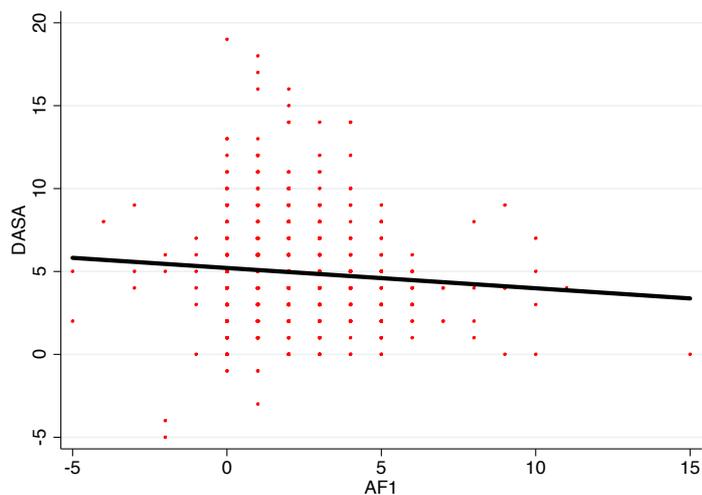


Figura 47: Correlación negativa entre el DASA y el AF1 que sigue la ecuación $DASA=5,2-0,1 \times AF1$

- PASA con AIF: según la fórmula $PASA=12,3-0,2 \times AIF$

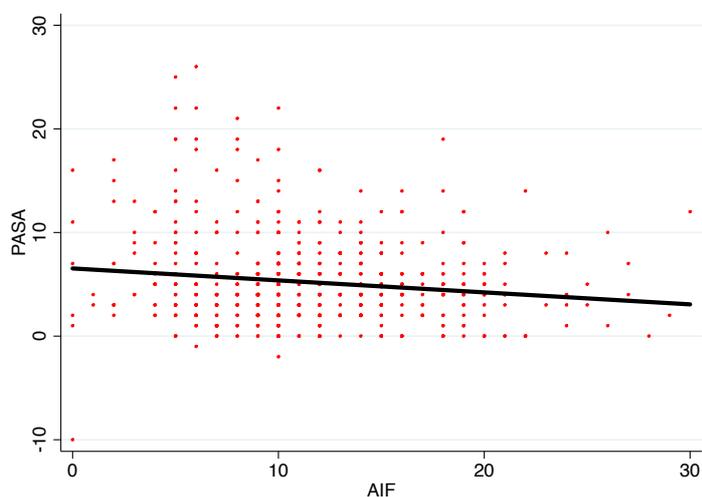


Figura 48: Correlación negativa entre el PASA y el AIF que sigue la ecuación $PASA=12,3-0,2 \times AIF$

- AIF con:
 - AF2: según la fórmula $AIF=4,3+0,9 \times AF2$

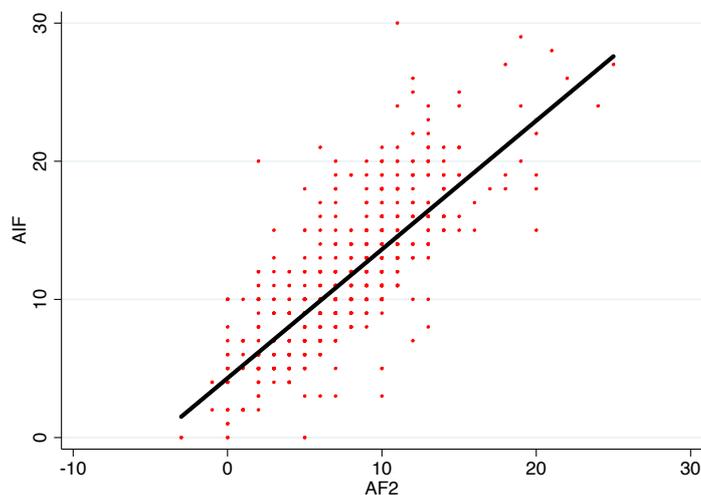


Figura 49: Correlación positiva entre el AIF y el AF2 que sigue la ecuación $AIF=4,3+0,9 \times AF2$

- AF1: según la fórmula $AIF=9,3+1,0 \times AF1$

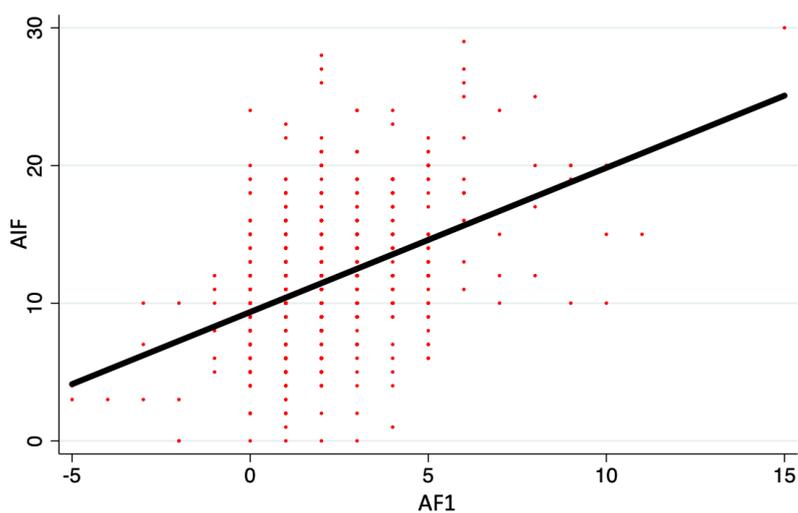


Figura 50: Correlación positiva entre el AIF y el AF1 que sigue la ecuación $AIF=9,3+1,0 \times AF1$

- DA: según la fórmula $AIF=9,8-0,87 \times DA$

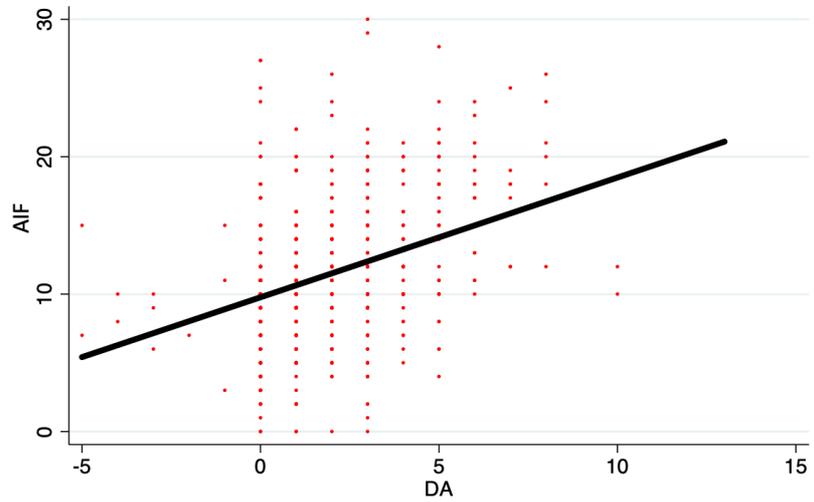


Figura 51: Correlación positiva entre el AIF y el DA que sigue la ecuación $AIF=9,8-0,87 \times DA$

- AF1 con DA: según la fórmula $AF1=1,7+0,17 \times DA$

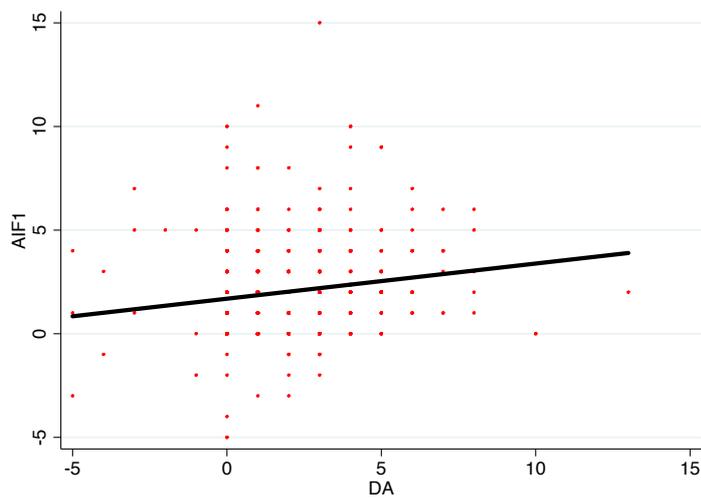


Figura 52: Correlación positiva entre el AF1 y el DA que sigue la ecuación $AF1=1,7+0,17 \times DA$

Teniendo en cuenta estas correlaciones se podría decir que las AIF se puede descomponer en AF1, AF2 y DA, siendo su componente mayoritario el AF2.

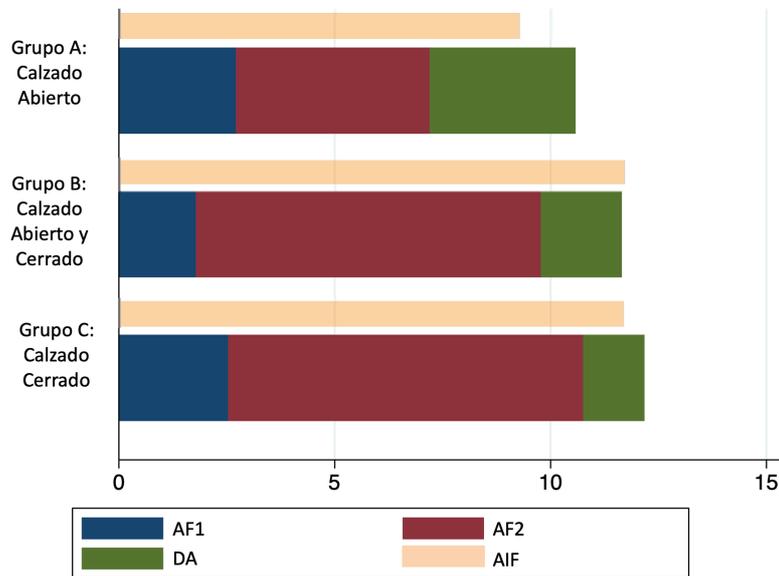


Figura 53: Descomposición del AIF en AF1, AF2 y DA: La suma de AF1 + AF2 + DA = AIF

3. Estadística inferencial: Morfología del pie.

3.1. Fórmula digital en función del tipo de calzado.

El análisis de la *fórmula digital* y su relación con el tipo de calzado no mostró diferencias significativas, siendo el tipo de fórmula digital mayoritario el pie egipcio en todos los grupos:

F2	Grupo A: Zapato de punta abierta	Grupo B: Zapato de punta abierta y cerrada.	Grupo C: Zapato de punta cerrada
Egípcio	42 (70,0%)	64 (54,2%)	121 (52,8%)
Cuadrado	15 (25,0%)	40 (33,9%)	83 (36,2%)
Griego	3 (5,0%)	14 (11,9%)	25 (10,9%)
Total	60 (100%)	118 (100%)	229 (100%)

Tabla 13: Número y porcentaje de sujetos en cada grupo de fórmula digital en función del tipo de calzado

3.2. Fórmula metatarsal en función del tipo de calzado.

Respecto a la posible influencia del calzado en la *fórmula metatarsal*, no se observaron diferencias estadísticamente significativas. Se observó que en el grupo de sujetos que utilizaban zapato abierto (Grupo A) la *fórmula metatarsal* mayoritaria era el *índice minus*; por el contrario, en los sujetos que utilizaban zapatos de punta abierta o cerrada (Grupo B) o en los que utilizaban zapatos de punta cerrada (grupo C) la *fórmula metatarsal* mayoritaria fue el *índice plus-minus*:

FM	Grupo A: Zapato de punta abierta	Grupo B: Zapato de punta abierta y cerrada.	Grupo C: Zapato de punta cerrada
<i>Índice Minus</i>	31 (51,7%)	31 (23,0%)	74 (32,5%)
<i>Índice Plus-</i> <i>minus</i>	27 (45,0%)	96 (71,1%)	101 (43,9%)
<i>Índice Plus</i>	2 (3,3%)	8 (5,9%)	54 (23,6%)
Total	60 (100%)	135 (100%)	229 (100%)

Tabla 14: Número y porcentaje de sujetos en cada grupo de fórmula metatarsal en función del tipo de calzado

Siendo los grupos A y B de la misma etnia, pensamos que es posible atribuir esta diferencia al uso de diferente tipo de calzado y no a la diferente étnica de las poblaciones.

3.3. Variaciones angulares en función la fórmula digital.

Valorando la correlación entre diferencias angulares y la *fórmula digital* no se observan diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, sí podemos observar que el AMTF es mayor, de forma clínicamente significativa, en pacientes con fórmula griega que en pacientes con fórmula egipcia o clásica únicamente en los pacientes que utilizaban zapato cerrado. Pensamos que esta diferencia no es una diferencia real y que

es achacable a la diferencia de media de edad. El grupo de pacientes que utiliza zapatos de punta cerrada y tiene fórmula griega tuvo un mayor AMTF porque tiene mas edad, y con la edad aumenta la incidencia de HV en esta serie.

	Grupo A: Zapato de punta abierta			Grupo B: Zapato de punta abierta y cerrada.			Grupo C: Zapato de punta cerrada		
Edad media (años)	30,8	28,2	17,3	37,2	34,0	34,2	34,6	35,7	50,74
Ángulo	FD*								
	E	C	G	E	C	G	E	C	G
AIM	9,7°	10,1°	12°	9,5°	10,0°	10,1°	9,3°	9,1°	9,4°
AMTF	7,8°	7,3°	8,3°	10°	11,9°	9,2°	18,6°	17,4°	22,5°
DASA	4,6°	4,6°	5,7°	3,8°	3,7°	4,8°	5,4°	4,8°	6,3°
PASA	4,3°	3,4°	3,0°	4,4°	5,1°	3,9°	5,3°	5,7°	5,9°
AIF	9,3°	9,3°	9,0°	11,7°	12,5°	9,6°	11,9°	11,7°	10,8°
AF1	2,7°	3,1°	1,3°	2,4°	2,7°	3,1°	1,8°	1,8°	1,8°
AF2	4,6°	4,6°	2,7°	7,9°	8,8°	7,9°	8,3°	7,7°	7,4°
DA	3,7°	2,3°	4,3°	1,6°	1,3°	0,7°	1,8°	2,0°	1,4°

Tabla 15: Medias de los ángulos medidos en grados (°) por grupos de fórmula digital (E: Egipcia, C: cuadrada; G griega) en función del tipo de calzado.

3.4. Variaciones angulares en función la fórmula metatarsal.

Valorando la correlación entre diferencias angulares y la *fórmula metatarsal* en cada uno de los grupos, no se observan diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, sí observamos, de forma no estadísticamente significativa que en el grupo de

zapato de punta cerrada (Grupo C) el AMTF es mayor y el AIF menor en los sujetos con fórmula metatarsal *índex plus*. Al analizar la media de edad, vemos que este subgrupo tiene mas media de edad, lo cual podría estar falseando los resultados. Además, observamos que en los sujetos que utilizan zapatos de punta abierta y cerrada el AIF es menor cuando tienen una fórmula metatarsal *índex plus*:

	Grupo A: Zapato de punta abierta			Grupo B: Zapato de punta abierta y cerrada.			Grupo C: Zapato de punta cerrada		
Edad media (años)	30,7	28,2	17,3	37,2	34,0	34,2	34,6	35,7	50,7
FM*									
Ángulo	IM	IPM	IP	IM	IPM	IP	IM	IPM	IP
AIM	9,8°	10,1°	12,0°	9,5°	10,0°	10,1°	9,3°	9,2°	9,4°
AMTF	7,8°	7,3°	8,3°	10°	11,9°	9,2°	18,6°	17,4°	22,5°
DASA	4,6°	4,6°	5,7°	3,8°	3,7°	4,8°	5,4°	4,8°	6,3°
PASA	4,3°	3,4°	3,0°	4,4°	5,1°	3,9°	5,4°	5,7°	5,9°
AIF	9,3°	9,3°	9,0°	11,7°	12,5°	9,6°	11,9°	11,7°	10,8°
AF1	2,7°	3,1°	1,3°	2,4°	2,7°	3,1°	1,8°	1,8°	1,8°
AF2	4,6°	4,6°	2,7°	7,9°	8,8°	7,9°	8,3°	7,7°	7,4°
DA	3,7°	2,3°	4,3°	1,6°	1,4°	0,7°	1,8°	2,0°	1,4°

Tabla 16: Medias de los ángulos medidos en grados (°) por grupos de fórmula metatarsal (IM: *Índex Minus*; IPM: *Índex Plus-minus*; IP: *Índex Plus*) en función del tipo de calzado.

4. Estadística inferencial: Morfología de F2

La distribución general de la *morfología de F2* fue la siguiente:

Forma F2	Frecuencia	Porcentaje
Longitudinal	93	23%
Clásica	264	56%
Piramidal	48	12%
Total	405	100%

Tabla 17: Número y porcentaje de sujetos en cada grupo de morfología de F2

4.1. Morfología de F2 en función del tipo de calzado.

Se observaron diferencias en la prevalencia de la forma de F2 en función del tipo de calzado. La forma clásica fue la más prevalente en todos los grupos. Sin embargo, en aquellos pacientes que utilizaban zapato cerrado de forma constante u ocasional (Grupos C y B), se observó una disminución de la prevalencia de la forma clásica a favor de la forma longitudinal de forma no estadísticamente significativas ($p > 0,05$):

F2	Grupo A: Zapato de punta abierta	Grupo B: Zapato de punta abierta y cerrada.	Grupo C: Zapato de punta cerrada
Longitudinal	10 (17.0%)	35 (29.9%)	48 (21.0%)
Clásica	43 (72.9%)	70 (59.8%)	151 (65.9%)
Piramidal	6 (10.2%)	12 (10.3%)	30 (13.1%)
Total	59 (100%)	117 (100%)	229 (100%)

Tabla 18: Número y porcentaje de sujetos en cada grupo de forma de F2 en función del tipo de calzado

4.2. Morfología de F2 en función de la edad.

Analizando si la forma de F2 cambiaba en función de los grupos de edad, se observaron diferencias clínicamente relevantes, pero no estadísticamente significativas:

	Grupo A: Zapato de punta abierta	Grupo B: Zapato de punta abierta y cerrada.	Grupo C: Zapato de punta cerrada	Edad media (DE)
Longitudinal	27,3 (15,3)	35,4 (14,1)	26,5 (21,7)	28 (20)
Clásica	29,9 (14,6)	35 (14,1)	40,5 (23,4)	38 (17)
Piramidal	31,7 (23,3)	41,7 (12,2)	34,3 (24,7)	35 (17)

Tabla 19: Media de edad (DE) de los sujetos en cada grupo de morfología de F2 en función del tipo de calzado

Debido a que estas diferencias en la media de edad parecían clínicamente relevantes se decidió analizar si había diferencias en la morfología de F2 por grupos etarios en función del tipo de calzado, pero tampoco se observaron diferencias significativas:

Edad (años)	Grupo A: Zapato de punta abierta			Grupo B: Zapato de punta abierta y cerrada.			Grupo C: Zapato de punta cerrada		
	<19	20-38	>38	<19	20-38	>38	<19	20-38	>38
F2									
Longitudinal	3 (18%)	5 (19%)	2 (14%)	4 (29%)	18 (32%)	13 (28%)	31 (33%)	4 (22%)	13 (11%)
Clásica	13 (76%)	18 (67%)	11 (79%)	9 (64%)	34 (60%)	26 (51%)	48 (52%)	12 (67%)	91 (76%)
Piramidal	1 (6%)	4 (15%)	1 (7%)	1 (7%)	4 (7%)	7 (15%)	13 (15%)	2 (11%)	15 (12%)
Total	17 (100%)	27 (100%)	14 (100%)	14 (100%)	56 (100%)	46 (100%)	92 (100%)	18 (100%)	119 (100%)

Tabla 20: Número y porcentaje de sujetos en cada grupo de edad en función de la forma de F2 digital y del tipo de calzado

4.3. Morfología de F2 en función de las variaciones angulares.

No se observaron diferencias clínicamente significativas en las mediciones angulares en función de la morfología de F2:

Ángulos	Longitudinal	Clásica	Piramidal
AIM	9,4 (3,9)	9,5 (3,6)	8,8 (4,3)
AMTF	15,7 (11,2)	16,5 (11,1)	15,0 (10,2)
DASA	4,6 (3,0)	5,1 (3,2)	4,8 (3,2)
PASA	5,5 (4,7)	5,1 (4,1)	4,9 (4,2)
AIF	11,8 (4,9)	11,1 (4,9)	13,2 (5,9)
AF1	1,6 (1,8)	2,1 (2,1)	2,0 (2,2)
AF2	8,5 (4,1)	7,1 (3,9)	9,4 (4,8)
DA	2,0 (2,2)	1,9 (1,9)	2,1 (2,1)

Tabla 21: Medias de los ángulos medidos en grados (°) y DE por grupos de morfología de F2

4.4. Morfología de F2 en función de la fórmula digital

No se observaron diferencias estadísticamente significativas en la morfología de F2 en función de la fórmula digital y el tipo de calzado utilizado:

F2 \ FD*	Grupo A: Zapato de punta abierta			Grupo B: Zapato de punta abierta y cerrada.			Grupo C: Zapato de punta cerrada		
	E	C	G	E	C	G	E	C	G
Longitudinal	8 (20%)	2 (13%)	0 (0%)	18 (29%)	11 (28%)	6 (43%)	29 (24%)	14 (17%)	4 (16%)
Clásica	30 (73%)	11 (73%)	2 (67%)	38 (60%)	27 (68%)	5 (36%)	73 (60%)	10 (72%)	18 (74%)
Piramidal	3 (7%)	2 (13%)	1 (33%)	7 (11%)	2 (5%)	3 (21%)	19 (15%)	9 (11%)	3 (10%)
Total	41 (100%)	15 (100%)	3 (100%)	63 (100%)	40 (100%)	14 (100%)	121 (100%)	83 (100%)	25 (100%)

Tabla 22: Número y porcentaje de sujetos en cada grupo de forma de F2 en función de la fórmula digital (E: Pie Egipcio; C: Pie Cuadrado; G: Pie Griego) y del tipo de calzado

4.5. Morfología de F2 en función de la fórmula metatarsal

No se observaron diferencias significativas en la morfología de F2 en función la *fórmula metatarsal* y el tipo de calzado utilizado:

FM* \ F2	Grupo A: Zapato de punta abierta			Grupo B: Zapato de punta abierta y cerrada			Grupo C: Zapato de punta cerrada		
	IM	IPM	IP	IM	IPM	IP	IM	IPM	IP
Longitudinal	4 (13%)	6 (22%)	0 (0%)	11 (42%)	21 (25%)	3 (38%)	13 (18%)	23 (23%)	11 (21%)
Clásica	23 (77%)	18 (67%)	2 (100%)	10 (38%)	55 (66%)	5 (63%)	51 (68%)	67 (67%)	34 (63%)
Piramidal	3 (10%)	3 (11%)	0 (0%)	5 (19%)	7 (8%)	0 (0%)	11 (14%)	11 (11%)	8 (16%)
Total	30 (100%)	27 (100%)	2 (100%)	26 (100%)	83 (100%)	8 (100%)	75 (100%)	101 (100%)	53 (100%)

Tabla 23: Número y porcentaje de sujetos en cada grupo de morfología de F2 en función de la fórmula metatarsal (IM: Índice Minus; IPM: Índice Plus-minus; IP: Índice Plus) y del tipo de calzado

5. Estadística inferencial: Exóstosis.

La distribución general de la presencia de exóstosis fue la siguiente:

Exóstosis	Frecuencia	Porcentaje
No	226	53 %
Tibial	135	32 %
Peroneal	4	1%
Tibial y peroneal	59	14 %
Total	424	100%

Tabla 24: Número y porcentaje de sujetos en cada grupo en función de la presencia y localización de exóstosis.

5.1. Presencia de exóstosis en función del tipo de calzado.

Valorando la presencia de exóstosis en función del tipo de calzado, se observó que la presencia de exóstosis tibial era más prevalente en los sujetos que utilizaban

zapato de punta abierta y cerrada (grupo B), y en los que utilizaban zapato de punta cerrada (grupo C), siendo estas diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) únicamente para la exóstosis tibial:

Exóstosis	Grupo A: Zapato de punta abierta	Grupo B: Zapato de punta abierta y cerrada.	Grupo C: Zapato de punta cerrada
No	41 (68%)	70 (52%)	115 (50%)
Tibial	13 (22)%	39 (29)%	83 (36)%
Peroneal	0 (0%)	3 (2%)	1 (0.4%)
Tibial y peroneal	6 (10%)	23 (17%)	30 (13%)
Total	60 (100%)	135 (100%)	229 (100%)

Tabla 25: Número y porcentaje de sujetos en cada grupo en función de la presencia y localización de exóstosis, y del tipo de calzado

Siendo los grupos A y B de la misma etnia, pensamos que es posible atribuir esta diferencia al uso del calzado cerrado y no a la diferencia étnica.

5.2. Presencia de exóstosis en función de la edad.

Se observó que las exóstosis tibiales aparecían, sin importar el tipo de calzado, en pacientes de más edad:

	Grupo A: Zapato de punta abierta	Grupo B: Zapato de punta abierta y cerrada.	Grupo C: Zapato de punta cerrada	Edad media (DE)
No	29,2 (15,3)	34,5 (14,8)	23,0 (21,8)	26 (20)
Tibial	33,5 (17,8)	38,7 (13,4)	40,5 (17,8)	47 (17)
Peroneal	0 (0)	29,3 (5,1)	33,5 (34,6)	31 (17)
Tibial y peroneal	20,6 (1,8)	37,0 (12,7)	51,5 (12,7)	45 (15)

Tabla 26: Media de edad (DE) de los sujetos en cada grupo presencia y localización de exóstosis en función del tipo de calzado.

Debido a estas diferencias en la media de edad se decidió analizar si había diferencias en la morfología de F2 por grupos etarios en función del tipo de calzado. Se observó que las exóstosis tibiales solo aumentaban en pacientes que utilizaban zapato de punta abierta (grupo A), en el grupo de mayor edad. Los otros dos grupos, que utilizaban zapato de punta cerrada de forma ocasional o habitualmente (Grupos B y C) tenían una prevalencia de exóstosis aumentada ya en el grupo de entre 20-38 años, y siendo similar este aumento para los mayores de 38 años.

		Grupo A: Zapato de punta abierta			Grupo B: Zapato de punta abierta y cerrada.			Grupo C: Zapato de punta cerrada		
Exóstosis	Edad (años)	<19	20-38	>38	<19	20-38	>38	<19	20-38	>38
	No		12 (71%)	20 (71%)	9 (64%)	12 (75%)	30 (47%)	27 (50%)	84 (91%)	3 (17%)
Tibial		3 (18%)	5 (18%)	5 (35%)	2 (13%)	20 (31%)	17 (32%)	6 (7%)	12 (67%)	65 (54%)
Peroneal		0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (5%)	0 (0%)	1 (1%)	0 (0%)	2 (1%)
Tibial y peroneal		2 (12%)	3 (11%)	0 (0%)	2 (13%)	11 (17%)	10 (19%)	1 (1%) 92	3 (17%)	26 (22%)
Total		17 (100%)	28 (100%)	14 (100%)	16 (100%)	64 (100%)	54 (100%)	142 (100%)	18 (100%)	119 (100%)

Tabla 27: Número y porcentaje de sujetos en cada grupo de edad en función de la presencia y localización de exóstosis, y del tipo de calzado

5.3. Presencia de exóstosis en función de las variaciones angulares.

Se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) para los ángulos AIM, AMTF, AIF, AF2. Los AMTF grandes y los AIF y AF2 pequeños se asociaron con una mayor prevalencia de exóstosis tibiales. Además, los AIM pequeños se asociaron con una mayor prevalencia de exóstosis en lado peroneo. Las diferencias halladas para AF1 y DA aunque estadísticamente significativas no son clínicamente relevantes:

Ángulos	Sin exóstosis	Exóstosis tibial	Exóstosis peroneal	Exóstosis tibial y peroneal
AIM	9,6° (3,3)	9,5° (4,1)	6,2° (2,9)	8,8° (4,3)
AMTF	13,3° (9,8)	19,9° (12,0)	12,0° (6,1)	16,6° (9,8)
DASA	4,5° (2,8)	5,4° (3,4)	5,8° (4,6)	5,7° (3,7)
PASA	4,8° (4,0)	5,8° (4,5)	5,8° (2,9)	5,0° (4,1)
AIF	12,3° (4,9)	10,6° (4,8)	12° (4,5)	10,1° (5,6)
AF1	2,3° (2,3)	1,7° (1,9)	0,5° (0,6)	1,6° (1,8)
AF2	8,1° (4,0)	7,2° (4,2)	10,5° (3,4)	7,3° (4,4)
DA	2,2° (2,2)	1,7° (1,8)	0,25° (2,5)	1,5° (1,8)

Tabla 28: Medias de los ángulos medidos en grados (°) y DE por grupos de morfología de F2

Dando a entender que los AMTF grandes y los AIF y AF2 pequeños, se asocian con una mayor prevalencia de exóstosis tibiales. Además, los AIM pequeños se asocian con una mayor prevalencia de exóstosis peroneales.

5.4. Presencia de exóstosis en función de la fórmula digital

Al valorar las posibles diferencias en la presencia y localización de exóstosis en función de la fórmula digital y del tipo de calzado y no se observaron diferencias:

FD* Exóstosis	Grupo A: Zapato de punta abierta			Grupo B: Zapato de punta abierta y cerrada.			Grupo C: Zapato de punta cerrada		
	E	C	G	E	C	G	E	C	G
No	26 (61%)	12 (80%)	3 (100%)	40 (62%)	20 (50%)	8 (57%)	62 (51%)	42 (50%)	11 (44%)
Tibial	10 (29%)	3 (20%)	0 (50%)	20 (31%)	15 (38%)	3 (21%)	46 (38%)	28 (34%)	10 (40%)
Peroneal	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (3%)	1 (7%)	0 (0%)	1 (1%)	0 (0%)
Tibial y peroneal	6 (10%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (6%)	4 (10%)	2 (14%)	12 (10%)	13 (16%)	5 (20%)
Total	42 (100%)	15 (100%)	3 (100%)	64 (100%)	40 (100%)	14 (100%)	121 (100%)	83 (100%)	25 (100%)

Tabla 29: Número y porcentaje de sujetos en cada grupo de localización de exóstosis en función de la fórmula digital (E: Pie Egipcio; C: Pie Cuadrado; G: Pie Griego) y el tipo de calzado

5.5. Presencia de exóstosis en función de la fórmula metatarsal

En el análisis de la presencia y localización de exóstosis en función de la fórmula metatarsal y del tipo de calzado, la única diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$) observada fue el aumento de la prevalencia de exóstosis tibial en pacientes con fórmula metatarsal *índex plus-minus* y solo en el grupo de pacientes que utilizaban calzado cerrado (Grupo C), por lo que cabría pensar que el aumento de la prevalencia se debe a la combinación de tener una fórmula metatarsal *índex plus-minus* y utilizar zapato cerrado:

FM*	Grupo A: Zapato de punta abierta			Grupo B: Zapato de punta abierta y cerrada			Grupo C: Zapato de punta cerrada		
	IM	IPM	IP	IM	IPM	IP	IM	IPM	IP
Exóstosis									
No	19 (61%)	21 (78%)	1 (50%)	18 (58%)	47 (49%)	5 (63%)	35 (47%)	44 (44%)	37 (69%)
Tibial	9 (29%)	3 (11%)	1 (50%)	6 (19%)	31 (32%)	2 (25%)	28 (37%)	41 (41%)	14 (26%)
Peroneal	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (1%)	2 (2%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (1%)	0 (0%)
Tibial y peroneal	3 (10%)	3 (11%)	0 (0%)	6 (19%)	16 (17%)	1 (12%)	12 (16%)	14 (14%)	3 (6%)
Total	31 (100%)	27 (100%)	2 (100%)	31 (100%)	96 (100%)	8 (100%)	75 (100%)	100 (100%)	54 (100%)

Tabla 30: Número y porcentaje de sujetos en cada grupo de localización de exóstosis en función de la fórmula metatarsal (IM: Índice Minus; IPM: Índice Plus-minus; IP: Índice Plus) y el tipo de calzado

5.6. Presencia de exóstosis en función del tipo de falange distal.

En cuanto a la presencia y localización de exóstosis en función de la morfología de F2 y del tipo de calzado, la única diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$) observada fue el aumento de la prevalencia de exóstosis tibial o tibial y peronea en pacientes con morfología de F2 clásica, y únicamente en el grupo de pacientes que utilizaban calzado cerrado (Grupo C), por lo que cabría pensar que el aumento de la prevalencia se debe a la combinación de tener una morfología de F2 clásica y utilizar zapato cerrado:

Exóstosis \ F2*	Grupo A: Zapato de punta abierta			Grupo B: Zapato de punta abierta y cerrada			Grupo C: Zapato de punta cerrada		
	L	C	P	L	C	P	L	C	P
No	8 (80%)	29 (67%)	4 (7%)	22 (63%)	41 (59%)	5 (42%)	36 (73%)	63 (42%)	16 (53%)
Tibial	2 (20%)	9 (21%)	2 (3%)	11 (31%)	23 (33%)	4 (33%)	10 (20%)	63 (42%)	10 (33%)
Peroneal	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (3%)	1 (1%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (2%)	1 (3%)
Tibial y peroneal	0 (0%)	5 (12%)	0 (0%)	1 (3%)	5 (7%)	3 (25%)	3 (6%)	24 (16%)	3 (1%)
Total	10 (100%)	43 (100%)	6 (100%)	35 (100%)	70 (100%)	12 (100%)	49 (100%)	150 (100%)	30 (100%)

Tabla 31: Número y porcentaje de sujetos en cada grupo de localización de exóstosis en función de la morfología de F2 (L: Longitudinal, C: Clásica, P: Piramidal) y el tipo de calzado

DISCUSIÓN

VIII. Discusión

1. Antecedentes

Este estudio no pretende ser una mera descripción anatomo-radiológica de la morfología del pie. Mediante este análisis radiológico se pretende llamar la atención sobre como el pie es una estructura dinámica que, en función del tipo de calzado que se utiliza, cambia su morfología a lo largo del tiempo. Además, parece importante destacar que un diagnóstico tan fácil como el de HV puede tener detrás numerosas causas etiológicas entre las que la causa mecánica, la compresión del calzado, va cobrando importancia frente a la causa genética.

En 1870 se describió la luxación de la primera articulación MTF como causa de deformidad y dolor⁷³. Daw (1935)⁴⁷ señaló la desviación en valgo a nivel de la articulación IF como causa de alteraciones del 1º radio. Desde entonces la incidencia y prevalencia del HV se han disparado y con ellas el número de técnicas quirúrgicas abiertas y percutáneas para corregirlo. Sin embargo, pese a ser una deformidad que teóricamente es fácil de corregir, la satisfacción postoperatoria de los pacientes no es del 100%. Algunos pacientes señalan una falta de corrección completa debido a que algunos gestos quirúrgicos solo se centran en corregir la deformidad proximal y pasan por alto una posible deformidad de la F2 que hace que, a pesar de conseguir una correcta corrección de la angulación MTF, la uña siga mirando hacia el segundo dedo. Esto ha hecho que se desarrollen técnicas para modificar incluso la angulación de F2¹⁵³. Otros pacientes refieren molestias en el lado medial del *hallux* secundarias al roce del zapato, cuando la corrección es excesiva¹⁶⁰. Así, conocer la angulación ideal del primer radio no es solo un reto sino todo un arte. El inicio de este estudio se apoya en otro de este mismo Departamento en el que se estudiaron la presencia de exóstosis y las variaciones angulares del 1º radio en pacientes que acudieron a nuestra consulta en la Clínica Universidad de Navarra¹⁵⁴. Tras realizar este estudio se comprendió que las

variaciones angulares no patológicas del primer radio estaban siendo valoradas solo en pacientes que utilizan habitualmente calzado cerrado y que esto podría estar condicionando la definición de normalidad que utilizamos habitualmente. En general hay pocos estudios que analicen la morfología del primer radio en pacientes descalzos o que utilicen calzado abierto y son menos los que la comparen con sujetos que utilizan calzado cerrado. No hemos encontrado ningún estudio que analice la presencia de exóstosis en F2 en sujetos que habitualmente utilizan calzado abierto.

En definitiva, pensamos que este estudio, con su originalidad, aportará más conocimiento al papel que tiene el calzado en las deformidades del 1^{er} radio y a abrir nuevas preguntas acerca de cuán perfecta debe ser la corrección angular del HV teniendo en cuenta la morfología global.

2. Diseño del estudio

Teniendo en cuenta que el objetivo principal de este estudio era analizar cómo variaban los ángulos del *hallux* en función del tipo de calzado que se utiliza (calzado de punta abierta, cerrada o mixto), el método se ha desarrollado para realizar todas las mediciones habituales en estudios sobre *hallux valgus*. Las mediciones se han realizado con goniómetro por estar las radiografías tomadas en papel radiográfico y no en formato digital. Algunos estudios han demostrado cierta diferencia en la variabilidad inter-observador comparando mediciones manuales y digitales para el ángulo metatarsofalángico¹²². Sin embargo, no han conseguido demostrar diferencias estadísticamente significativas en la fiabilidad intra-observador. Panchbhavi *et al.* (2004)¹²³ no hallaron diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones digitales o manuales.

- AIM: Sanhudo *et al.* (2012)¹³⁶ demostraron un bajo grado de reproductibilidad inter-observador, con un porcentaje de variabilidad en 2^o o más de entre el 33 y el 80% (diferencias estadísticamente significativas) y diferencias intra-

observador de 2° o más de entre el 35 y el 66% estadísticamente no significativas. Sin embargo, Palladino *et al.* (1992)¹²² no encontró grandes diferencias interobservador en la medición de este ángulo. Saro *et al.* (2005)¹³⁷ reportó unos índices de correlación intra-observador de 0,96 e inter-observador de 0,92. Van der Woude *et al.* (2019) observó una concordancia interobservador excelente en la medición del AIM según las guías AOFAS con índices de concordancia en radiografías dorsoplantares en carga de 0,98¹⁵⁵.

- AMTF: Palladino *et al.* (1992)¹²² demostraron una fiabilidad interobservador del 65%. Sanhudo *et al.* (2012)¹³⁶ afirmaron que la medición de este ángulo tenía una baja reproductibilidad inter-observador con una variabilidad de 2° o más de entre 53 y 76% y una variabilidad intra-observador de 2° o más de entre 50 y 71%. Dada esta variabilidad, Sanhudo *et al.* (2012)¹³⁶ proponen medir la distancia entre la cortical del lado peroneo del 1MT y la cortical del lado peroneo del sesamoideo del lado peroneo. No obstante, Saro *et al.*¹³⁷ (2005) ya había demostrado que el índice de concordancia intra e inter-observador de estas distancias entre corticales era de 0,91 y 0,78 respectivamente, y que éstos eran más bajos que los índices de concordancia para las mediciones angulares que fueron de 0,95 y 0,97 para la correlación intra-observador e inter-observador respectivamente. Esta baja concordancia en las distancias en términos absolutos se debe probablemente a que la variabilidad de los tamaños de pie, la magnificación del aparato de rayos X o la distancia a la que se toma la radiografía podría variar en gran medida las mediciones falseando los resultados^{21,156}. Además, Van der Woude *et al.* (2019)¹⁵⁵ observaron una concordancia inter-observador excelente en la medición del AMTF según las guías AOFAS con índices de concordancia en radiografías dorso-plantares en carga de 0,99.
- PASA: En la literatura se describe un alto grado de variabilidad intra e interobservador en la medición del PASA, probablemente debido a la dificultad

a la hora de fijar puntos de referencia en la superficie distal del metatarsiano^{3,41,24,55,146}. Sin embargo, Van der Woude *et al.* (2019)¹⁵⁵ observaron una concordancia inter-observador excelente en la medición del PASA según las guías AOFAS, con índices de concordancia en radiografías dorso-plantares en carga de 0,95.

- **DASA:** Al igual que con el PASA, se describe una alta variabilidad inter e intra-observador en las mediciones debido a los puntos de referencia en la superficie articular proximal de la falange¹⁴⁶.
- **Ángulos distales:** No hemos encontrado estudios que analicen como tal la variabilidad inter e intra-observador de estos ángulos. Sin embargo, somos conscientes de la gran variabilidad en la definición de normalidad del AIF que, en función de los autores, va desde 0°^{118,119}, menos de 10°⁸ o puede llegar hasta los 6-24°¹⁴⁹.

A pesar de esta variabilidad inter-observador en la medición de los ángulos descritos, estas mediciones angulares parecen actualmente las más fiables para guiar el tratamiento del HV^{41,146}. En este estudio, todas las mediciones fueron realizadas por el mismo observador, para evitar la variabilidad inter-observador. Además, se midió cada ángulo tres veces y se tomó la media de las tres mediciones para evitar la variabilidad intra-observador.

3. Población de estudio

En nuestro medio, consideramos imposible encontrar sujetos adultos que utilicen siempre zapato abierto o no utilicen calzado. Por ello, disponer de la población descrita de pacientes de un área rural de la República Democrática del Congo, que no utilizan calzado o utilizan calzado abierto (porque no tienen la misma facilidad de acceso a éste)

fue clave para poder evaluar la influencia del calzado en la aparición de deformidades en el pie. Igualmente nos parece acertado y valioso para el estudio el criterio de selección de sujetos que tuvieran una radiografía dorso-plantar en carga del pie por motivos diferentes a afecciones del primer radio y que no hubieran sufrido ningún tipo de cirugía previa en dicho pie. Nos parece acertado descartar los pacientes intervenidos previamente del pie, o con fracturas desplazadas o artritis deformantes porque podían ocasionar sesgos en las mediciones angulares por tener deformidades por otras causas.

La República Democrática del Congo (RDC) es un país centroafricano con un clima constante durante todo el año y temperaturas que oscilan entre los 24°C durante el día y los 18°C durante la noche (Fig. 51). Estas temperaturas suaves favorecen que el zapato utilizado sea zapato abierto, con protección suficiente del suelo, pero sin necesidad de aislar del frío.

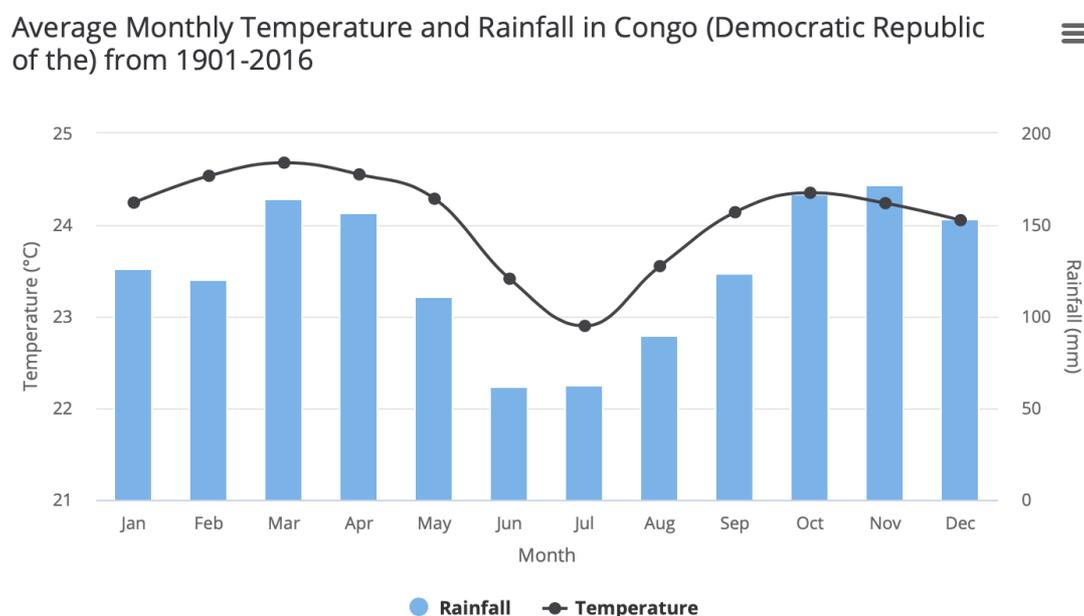


Figura 54: Temperatura media y precipitaciones en la República Democrática del Congo (<https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/congo-democratic-republic>)

La RDC es el segundo país más grande de África y tiene una población de 85 millones de habitantes (85,281,024). El 65% de la población vive en áreas Rurales y subsiste con menos de 1,25\$ al día. Entre 2009 y 2013 la RDC estuvo clasificada como el país más pobre del mundo con un salario medio de \$394,25 al año (<https://data.worldbank.org/country/congo-dem-rep>). Por la pobreza que sufre el país, es difícil para su población conseguir calzado para el día a día; sin embargo, en zonas urbanas se pueden conseguir zapatos de segunda mano asequibles (de 3 a 5\$), como en el mercado de CADECO (Fig. 52) que vende calzado de segunda mano proveniente de Canadá, Alemania o Italia. Los calzados que se van introduciendo en estos mercados siguen una moda europea algunos de los cuales tienen, como hemos descrito, la punta del zapato en forma de “V”, más estrecha que el ancho normal de los dedos.



Figura 55: Mercado de calzado CADECO en Goma (República Democrática del Congo) (<https://globalpressjournal.com/africa/democratic-republic-of-congo/drc-co-op-shoe-market-brings-women-safety-profits/>)

La esperanza de vida en la RDC ha ido creciendo con los años, sin embargo, en 2017 no superaba los 60 años (Fig. 53). Es por esto por lo que consideramos válido en la metodología hacer la división por grupos de edad en menores de 19 años, pacientes entre 20-37 años y mayores de 37 años. Si hubiéramos limitado el grupo de estudio de pacientes mayores a los mayores de 60 años (como se ha hecho en otros estudios

hechos en poblaciones europeas) habríamos tenido un tamaño muestral escaso en este grupo etario y debido a la diferencia en el envejecimiento, no se hubiera adaptado adecuadamente a la pirámide poblacional congoleña (Fig. 54).

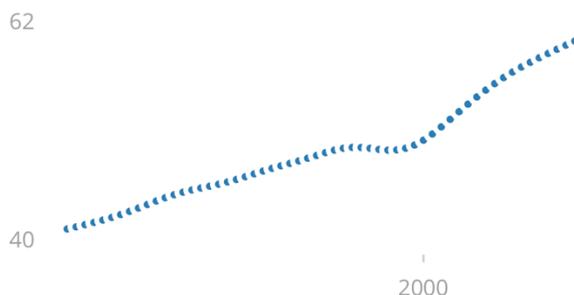


Figura 56: Evolución de la esperanza de vida en años en La Republica Democrática del Congo. (<https://data.worldbank.org/country/congo-dem-rep>)

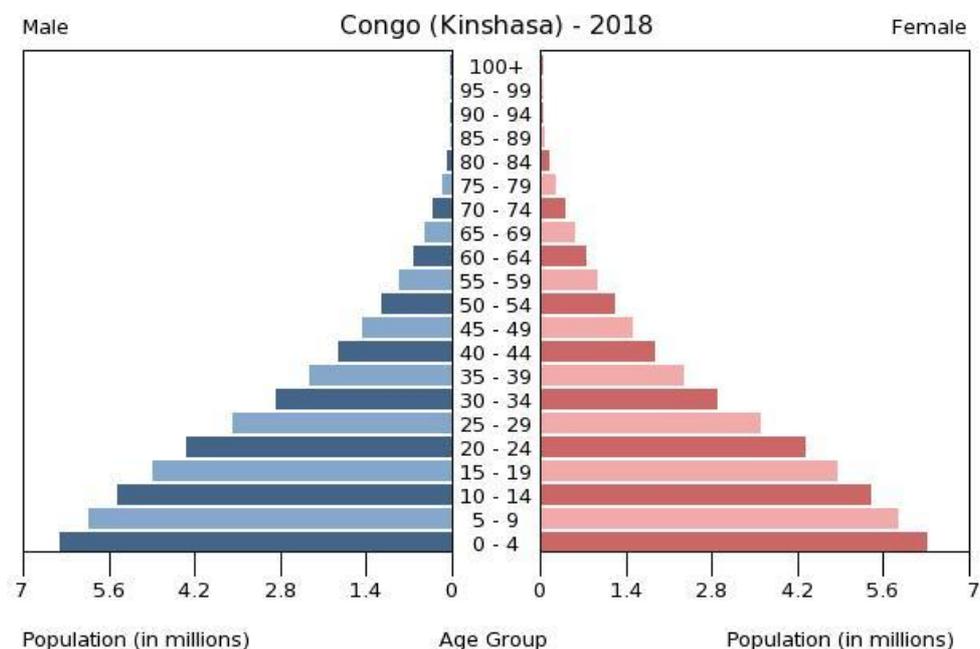


Figura 57: Pirámide poblacional de la Republica Democrática del Congo (The CIA World Factbook: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/cg.html>)

4. ¿De qué partes consta un zapato?

A la hora de diseñar un zapato hay varias partes importantes (Fig. 55):

- El largo de horma,
- La curvatura del talón,
- El quiebre,
- La altura y el ángulo del tacón,
- El empeine y el alto del empeine,
- La cintura,
- El recio o ancho,
- La punta y el ángulo de la punta.



Figura 58: Partes del calzado

Numerosos estudios se han dedicado a estudiar las repercusiones en el pie de la altura del tacón, pero pocos han estudiado cómo el tipo de punta o el ángulo de la punta influye sobre la anatomía del pie. Munteanu *et al.* (2017)¹¹³ clasificaron la forma de la punta del zapato en 4 tipos en función del ancho que tuviera para alojar los dedos (Fig. 19) y lo correlacionaron con un sistema de autoevaluación del grado de HV clasificado según la escala de Manchester, con cuatro grados de HV (sin HV, HV leve, HV moderado y HV severo). Munteanu *et al.* (2017)¹¹³ determinaron que el uso de zapatos de punta estrecha aumentaba por 3,55 veces las probabilidades de tener HV

(IC 95% 1.72–7.35) de forma estadísticamente significativa ($p < 0,01$). Sin embargo, no tomaron radiografías de sus sujetos y el estudio se centró sólo en la apariencia externa del pie, por lo que no pudieron establecer con certeza a qué nivel se favorecía la deformidad. En nuestro caso, aquellos sujetos que utilizaban zapato de punta cerrada (Grupo C) presentaron un aumento del AMTF, del AIF y del AF2 con respecto a los que utilizaban zapatos de punta abierta (Grupo A), por lo que podemos deducir que la deformidad no solo se produce a nivel de la articulación MTF, sino también en la IF alterando el ángulo de asimetría de la F2 y probablemente la morfología de la F2; aunque encontramos diferencias en la morfología de F2 en función del tipo de calzado, no fueron estadísticamente significativas. Esto podría deberse a que es más fácil que la deformidad se produzca a nivel articular que deformar el hueso *per se* porque la presión distiende los ligamentos colaterales inter-falángicos y subluxa la articulación IF. Sin embargo, es posible que el hueso también fuera deformable especialmente en las primeras épocas de la vida. Pensamos que la alteración ósea es menos frecuente y para ver si realmente hay una asociación habría que ampliar en gran medida la muestra.

En relación con el uso de zapato de punta cerrada de forma parcial, observamos que incluso aquellos sujetos que utilizan este zapato de forma ocasional (Grupo B), presentan estas mismas alteraciones en la anatomía radiológica del pie, aunque en menor medida.

5. Valoración de los hallazgos

5.1. Ángulos del *Hallux*

El hallazgo más importante de nuestro estudio es que el uso de zapato de punta cerrada no solo aumenta el AMTF, sino también el AIF y el AF2. Así mismo, cabe destacar que este aumento no solo se observa en el grupo de sujetos que utiliza calzado

de punta cerrada de forma habitual (Grupo C), sino también en los sujetos que utilizan calzado de punta cerrada de forma ocasional (Grupo B). Además, hay un aumento en la prevalencia de exóstosis tibiales en pacientes que usan zapatos de punta cerrada.

Estos hallazgos son consistentes con los descritos en la literatura. Choi *et al.* (2018)²⁵ describió un AIM promedio de $7,59^\circ$ (+/- 2,17) y un AMTF de $7,57^\circ$ (+/- 4,43) en una población de Masái que camina descalza o con un par de zapatos tradicionales hechos de neumáticos de automóvil reciclados que tienen la punta para los dedos abierta. Sin embargo, encontró un AIM medio significativamente mayor de $10,86^\circ$ (+/- 2,19°) y un AMTF de $13,99^\circ$ (+/- 4,88) en una población coreana que utiliza zapatos modernos con la punta cerrada. A pesar de haber encontrado estas diferencias entre grupos de personas que usan calzado cerrado o abierto de forma regular, hubo cierta controversia, ya que las diferencias halladas podrían deberse a factores genéticos o étnicos²⁶. Además, algunos autores ya habían descrito variaciones en los ángulos del *hallux* en función de la etnicidad²³, pero otros admiten que no existe estas diferencias étnicas¹⁵⁰. Choi *et al.* (2018) intentaron aclarar estas dudas y ampliaron su estudio aún más para agregar un tercer grupo de mujeres Masái que usaban zapatos confeccionados cerrados. Encontraron que las mujeres de Masái que usaban zapatos confeccionados cerrados tenían un AIM medio y un AMTF de $10,86^\circ$ (+/- 4.,8) y $13,99^\circ$ (+/- 4,88) que se encontraban en medio de los obtenidos para los otros dos grupos y, por lo tanto, afirmaron que aunque parte de las diferencias en los ángulos de *hallux* podrían deberse a diferencias étnicas, el tipo de calzado utilizado también contribuye al menos a una parte de las diferencias observadas²⁵.

Algunos autores han descrito AIF de 8° en pacientes descalzos y de 12° en pacientes calzados¹⁴⁷ y afirman que no existe una correlación entre la edad y la deformidad⁷². En nuestra serie hemos encontrado diferencias en los ángulos AIF y AF2 entre los pacientes que utilizan zapatos con punta estrecha y zapatos de punta abierta. Además, hemos podido ver que estos ángulos aumentan incluso cuando el uso de

zapatos de punta estrecha es solo a tiempo parcial. Pensamos que tanto el aumento del AMTF como de los AIF y AF2 están relacionados con la presión que produce el zapato en la cara tibial del dedo, que lo obliga a desviarse hacia el lado peroneal. Dependiendo de a que nivel se produzca la deformidad aumentará el AMTF o el AIF y AF2.

Los estudios realizados en niños han descrito desviaciones en el desarrollo de *hallux* resultantes de la longitud⁸⁵ o la anchura inadecuada del zapato^{97,105}. Varios autores han descrito que el 80% de los niños tienen una cierta inclinación de F2 (ie. se desvía hacia el lado tibial) que disminuye después de 14 años cuando el *hallux valgus* comienza a desarrollarse como resultado de la influencia externa del calzado^{52,67}. También hemos encontrado una correlación inversa entre AMTF y AIF que es estadísticamente significativa y está de acuerdo con otros artículos que afirman que una articulación MTF rígida (con AMTF pequeños) puede causar desviación de la articulación IF (dando lugar a AIF mayores)^{80,147}. Pensamos que la relación inversa entre los ángulos proximales (AIM, AMTF, PASA y DASA) y los distales AIF, AF2, AF1 es simplemente la expresión numérica de la “estabilidad inversa” que expresan habitualmente estas articulaciones y por la cual si nos encontramos una articulación MTF muy rígida la presión del zapato contra el primer dedo provoca la deformidad en el siguiente punto mas débil, la articulación IF^{111,147}. Por el contrario, cuando la desviación del *hallux* es significativa (ie. El AMTF es grande), el primero dedo choca con el segundo, entonces el segundo dedo comienza a hacer presión sobre la F2 del *hallux*, haciendo que el AIF disminuya.

Además, hemos encontrado que el 25% de los cambios en la AMTF se correlaciona con cambios en la edad, siguiendo la fórmula $AMTF = 9,1 + 0,25 \times \text{Edad}$, (Fig. 35) solo en el grupo que utiliza zapato de punta cerrada, lo que nos lleva a pensar que no es la edad en sí misma la que causa cambios en los ángulos del *hallux*, sino los años que el paciente ha estado usando zapatos de punta cerrada.

Respecto a las correlaciones entre los diferentes ángulos proximales, nos parece que las correlaciones halladas son razonables. Ya que la desviación en valgo del primero dedo *per se* ocasiona un **aumento del AMTF** y a medida que el primer dedo se va desviando más y más en valgo choca con el segundo, y se va provocando un conflicto de espacio que hace que el 1MT se desvíe hacia el lado tibial dando lugar a un **aumento del AIM**. Cabe esperar que a medida que se oblicua la interlinea distal del 1MT, dando lugar a un **aumento del PASA**, o a medida que se oblicua la interlinea proximal de la F1, dando lugar a un **aumento del DASA**, la desviación hacia el lado peroneal del dedo se ve favorecida y por tanto **aumentará el AMTF**. Además, el aumento del AMTF se ve favorecido por las fuerzas de tracción de las inserciones tendinosas distales a la articulación MTF, que dan lugar a la desviación del primer dedo hacia el segundo y provocando un conflicto de espacio cada vez mayor entre ambos dedos. En la medida en que el primer y segundo dedo chocan entre sí, el AIM se va aumentando y se va subluxando la cabeza del 1MT hacia el lado tibial.

Por último, en base a nuestros resultados estamos de acuerdo en que el AIF podría descomponerse, tal y como afirmaron Sorto *et al.* (1976)¹⁴⁷, en los ángulos AF1, AF2 y DA, como ratifican los resultados que mostramos en la figura 53. Nuestros hallazgos están en acuerdo con la literatura, de modo que el ángulo AF2 es el componente mayoritario del AIF en todos los grupos¹⁵³.

5.2. Morfología del pie

En nuestra serie como en otras descritas en la literatura predomina la fórmula digital de pie egipcio independientemente del tipo de calzado que utilicen los sujetos. La fórmula metatarsal más frecuente en los pacientes que utilizan calzado abierto es el *índex minus*, y en aquellos pacientes que utilizan zapato cerrado de forma habitual o alternado con zapato de punta abierta predomina el *índex plus-minus*. No hemos hallado

correlaciones significativas entre las variaciones angulares y la fórmula metatarsal o la fórmula digital (tablas 15 y 16). En contra del supuesto sugerido por Viladot *et al.* (2011)¹⁵⁷ de que la fórmula menos susceptible a sufrir deformidades es la fórmula digital griega con fórmula metatarsal *index plus-minus*, hemos hallado que la fórmula digital griega tiene mayor deformidad a nivel MTF. Sin embargo, pensamos que este aumento en el AMTF en relación con la fórmula digital podría estar falseado, porque este mismo grupo tenía también mayor edad media, y la edad media sí que ha demostrado tener una correlación positiva estadísticamente significativa con el aumento del AMTF. Por el contrario, nuestros resultados estarían de acuerdo con el concepto de que la fórmula metatarsal *index plus-minus* es menos susceptible de sufrir deformidad, y la fórmula *index plus* lo sería más. En nuestra serie el grupo de pacientes que utilizaba calzado cerrado sí presentaba diferencias (aunque no estadísticamente significativas) en la media del AMTF en función de la fórmula metatarsal, que recordamos fue de 17,4° para la fórmula *index plus-minus* y de 22,5° para la fórmula *index plus*. Esto se debe probablemente a que la fórmula *index plus-minus* se adapta mejor a los zapatos de forma triangular que tienden a deformar el pie, mientras que en la fórmula *index plus* el *hallux* queda más expuesto en la punta, sin soporte por el lado peroneo, y por tanto es más susceptible de sufrir deformidad. Además, Viladot *et al.* (2011) afirmaron que el pie egipcio en combinación con un *index minus* es el que tiene más tendencia a sufrir *hallux valgus*¹⁵⁷. Ésta ha sido precisamente la combinación más frecuente en nuestro grupo de sujetos que utilizan zapato abierto. Fue este grupo además el que presentó además un menor AMTF. Sin embargo, no sabemos si podría deberse a que al utilizar calzado abierto han estado protegidos del potencial efecto deformante del zapato de punta cerrada.

5.3. Morfología de la F2

Respecto a la morfología de F2, si bien es cierto que la forma clásica es la más frecuente independientemente del tipo de calzado, también lo es, que la prevalencia de la forma clásica disminuyó en aquellos pacientes que utilizaban zapato de punta cerrada de forma habitual u ocasional (Grupos C y B) a favor de la forma longitudinal de forma estadísticamente no significativa. Nos planteamos, por tanto, si esta variación pudiera tener relación con la presión del zapato que podría producir remodelación ósea, y cambiar la forma de la F2 de una forma clásica (más ancha) a una piramidal (más estrecha). Por otro lado, también podría ser parte de la anatomía inherente a la persona y no guardar ninguna relación.

Además, al analizar si la morfología de F2 guarda relación con la fórmula digital, observamos que la morfología de F2 clásica predomina en las fórmulas digitales egipcia y cuadrada. Sin embargo, la morfología de F2 longitudinal (más larga) predomina en la fórmula digital griega. Llama la atención que, en el grupo de pacientes que utilizan zapatos de punta abierta, no hay apenas pies con fórmula griega. Esto plantea la posibilidad de que, en ausencia del zapato cerrado, la longitud del hallux tenga un papel estabilizador y de equilibrio ya sea en la fase de apoyo o en la de despegue de la marcha, y que podría ser la causa de que en pacientes que utilizan zapato abierto de forma habitual u ocasional encontremos una mayor prevalencia de fórmulas egipcias y que, cuando el metatarsiano y la F1 no tienen la suficiente longitud, la F2 se hipertrofie dando lugar a un hueso de mayor longitud (forma piramidal) para mantener la estabilidad. Por otro lado, no hemos encontrado relación entre la morfología de F2 y la fórmula metatarsal por lo que de nuevo podría ser, sin más, parte la anatomía inherente a la persona y no guardar una ninguna relación. Tampoco observamos relación entre la morfología de F2 y la presencia de exóstosis ni con la edad o las variaciones angulares. Además, no hallamos ninguna razón para que éstas estuvieran relacionadas. Sin embargo, Morales-Orcajo *et al.* (2015)¹¹⁰ formulan una posible hipótesis de cómo la

morfología de F1 podría influir en la aparición de HV. En su estudio encontraron que en mujeres se puede hallar una mayor diferencia entre la longitud del lado medial y lateral de la F1, siendo el lado lateral (o peroneo) mas corto. Afirman que esta diferencia de longitud podría favorecer una distribución desigual de las fuerzas de tensión y compresión en el lado lateral y medial de la falange, favoreciendo con ello la rotación de la F1 y su desviación en valgo con la consecuente aparición de HV¹¹⁰. Este estudio anatómico, en cadáver, pretende atribuir el origen del HV, al menos parcialmente, a la forma de la F1. Sin embargo, no aclara a que se deben las diferencias entre hombres y mujeres, ni considera la forma de la punta del zapato como un factor determinante en el desarrollo de esta forma de F1 que presuntamente favorecería la aparición de HV. La forma de F1 propuesta por Morales-Orcajo *et al.* (2015)¹¹⁰ se traduciría radiológicamente con un aumento del DASA. En nuestro estudio sí encontramos una correlación positiva entre el AMTF y el DASA, por ello estamos de acuerdo en que esta forma de F1 podría favorecer la aparición de HV. Sin embargo, no hemos encontrado correlación entre el tipo de zapato utilizado y el DASA, por lo que pensamos que la forma de F1 no viene determinada por el tipo de calzado que se utiliza, si no que es un factor inherente al sujeto en si.

5.4. Exóstosis de F2

No hay muchos artículos en la literatura que describan o analicen la presencia de exóstosis en la base de la falange distal^{57,80,94}. Keats (2012) describió las exóstosis como una “variante normal”⁸⁰ y nuestros resultados mostraron una alta prevalencia (51%) de esta exóstosis en el lado tibial en pacientes en nuestra práctica diaria¹⁰⁹. Estas excrescencias óseas han sido descritas por algunos autores como posibles calcificaciones de la zona de inserción de un ligamento de F2¹⁶⁵. Sin embargo, su posición descarta un entesofito porque no hay inserciones de ligamento o tendones o

cápsula articular en esta área ¹⁶². Nosotros no encontramos el ligamento de soporte lateral descrito por Winter *et al.* (1989)¹⁶⁵ en 4 exámenes macroscópicos anatómicos¹⁰⁹, por lo tanto, no podemos asumir ni rechazar ninguna posible influencia de este ligamento en el desarrollo de estas exóstosis. Sin embargo, parece poco probable que, si el ligamento no está unido a ninguna otra estructura que pueda causar movimiento o tensión, que pueda causar un entesofito. Sus hallazgos histológicos excluyen la presencia de un tumor^{109,153}. Algunos autores las han descrito como una formación ósea reactiva secundaria a fuerzas de compresión repetidas causada por el zapato^{90,109,166}. Por lo tanto, podría interpretarse como un proceso mecánico reactivo, producido por una irritación crónica del periostio debido a las fuerzas repetitivas que se producen durante la deambulación (como la presión del zapato), con una cantidad variable de crecimiento óseo en ambos márgenes de la falange, más frecuentemente en el lado tibial. El hecho es que, aunque están presentes en pacientes que usan zapatos con punta abierta, su prevalencia es mayor en aquellos que usan zapatos con punta cerrada. Por lo tanto, consideramos que la presión del calzado en esa área desempeña algún tipo de papel en su desarrollo. Aunque en algunos pacientes también aparecen sin que estén presentes estas fuerzas de compresión. Nuestro estudio no es lo suficientemente preciso como para determinar una correlación etiológica directa en este sentido. En cualquier caso, su alta prevalencia hace pensar que son una variante de la normalidad no patológica. No obstante, deben ser tenidas en cuenta, ya que la hipercorrección del ángulo interfalángico en cirugía del HV podría hacer que una exóstosis preexistente se convirtiera en clínicamente relevante debido al aumento de presión del zapato sobre la exóstosis con la corrección angular, como muestra la experiencia de Villas *et al.* (2009)⁹¹.

No estamos seguros de por qué hay una mayor prevalencia de exóstosis en el lado tibial de F2 en pacientes con mayores AMTF. Sin embargo, tal vez la cultura occidental del calzado de punta cerrada, que conduciría a un aumento del AMTF debido

a la forma de los zapatos^{9,17}, podría al mismo tiempo producir una mayor presión contra el aspecto tibial de la base de F2. Esto explicaría que encontremos un aumento de la prevalencia de exostosis en los pacientes de nuestra serie que utilizan zapato cerrado de forma ocasional (Grupo B) y de forma habitual (Grupo C). Del mismo modo, la presencia de exóstosis asociada a AIF y AF2 menores ($p < 0,05$) posiblemente se deba a una mayor distancia entre la falange de la zona de fricción del zapato, que por lo tanto no contribuye a la deformidad angular ni a la formación de la exóstosis.

Se ha postulado que su menor prevalencia en pacientes jóvenes, menores de dieciséis años, y su presencia después del cierre de la fisis adyacente puede servir como una guía con respecto a la línea de tiempo de su desarrollo¹⁰⁹. En nuestro estudio observamos que el grupo A (que utiliza zapato abierto) tiene una mayor prevalencia de exóstosis tibiales en el grupo de mayores de 38 años. Esto concuerda con que la presencia de exostosis es mayor en pacientes de más edad. Sin embargo, el grupo B y C, que utiliza zapato cerrado de forma ocasional o habitualmente, presenta mayor prevalencia de exóstosis ya en el grupo de entre 20 a 38 años, siendo la prevalencia en los mayores de 38 años similar a este grupo de edad intermedia. Por ello, pensamos que la formación de las exóstosis podría tener lugar en la segunda década de la vida siempre que haya un factor desencadenante como la presión del calzado en el aspecto lado tibial de la F2.

La alta prevalencia de estas exóstosis en todos los tipos de morfología del pie y morfología de F2 implica que no es específica de ningún pie en particular y que la morfología de la falange tampoco interfiere en su formación.

6. Relevancia clínica

Jahss *et al.* (2005)⁷⁵ recomiendan que al hacer una artrodesis metatarsofalángica se deje una angulación de unos 30° en mujeres que deseen utilizar

zapatos de punta estrecha para evitar conflicto con el calzado. Esto supone que para evitar conflictos con el calzado habría que evitar corregir HV con AMTF de 30° o menos, lo cual supone el doble del límite superior de la normalidad, que está definido como 15° ¿Supone esto que debemos desaconsejar cirugía de corrección del HV si no se va a cambiar el uso del tipo de calzado de punta estrecha? Quizás, ¿debemos buscar un grado de corrección menor, si el paciente va a continuar utilizando zapatos de punta estrecha? En nuestra opinión, sí. Es posible que la corrección perfecta limite la utilización del calzado habitual, y que, por consiguiente, entre en conflicto con las expectativas del paciente. Sin embargo, hay autores que afirman que tras cirugía de corrección del HV sus pacientes vuelven a utilizar zapatos de punta estrecha, sin molestias por conflicto de espacio, ni recurrencia de la deformidad a 9,5 años de seguimiento⁸³. Creemos que este debe ser el siguiente punto de estudio, ya que buscar la perfecta alineación radiológica podría entrar en conflicto con las expectativas del paciente. Hay que tener en cuenta que el interés de muchos de los pacientes, al pasar por una cirugía de corrección del HV, no pasa por conseguir una alineación perfecta, sino por conseguir un resultado estético bueno que elimine las prominencias óseas que provocan helomas blandos y duros, y tener una alineación lo suficientemente buena como para poder utilizar sandalias y calzado cerrado, que en ocasiones será zapato cerrado de punta estrecha. Por otro lado, están aquellos pacientes que quieren usar zapato de punta estrecha en invierno, pero en verano quieren utilizar sandalia abierta con un primero dedo perfectamente recto, y que por ello no aceptan en muchas ocasiones un valgo residual para el calzado de punta. Saber dónde realizar la corrección para conseguir el equilibrio perfecto entre la corrección radiológica (y estética) y la corrección funcional es aún un reto.

En cualquier caso, parece importante hablar con el paciente acerca de sus expectativas sobre el calzado que espera poder llevar tras la cirugía antes de llevar ésta a cabo. Además, es vital informar al paciente acerca de la repercusión que tiene la

utilización de zapatos con determinadas formas. Se debe entender el pie como una estructura cambiante y saber que por mucho que volvamos a realinear el *hallux* si volvemos a someterlo a las mismas fuerzas que lo deformaron, es más probable que la deformidad se reproduzca. La cirugía de HV en nuestro país da lugar a bajas laborales de 2-3 meses por paciente con pérdidas económicas de hasta 317 euros al día por paciente, suponiendo un total de 28.562 euros por paciente¹⁶⁹; e indemnizaciones de hasta 13000 euros por paciente por falta de información¹⁷⁰. Es por esto por lo que parece relevante que, como asesores en al área de la salud, advirtamos a los pacientes de los posibles riesgos de recidiva del HV con la utilización de algunos tipos de calzado. Si bien es cierto que la repercusión para la salud no es grave, las pérdidas económicas para la sociedad y las complicaciones quirúrgicas sí son lo suficientemente importantes como para que los pacientes tomen conciencia y demanden que sea la moda la que se adapte a la morfología natural del pie y no el pie a las tendencias de moda. Según algunos autores el 44% de las mujeres afirma no poder encontrar zapatos “a la moda” que a la vez sean confortables¹³⁸.

Por otra parte, es importante considerar el pie en su conjunto y entender que las correcciones angulares realizadas en la parte proximal del primer radio pueden tener repercusiones en las articulaciones distales o convertir en sintomáticas algunas de las prominencias óseas de la F2 que hasta entonces eran asintomáticas¹⁶⁰.

7. Limitaciones del estudio

Este estudio no está exento de limitaciones. Como en estudios previos, el factor genético y étnico podría influir en los resultados de nuestro estudio. Hemos tratado de minimizar esta influencia al incluir un tercer grupo de pacientes de la República Democrática del Congo que usan zapatos con punta abierta y constrictiva. Además, no

podemos cuantificar cuánto tiempo o en qué proporción los pacientes en el Grupo C han usado los zapatos constrictivos.

Además, en este estudio solo se incluyeron mujeres. Solo fue posible reclutar mujeres en los grupos A y B. Por esta razón se decidió excluir a los sujetos varones del grupo C, ya que pensamos que al realizar el análisis de los datos el tener dos grupos sin representación masculina podría convertirse en un sesgo. Teniendo en cuenta que el HV (afectación más común del primer radio) es 2,3 veces más prevalente en mujeres (30%) que en hombres (13%)¹¹⁶, pensamos que fue un compromiso aceptable para que los grupos fueran comparables.

Por último, tenemos una distribución irregular de la muestra en cada uno de los tres grupos en función del tipo de calzado. Esto se debe a que nos ha sido más difícil encontrar pacientes en el hospital de la República Democrática del Congo que pudieran ser incluidos en el estudio, debido a que la demanda de asistencia sanitaria es menor. Además, la distribución por edad en los 2 grupos es también irregular debido a que la esperanza de vida y la pirámide poblacional de la República Democrática del Congo y España son diferentes (Fig. 56) y por ello es más fácil reclutar pacientes de más edad en nuestro hospital que en las zonas rurales de la República del Congo. Sin embargo, creemos que disponemos de muestra suficiente como para poder obtener nuestras conclusiones.

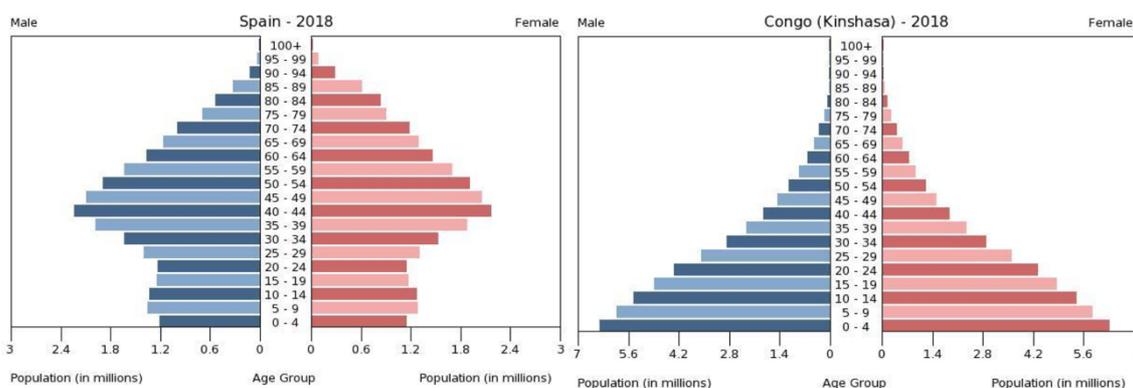


Figura 59: Imagen comparativa de la pirámide poblacional de España (izquierda) y la República Democrática del Congo (derecha) (Tomado de: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/cg.html>)

En este estudio hemos tenido que tolerar cierto grado de imprecisión debido a que la posición del paciente respecto al chasis, la distancia e inclinación del tubo de rayos X respecto al paciente y el voltaje utilizado introducen cierto tipo de variabilidad a la hora de obtener las radiografías. Sin embargo, estos son parámetros difíciles de sistematizar que varían entre hospitales, A pesar de los intentos de la comunidad científica en estandarizar la forma de hacer las radiografías, para hacer válidas y reproducibles las mediciones que en ellas se hace, no hemos encontrado otro método más perfeccionado que este protocolo estándar^{13,94}.

Por ultimo, pensamos que realizar las mediciones de las radiografías de forma manual mediante un goniómetro (por no disponer de las radiografías en formato digital para hacer las mediciones digitales), y hacer las mediciones múltiples para evitar un sesgo por variabilidad intra-observador ha sido suficientemente fiable para el objetivo del estudio. Aunque el goniómetro pueda ser quizás un método menos fiable de medición que otros métodos digitales, globalmente los resultados apoyan la validez del método y dan consistencia al conjunto de nuestro estudio.

CONCLUSIONES-CONCLUSIONS

IX. Conclusiones

1. La forma del calzado (de punta abierta o cerrada) influye en la aparición de deformidades del primer radio como el *hallux valgus* y de exóstosis en el lado tibial de su segunda falange.
2. El **calzado de punta**, convergente en el espacio para los dedos, **es más deformante**, al contrario que el calzado abierto.
3. El uso de zapato cerrado, con **punta en forma de "V"** no sólo favorece o provoca deformidad con **aumento del AIM y AMTF**, sino también valgo interfalángico, con **aumento del AIF y el AF2**
4. Incluso el **uso ocasional de zapato cerrado**, con forma convergente en la zona para los dedos, **resulta deformante** y provoca un aumento, aunque menor, de los AIM, AMTF, AIF y AF2.
5. La presencia de **exóstosis tibial** es **menos** frecuente en pacientes que utilizan zapato **abierto**.
6. Llevar **zapato cerrado o abierto no influye sobre la forma de F2** de forma significativa

X. Conclusions

1. The **type of shoe** used (open or closed toe box) **induces the development** of deformities in the first toe.
2. **Closed toe box shoes are more deforming**, contrary to open toe box shoes.
3. The use of **closed toe box shoes** not only induces a deformity with **increased IMA and MTPA**, but also an interphalangeal valgus with **increased the IPA and AF2**.
4. Even the **occasional use** of closed toe box shoes **has an influence** on these angles, causing a smaller increase in IMA, MTPA, IPA and AF2.
5. The prevalence of tibial exostoses is less frequent in patients who use open toe box shoes.
6. Wearing **closed or open toe box shoes does not influence** significantly the **shape of F2**.

BIBLIOGRAFÍA

XI. Bibliografía

1. **Aiyer A, Shub J, Shariff R, Ying L, Myerson M.** Radiographic recurrence of deformity after hallux valgus surgery in patients with metatarsus adductus. *Foot Ankle Int.* 2016; 37(2): 165-71.
2. **Akin O.** The treatment of hallux valgus: a new operative treatment and its results. *Med Sentinel.* 1925; 33: 678.
3. **Amarnek DL, Mollica A, Jacobs AM, Oloff LM.** A statistical analysis on the reliability of the proximal articular set angle. *J Foot Surg.* 1986; 25: 39-43.
4. **Au EYL, Goonetilleke RS.** A qualitative study on the comfort and fit of ladies' dress shoes. *Applied Ergonomics.* 2007; 38(6): 687-696.
5. **Austin DW, Leventen EO.** A new osteotomy for hallux valgus: a horizontally directed "V" displacement osteotomy of the metatarsal head for hallux valgus and primus varus. *Clin Orthop Relat Res.* 1981; 157: 25-30.
6. **Banks AS, Cain TD, Ruch JA.** Physeal fractures of the distal phalanx of the hallux. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1988; 78: 310-313.
7. **Barnett CH.** The normal orientation of the human hallux and the effect of footwear. *J Anat.* 1962; 96(4): 489-94.
8. **Barnett CH.** Valgus deviation of the distal phalanx of the great toe. *J Anat.* 1962; 96: 171-7.
9. **Barouk LS.** Les conflits avant-pied-chaussure féminine. Analyse solution. *Podologie* 1987; 87: 166-79.
10. **Barouk LS.** Notre expérience de l'osteotomie "scarf" des premier et cinquième métatarsiens. *Méd Chir Pied* 1992; 8: 67-84.
11. **Barouk LS.** Scarf osteotomy for hallux valgus correction. Local anatomy, surgical technique, and combination with other forefoot procedures. *Foot Ankle Clin.* 2000; 5: 525-558.

12. **Barouk LS.** The button temporary spacer. Forefoot reconstruction. Paris; Springer-Verlag; 2004: 168-172.
13. **Berquist T.** Radiología de pie y tobillo. Madrid: Marban; 2002.
14. **Billmann F, Le Minor JM.** Secondary centers of ossification of the human toes: exceptional polymorphism and evolutionary perspectives. *Am J Phys Anthropol.* 2007; 132: 110-118.
15. **Borrelli AH.** Modified scarf bunionectomy: our experience in more than 1000 cases. *J Foot Surg.* 1991;30:609-612.
16. **Brage ME, Holmes JR, Sangeorzan BJ:** The influence of x- ray orientation on the first MTC joint angle. *Foot Ankle Int.* 1994; 15: 495–497.
17. **Branthwaite H, Chockalingam N, Greenhalgh A.** The effect of shoe toe box shape and volume on forefoot interdigital and plantar pressures in healthy females. *J Foot Ankle Res.* 2013; 6: 28.
18. **Branthwaite H, Chockalingam N, Grogan S, Jones M.** Footwear choices made by young women and their potential impact on foot health. *Journal of Health Psychology.* 2013; 18(11): 1422-31.
19. **Branthwaite H, Chockalingam N.** The Role of Footwear in Rehabilitation: A Review. *The Internet Journal of Rehabilitation.* 2010; 1(1): 1-6.
20. **Branthwaite H, Chockalingam N.** What influences someone when purchasing new trainers? *Footwear Science.* 2009; 1(2): 71–72.
21. **Camasta CA, Pontious J, Boyd RB.** Quantifying magnification in pedal radiographs. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1991; 81: 545-548.
22. **Cansü E.** L-shaped big toe: a case of severe hallux valgus interphalangeus. *J Am Podiatr Med Assoc* 2009; 99: 244-6.
23. **Castro-Aragon O, Vallurupalli S, Warner M, Panchbhavi V, Trevino S.** Ethnic Radiographic Foot Differences. *Foot Ankle Int.* 2009; 30(1): 57–61.

24. **Chi TD, Davitt J, Younger A, Holt S, Sangeorzan BJ.** Intra- and inter-observer reliability of the distal metatarsal articular angle in adult hallux valgus. *Foot Ankle Int.* 2002; 23: 722-726.
25. **Choi JY, Babu H, Joseph FN, Stephanie S, Suh JS.** Effects of wearing shoes on the feet: Radiographic comparison of middle-aged partially shod Maasai women's feet and regularly shod Maasai and Korean women's feet. *Foot Ankle Surg.* 2018; 24(4): 330-335.
26. **Choi JY, Woo SH, Oh SH, Suh JS.** A comparative study of the feet of middle-aged women in Korea and the Maasai tribe. *J Foot Ankle Res.* 2015; 8: 68.
27. **Chuckpaiwong B, Berkson, EM, Theodore, GH.** Extracorporeal shock wave for chronic proximal plantar fasciitis: 225 patients with results and outcome predictors. *The Journal of Foot and Ankle Surgery.* 2009; 48(2): 148-155.
28. **Clinghan R, Arnold GP, Drew TS, Cochrane LA, Abboud RJ.** Do you get value for money when you buy an expensive pair of running shoes? *British Journal of Sports Medicine.* 2008; 42(3): 189-93.
29. **Clough JG, Marshall HJ.** The etiology of hallux abducto valgus. A review of the literature. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1985; 75: 238-244.
30. **Cody, W. D.** Algorithm 715: SPECFUN – A portable FORTRAN package of special function routines and test drivers. *ACM Transactions on Mathematical Software.* 1993; 19: 22–32.
31. **Colloff B, Weitz EM.** Proximal phalangeal osteotomy in hallux valgus. *Clin Orthop Relat Res.* 1967; 54: 105-113.
32. **Condon F, Kaliszer M, Conhyea D, T OD, Shaju A, Masterson E.** The first intermetatarsal angle in hallux valgus: an analysis of measurement reliability and the error involved. *Foot Ankle Int.* 2002; 23: 717-721.
33. **Corless J.** A modification of the Mitchell procedure. *J Bone Joint Surg.* 1976; 58-B: 138.

34. **Coughlin MJ.** Hallux valgus. *J Bone Joint Surg Am* 1996; 78(6): 932–66.
35. **Coughlin MJ.** Proximal first metatarsal osteotomy. 2th ed. Philadelphia: Williams and Wilkins; 2002.
36. **Coughlin MJ.** Rheumatoid forefoot reconstruction. A long-term follow-up study. *J Bone Joint Surg.* 2000; 82-A: 322-341.
37. **Coughlin MJ.** Roger A. Mann Award. Juvenile hallux valgus: etiology and treatment. *Foot Ankle Int.* 1995; 16: 682-697.
38. **Coughlin MJ.** Women's shoe wear and foot disorders. *West J Med.* 1995; 163: 569–70.
39. **Coughlin MJ, Freund E.** Roger A. Mann award: the reliability of angular measurements in hallux valgus deformities. *J Foot Ankle Int.* 2001; 22(5): 369–79.
40. **Coughlin MJ, Mann RA, Saltzman ChL.** Surgery of the foot and ankle. 8.a ed. Philadelphia: Mosby-Elsevier; 2007.
41. **Coughlin MJ, Saltzman CL, Nunley JA.** Angular measurements in the evaluation of hallux valgus deformities: a report of the ad hoc committee of the American Orthopaedic Foot & Ankle Society on angular measurements. *Foot Ankle Int.* 2002; 23: 68-74.
42. **Cowley EE, Chevalier TL, Chockalingam N.** The effect of heel height on gait and posture: a review of the literature. *Journal of the American Podiatric Medical Association.* 2009; 99(6): 512-518.
43. **Craiovan B, Zeiler G, Delling G, Schuh A.** Melorheostosis of the foot: a case report of a rare entity. *Zentralbl Chir.* 2006; 131: 517-20.
44. **Crevoisier X, Mouhsine E, Ortolano V, Udin B, Dutoit M.** The scarf osteotomy for the treatment of hallux valgus deformity: a review of 84 cases. *Foot Ankle Int.* 2001; 22: 970-976.

45. **Davies N, Branthwaite H, Chockalingam N.** Where should a school shoe provide flexibility and support for the asymptomatic 6-to 10-year-olds and on what information is this based? A Delphi yielded consensus. *Prosthetics and Orthotics International*. 2015; 39(3):213-8
46. **Davis A, Murphy A, Haines TP.** "Good for Older Ladies, Not Me" How Elderly Women Choose Their Shoes. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2013; 103(6): 465-470.
47. **Daw SW.** An unusual type of hallus valgus (two cases). *Brit Med J*. 1935; 2: 580-582.
48. **Delgado AD.** *Cirugía Ortopédica y Traumatología*. Madrid: Editorial Medica Panamericana S.A; 2012.
49. **De Steiger RN, Menelaus MB.** Hallux interphalangeus extensus. *J Pediatr Orthop*. 1993; 13: 797-798.
50. **Dereymaeker G.** Scarf osteotomy for correction of hallux valgus. Surgical technique and results as compared to distal chevron osteotomy. *Foot Ankle Clin*. 2000; 5: 513-524.
51. **EISaid A, Tisdell C, Donley B, Sferra J, Neth D, Brian Davis B.** First Metatarsal Bone: An Anatomic Study. *Foot & Ankle International*. 2006; 27(12): 1041-1048
52. **Emslie M.** The prevention of foot deformities in children. *Lancet*. 1939; 2: 1260.
53. **Ferrari J, Higgins JPT, Prior TD.** Interventions for treating hallux valgus (abductovalgus) and bunions. *The Cochrane Database Syst Rev*. 2004; (1): CD000964.
54. **Fitzgerald JA.** A review of long-term results of arthrodesis of the first metatarso-phalangeal joint. *J Bone Joint Surg Br* 1969; 51: 488-93.

55. **Fox HR, Firshein DB.** Variation in practitioner-measured x-ray angles in hallux abducto valgus evaluation. *J Foot Surg.* 1989; 28: 33-37.
56. **Frey C, Thompson F, Smith J, Sanders M, Horstman H.** American orthopaedic foot and ankle society women's shoe survey. *Foot Ankle.* 1993; 14(2): 78–81.
57. **García Carmona FJ, Pascual Huerta J, Fernández D.** A proposed subungueal exostosis clinical classification and treatment plan. *JAPMA* 2009; 99: 519–24.
58. **Garrido IM, Rubio ER, Bosch MN, González MS, Paz GB, Llabres AJ.** Scarf and Akin osteotomies for moderate and severe hallux valgus: clinical and radiographic results. *Foot Ankle Surg.* 2008; 14: 194-203.
59. **Garrow AP, Silman AJ, Macfarlane GJ.** The Cheshire Foot Pain and Disability Survey: a population survey assessing prevalence and associations. *Pain,* 2004; 110(1): 378-384.
60. **Glickman S, Zahari DT.** Short "Z" bunionectomy. *J Foot Surg.* 1986; 25: 304-306.
61. **Goldberg I, Bahar A, Yosipovitch Z.** Late results after correction of hallux valgus deformity by basilar phalangeal osteotomy. *J Bone Joint Sur.* 1987; 69-A: 64-67.
62. **Griffiths J.** The Normal Position of the Big Toe. *J Anat Physiol.* 1902; 36: 344-355.
63. **Grisafi PJ, Lombardi CM, Sciarrino AL, Rainer GF, Buffone WF.** Three select subungual pathologies: subungual exostosis, subungual osteochondroma, and subungual hematoma. *Clin Podiatr Med Surg* 1989; 6: 355–64.
64. **Guidozzi F.** Foot problems in older women. *Climacteric* [Internet]. Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group; 2017; 20(6): 518–21.

65. **Haines RW McDougall A.** Shoe design and toe deformation. *Lancet.* 1954; 267: 1308–11.
66. **Haines RW, Mc Dougall A.** The anatomy of hallux valgus. *JBJS* 1954; 36B(2):. 272-293.
67. **Hardy RH, Clapham JCR.** Hallux Valgus Predisposing Anatomical Causes. *Lancet.* 1952; 259(6720): 1180–3.
68. **Harris RI; Beath T.** The short first metatarsal: Its incidence and clinical significance. *J. Bone Joint Surg.*1949; 31(3): 553-565.
69. **Hewitt S, Yates B, Williamson D.** A prospective audit of referral patterns to a dedicated Foot and Ankle surgical service. *The Foot.* 2011; 21(4): 166-171
70. **Hill CL, Gill TK, Menz HB, Taylor AW.** Prevalence and correlates of foot pain in a population-based study: the North West Adelaide health study. *Journal Foot Ankle Research.* 2008; 1(2): 1-7.
71. **Hodor L, Hess T.** Shortening Z-osteotomy for the proximal phalanx of the hallux using axial guides. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1995; 85: 249-254.
72. **Hoffmann P.** the Feet of Barefooted and Shoe-Wearing Peoples. *J Bone Jt Surg.* 1905; 2: 105–36.
73. **Hueter C.** *Klinik der Gelenkkrankheiten mit Einschluss der Orthopädie.* Leipzig: Vogel; 1870.
74. **Ilyas W, Geskin L, Joseph AK, Seraly MP.** Subungual exostosis of the third toe. *J Am Acad Dermatol* 2001; 45: S200–201.
75. **Jahss MH,** Troy AI, Kummer F. Roentgenographic and mathematical analysis of first metatarsal osteotomies for metatarsus primus varus: a comparative study. *Foot Ankle.* 1985; 5: 280-321.
76. **James WC, Davis WH.** Hallux interphalangeal joint arthrodesis: indications and technique. *Tech Foot Ankle Surg* 2004; 3: 1563-7.

77. **Johnston O.** Further studies of the inheritance of hand and foot anomalies. Clin Orthop. 1956; 8: 146–60.
78. **Joseph J.** Range of movement of the great toe in men. J Bone Joint Surg. 1954; 36-B(3): 450- 457.
79. **Kato T, Watanabe S.** The etiology of hallux valgus in Japan. Clin Orthop Relat Res. 1981;157: 78-81.
80. **Keats T, Anderson M.** Atlas of Normal Roentgen Variants That May Simulate Disease. 9th ed. Philadelphia: Elsevier; 2012.
81. **Kelikian AS.** Sarrafian's Anatomy of the Foot and Ankle: Descriptive, Topographic, Functional. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2012.
82. **Kerr R, Arnold GP, Drew TS, Cochrane LA, Abboud RJ.** Shoes influence lower limb muscle activity and may predispose the wearer to lateral ankle ligament injury. Journal of orthopaedic research.2009; 27(3): 318-324.
83. **Kilmartin TE, O'Kane C.** Combined rotation scarf and Akin osteotomies for hallux valgus: a patient focussed 9 year follow up of 50 patients. J Foot Ankle Res. 2010; 3: 2.
84. **Kitterman JA, Kantanie S, Rocke DM, Kaplan FS.** Iatrogenic harm caused by diagnostic errors in fibrodysplasia ossificans progressiva. Pediatrics 2005; 116: 654-61.
85. **Klein C, Groll-Knapp E, Kundi M.** Increased hallux angle in children and its association with insufficient length of footwear: A community based cross-sectional study. BMC Musculoskelet Disord. 2009; 10(1): 1–7.
86. **Köhler A ZE.** Grenzen des Normalen und Anfänge des Pathologischen im Röntgenbild des Skeletts. Stuttgart: Thieme Verlag.; 1989.
87. **Kramer J.** Die Kramer-Osteotomie zur Behandlung des Hallux valgus und des Digitus quintus varus Operative Orthopädie und Traumatologie. 1990; 2: 29-38.

88. **Lapidus P.** Operative correction of metatarsus varus primus in hallux valgus Surg Gynecol Obstet. 1934; 58: 183-191.
89. **Lee CH, Lee S, Kang H, Jung DE, Song YM, Lee K, Lee K, Hwang J, Sung J.** Genetic influences on hallux valgus in Koreans: the healthy twin study. Twin Res Hum Genet. 2014; 17: 121–6.
90. **Lee M, Hodler J, Haghighi P, Resnick D.** Bone excrescence at the medial base of the distal phalanx of the first toe: normal variant, reactive change, or neoplasia? Skeletal Radiol. 1992; 21(3): 161–5.
91. **Lee M, Hodler J, Haghighi P, Resnick D.** Bone excrescence at the medial base of the distal phalanx of the first toe normal variant reactive change or neoplasia? Skelet Radiol 1992; 21: 161–5.
92. **Lee SK, Jung MS, Lee YH, Gong HS, Kim JK, Baek GH.** Two distinctive subungual pathologies: subungual exostosis and subungual osteochondroma. J Foot Ankle Int 2007; 28: 595–601.
93. **Lehman DE.** Salvage of complications of hallux valgus surgery. Foot Ankle Clin 2003; 8(1): 15–35.
94. **Lelièvre J.** Pathologie du pied. Paris: Masson et Cie; 1967.
95. **Lelièvre J.** Patología del pie; Barcelona: Ed. Masson SA; 1987.
96. **Lewis O.** Functional morphology of the evolving hand and foot. New York: Oxford University Press; 1989.
97. **Lim PQ, Shields N, Nikolopoulos N, Barrett JT, Evans AM, Taylor NF, Munteanu SE.** The association of foot structure and footwear fit with disability in children and adolescents with Down syndrome. J Foot Ankle Res. 2015; 8(1): 1–10.
98. **Mann RA; Coughlin MJ:** Adult hallux valgus. In Coughlin MJ, Mann RA. Surgery of the Foot and Ankle. St. Louis: Mosb; 1999. pp. 158.

99. **Mann RA, Coughlin MJ.** Hallux valgus--etiology, anatomy, treatment and surgical considerations. Clin Orthop Relat Res. 1981; 31-41.
100. **Mann RA.** Hallux valgus. Instr Course Lect. 1982; 31: 180-200.
101. **McCarthy DJ, Reed T, Abell N.** The hallucal interphalangeal sesamoid. J Am Podiatr Med Assoc. 1986; 76: 311-319.
102. **McDowell C.** Shoes Fashion and Fantasy. London: Thames and Hudson; 1994. p9-64.
103. **Menz HB, Lord SR.** Footwear and postural stability in older people. Journal of the American Podiatric Medical Association. 1999; 98(7); 346-57.
104. **Menz HB, Morris ME.** Footwear characteristics and foot problems in older people. Gerontology 2005; 51: 346–351.
105. **Menz HB, Roddy E, Marshall M, Thomas MJ, Rathod T, Peat GM, Croft PR.** Epidemiology of shoe wearing patterns over time in older women: Associations with foot pain and hallux valgus. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2016; 71(12):1682–7.
106. **Mickle KJ, Munro BJ, Lord SR, Menz HB, Steele JR.** Foot shape of older people: implications for shoe design. Footwear Science. 2010; 2(3): 131-139.
107. **Mickle KJ, Munro BJ, Steele J.** Is foot pain influenced by shoe wearing habits in older people? Footwear Science. 2011; 3(sup 1): S106–S108
108. **Molho-Pessach V, Lerer I, Abeliovich D, Agha Z, Abu Lib-deh A, Broshtilova V, Elpeleg O, Zlotogorski A.** The H syndrome is caused by mutations in the nucleoside transporter hnt 3. Am J Hum Genet 2008; 83: 529-34.
109. **Montiel V, Alfonso M, Villas C, Valenti A.** Medial and lateral exostoses of the distal phalanx of the hallux: A potentially painful bunion-like structure. Part 1: Incidence and clinical application. Foot Ankle Surg. 2019; 25(2): 158–64.

110. **Morales-Orcajo E, Bayod J Becerro-de-Bengoa-Vallejo R, Marta Losa-Iglesias M, Doblare M.** Influence of first proximal phalanx geometry on hallux valgus deformity: a finite element analysis. *Med Biol Eng Comput* (2015) 53:645–653.
111. **Mündermann A, Stefanyshyn D J, Nigg B M.** Relationship between footwear comfort of shoe inserts and anthropometric and sensory factors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2001; 33(11): 1939-1945.
112. **Muñoz-Mahamud E, Méndez A, Poggio Cano D, Asunción Márquez J.** Estudio clínico y radiológico del hallux valgus interfalángico. *Revista del Pie y Tobillo*. 2012; 26(2): 28-33
113. **Munteanu SE, Menz HB, Wark JD, Christie JJ, Scurrah KJ, Bui M, Erbas B, Hopper JL, Wluka AE.** Hallux Valgus, By Nature or Nurture? A Twin Study. *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2017; 69(9): 1421–8.
114. **Nakagawa K, Obu T, Kanosue K.** Post-marathon wearing of Masai Barefoot Technology shoes facilitates recovery from race-induced fatigue: an evaluation utilizing a visual analog scale. *Open access journal of sports medicine*. 2014; 5: 267.
115. **Nigg BM.** The role of impact forces and foot pronation - a new paradigm. *Clinical Journal Sports Medicine*. 2001; 11(1): 2-9.
116. **Nix S, Smith M, Vicenzino B.** Prevalence of hallux valgus in the general population: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Foot and Ankle Research* 2010, 3:21
117. **Noonan R, Thurber NB.** Irreducible dorsal dislocation of the hallucal interphalangeal joint. *J Am Podiatr Med Assoc*. 1987; 77: 98-101.
118. **Núñez Samper M, Llanos Alcázar LF, Viladot Pericé R.** Técnicas quirúrgicas en cirugía del pie. Barcelona: Masson SA; 2003.

119. **Núñez Samper M.** Biomecánica, medicina y cirugía del pie: Barcelona: Masson SA; 1997.
120. **Okuda R, Kinoshita M, Yasuda T, Jotoku T, Shima H, Takamura M.** Hallux valgus angle as a predictor of recurrence following proximal metatarsal osteotomy. *J Orthop Sci.* 2011; 16(6): 760–4.
121. **Paiva de Castro, A, Rebelatto, JR, Aurichio, TR.** The relationship between foot pain, anthropometric variables and footwear among older people. *Applied Ergonomics.* 2010; 41(1): 93-97.
122. **Palladino SJ, Towfigh A.** Intra-evaluator variability in the measurement of proximal articular set angle. *J Foot Surg.* 1992; 31: 120-123.
123. **Panchbhavi VK, Trevino S.** Comparison between manual and computer-assisted measurements of hallux valgus parameters. *Foot Ankle Int.* 2004; 25: 708-711.
124. **Park CH, Lee WC.** Recurrence of Hallux Valgus Can Be Predicted from Immediate Postoperative Non-Weight-Bearing Radiographs. *J Bone Joint Surg Am.* 2017; 99(14): 1190-1197.
125. **Perera AM, Mason L, Stephens MM.** Current concepts review: The pathogenesis of hallux valgus. *J Bone Joint Surg Am.* 2011; 93: 1650-61
126. **Phelan ST.** Fads and fashions: the price women pay. Primary care update for *Obstetrics and Gynecology.* 2002; 9(4):1 38-143.
127. **Pique-Vidal C, Sole MT AJ.** Hallux valgus inheritance: pedigree research in 350 patients with bunion deformity. *J Foot Ankle Surg.* 2007; 46: 149–54.
128. **Plattner PF, Van Manen JW.** Results of Akin type proximal phalangeal osteotomy for correction of hallux valgus deformity. *Orthopedics.* 1990; 13: 989-996.
129. **Prado M, Ripoll PL, Golanó P.** Cirugía Percutánea del pie. Técnicas quirúrgicas. Indicaciones. Bases anatómicas. Barcelona: Masson SA; 2004.

130. **Prado M, Golanó P, Ripoll PL.** Minimally invasive foot surgery: surgical techniques, indications, anatomical basis. Barcelona: About Your Health D.L; 2009.
131. **Raikin SM, Miller AG, Daniel J.** Recurrence of hallux valgus: a review. *Foot Ankle Clin.* 2014 Jun; 19(2): 259-74.
132. **Riskowski J, Dufour AB, Hannan MT.** Arthritis, Foot Pain & Shoe Wear: Current Musculoskeletal Research on Feet. *Current Opinion in Rheumatology.* 2011; 23(2): 148.
133. **Robinson AH, Limbers JP.** Modern concepts in the treatment of hallux valgus. *J Bone Joint Surg Br.* 2005; 87(8):1038–45.
134. **Roukis TS.** Hallux proximal phalanx Akin-Scarf osteotomy. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2004; 94: 70-72.
135. **Saltzman CL, Brandser EA, Berbaum KS, DeGnore L, Holmes JR, Katcherian DA, Teasdall RD, Alexander IJ.** Reliability of standard foot radiographic measurements. *Foot Ankle Int.* 1994; 15: 661-665.
136. **Sanhudo JV, Gomes JE, Rabello MC, Delucca G.** Interobserver and intraobserver reproducibility of hallux valgus angular measurements and the study of a linear measurement. *Foot Ankle Spec.* 2012; 5(6): 374-7.
137. **Saro C, Johnson DN, Martinez De Aragón J, Lindgren U, Felländer-Tsai L.** Reliability of radiological and cosmetic measurements in hallux valgus. *Acta Radiol.* 2005; 46(8): 843-51.
138. **Scale KS.** Women and their shoes: unrealistic expectations?. *Instr. Course Lect.* 1995; 44: 379-384.
139. **Schneider W, Csepan R, Knahr K.** Reproducibility of the radiographic metatarsophalangeal angle in hallux surgery. *J Bone Jt Surg Am.* 2003; 85-A: 494–9.

140. **Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K.** Prometheus: texto y atlas de anatomía. Madrid: Editorial Medica Panamericana Sa de; 2005.
141. **Schwartz N, Hurley JP.** Derotational Akin osteotomy: further modification. *J Foot Surg.* 1987; 26: 419-421.
142. **Semer LC, Drossner B, Fleming WC, Levin R.** Osteoblastoma of the distal phalanx of the hallux. *J Foot Surg.* 1990; 29: 357-360.
143. **Shi K, Hayashida K, Tomita T, Tanabe M, Ochi T.** Surgical treatment of hallux valgus deformity in rheumatoid arthritis: clinical and radiographic evaluation of modified Lapidus technique. *J Foot Ankle Surg.* 2000; 39: 376-382.
144. **Shine IB.** Incidence of Hallux Valgus in a Partially Shoe-wearing Community. *Br Med J.* 1965; 1(5451): 1648–50.
145. **Sim-Fook L, Hodgson A.** A Comparison of Foot Forms Among the Non-Shoe and Shoe-Wearing Chinese Population. *J Bone Jt Surg.* 1958; 40: 1058–62.
146. **Smith RW, Reynolds JC, Stewart MJ.** Hallux valgus assessment: report of research committee of American Orthopaedic Foot and Ankle Society. *Foot Ankle.* 1984; 5: 92-103.
147. **Sorto LA, Balding MG, Weil LS, Smith SD.** Hallux abductus interphalangeus: Etiology, x-ray evaluation and treatment. *J Am Podiatry Assoc.* 1976; 66: 384-396.
148. **Speed CA, Nichols D, Wies J, Humphreys H, Richards C, Burnet S, Hazleman BL.** Extracorporeal shock wave therapy for plantar fasciitis. A double blind randomised controlled trial. *Journal of Orthopaedic Research.* 2003; 21(5): 937- 940.
149. **Steel MW, Johnson KA, DeWitz MA, Ilstrup DM.** Radiographic measurements of the normal adult foot. *Foot Ankle.* 1980; 1: 151-158.

150. **Sullivan BT, Robison FB, Palladino SJ.** Interevaluator variability in the measurement of proximal articular set angle. *J. Foot Surg.* 1988; 27: 466–468.
151. **Testut L, Jacob O.** Anatomía topográfica. Barcelona: Salvat; 1941.
152. **Thompson ALT, Zipfel B.** The unshod child into womanhood - Forefoot morphology in two populations. *Foot.* 2005; 15(1): 22–8.
153. **Valentí A, Montiel V, Alfonso M, Villas C.** Feasibility of open and percutaneous corrective osteotomies of the second phalanx of the great toe: An approach on a cadaveric model. 2019; 38: 39-42.
154. **Valentí A.** Morfología de la segunda falange del primer dedo del pie. implicación en el hallux valgus [Tesis doctoral]. Pamplona: Universidad de Navarra; 2011.
155. **Van der Woude P, Keizer SB, Wever-Korevaar M, Thomassen BJW.** Intra- and Interobserver Agreement in Hallux Valgus Angle Measurements on Weightbearing and Non-Weightbearing Radiographs. *J Foot Ankle Surg.* 2019; 58(4): 706-712.
156. **Venning P.** Sources of error in the production and measurement of standard radiographs of the foot. *Br J Radiol.* 1951; 24: 18-26.
157. **Viladot A, Viladot R.** Hallux valgus. In: 20 lecciones sobre patología del pie. Barcelona: Editorial Mayo. 2011. p 119-135.
158. **Viladot A.** Patología del antepié. Barcelona: Toray; 1975.
159. **Viladot A.** The metatarsals. In: Jahss MH editor. Disorders of the foot Vol. I. MH J, editor. Canada: Saunders; 1982. p 659-710.
160. **Villas C, Del Rio J, Valenti A, Alfonso M.** Symptomatic medial exostosis of the great toe distal phalanx: a complication due to over-correction following akin osteotomy for hallux valgus repair. *J Foot Ankle Surg* 2009; 48: 47–51.
161. **Vittetoe DA, Saltzman CL, Krieg JC, Brown TD.** Validity and reliability of the first distal metatarsal articular angle. *Foot Ankle Int.* 1994; 15: 541-547.

162. **Weitbrecht J.** Syndesmology or a description of the ligaments of the human body. Philadelphia: Saunders; 1969.
163. **Wichura MJ.** Algorithm AS 241: The percentage points of the normal distribution. *Applied Statistics*, 1988; 37: 477–484.
164. **Wilkinson JL.** The terminal phalanx of the great toe. *J Anat* 1954; 88: 537-41.
165. **Winter WG, Iwersen LJ, Johnson ED.** Lateral supporting ligament of the distal phalanx. *Foot Ankle*. 1989; 9(6): 310–1.
166. **Wu KK.** Wu's bunionectomy: a clinical analysis of 150 personal cases. *J Foot Surg*. 1992; 31: 288-297.
167. **Yanklowitz BA, Jaworek TA.** The frequency of the interphalangeal sesamoid of the hallux. A retrospective roentgenographic study. *J Am Podiatry Assoc*. 1975; 65: 1058-1063.
168. **Yu GV, Nagle CJ.** Hallux interphalangeal joint sesamoidectomy. *J Am Podiatr Med Assoc*. 1996; 86: 105-111.
169. El coste del absentismo laboral en España alcanzó los 85.100 millones en 2018, un 10% más, según Adecco. *Eur Press* 2019. (<https://www.europapress.es/economia/laboral-00346/noticia-coste-absentismo-laboral-espana-alcanzo-85100-millones-2018-10-mas-adecco-20190612113518.html>) Ultimo acceso 1 diciembre 2019
170. Sacyl pagará 13.000 euros a una mujer por las secuelas tras operarse de juanetes. *ABC Castilla y León* 2013. (<https://www.abc.es/local-castilla-leon/20131014/abci-sacyl-pagara-euros-mujer-201310141123.html>) Ultimo acceso 1 diciembre 2019

ANEXOS

XII. Anexos

1. Índice de tablas

<i>Tabla 1: Distribución y datos demográficos de los sujetos en cada grupo en función del tipo de calzado</i>	69
<i>Tabla 2: Número de sujetos por grupo etario</i>	70
<i>Tabla 3: Número de sujetos por grupo de edad, en función del tipo de calzado.</i>	70
<i>Tabla 4: Número de sujetos en cada grupo de fórmula digital</i>	71
<i>Tabla 5: Numero de sujetos en cada grupo de fórmula digital en función del tipo de calzado.</i>	71
<i>Tabla 6: Número de sujetos en cada grupo de fórmula metatarsal</i>	71
<i>Tabla 7: Numero de sujetos en cada grupo de fórmula metatarsal en función del tipo de calzado.</i>	72
<i>Tabla 8: Medias de los ángulos medidos en grados (º) y desviaciones estándar (DE) de la edad y cada uno de los ángulos medidos en radiografía.</i>	72
<i>Tabla 9: Medias de los ángulos medidos en grados (º) y desviaciones estándar (DE) de la edad y cada uno de los ángulos medidos en radiografía, en función del tipo de calzado.</i>	73
<i>Tabla 10: Medias de los ángulos medidos en grados (º) y desviaciones estándar (DE) por grupos de edad.</i>	75
<i>Tabla 11: Medias de los ángulos en grados (º) y desviaciones estándar (DE) por grupos de edad en función del tipo de calzado.</i>	78
<i>Tabla 12: Tabla de correlación entre los ángulos AIM, AMTF, DASA, PASA, AIF, AF2, AF1 y DA</i>	81
<i>Tabla 13: Número y porcentaje de sujetos en cada grupo de fórmula digital en función del tipo de calzado</i>	89
<i>Tabla 14: Número y porcentaje de sujetos en cada grupo de fórmula metatarsal en función del tipo de calzado</i>	90
<i>Tabla 15: Medias de los ángulos medidos en grados (º) por grupos de fórmula digital (E: Egipcia, C: cuadrada; G griega) en función del tipo de calzado.</i>	91
<i>Tabla 16: Medias de los ángulos medidos en grados (º) por grupos de fórmula metatarsal (IM: Índice Minus; IPM: Índice Plus-minus; IP: Índice Plus) en función del tipo de calzado.</i>	92

<i>Tabla 17: Número y porcentaje de sujetos en cada grupo de morfología de F2</i>	93
<i>Tabla 18: Número y porcentaje de sujetos en cada grupo de forma de F2 en función del tipo de calzado</i>	93
<i>Tabla 19: Media de edad (DE) de los sujetos en cada grupo de morfología de F2 en función del tipo de calzado</i>	94
<i>Tabla 20: Número y porcentaje de sujetos en cada grupo de edad en función de la forma de F2 digital y del tipo de calzado</i>	94
<i>Tabla 21: Medias de los ángulos medidos en grados (º) y DE por grupos de morfología de F2</i>	95
<i>Tabla 22: Número y porcentaje de sujetos en cada grupo de forma de F2 en función de la fórmula digital (E: Pie Egipcio; C: Pie Cuadrado; G: Pie Griego) y del tipo de calzado</i>	95
<i>Tabla 23: Número y porcentaje de sujetos en cada grupo de morfología de F2 en función de la fórmula metatarsal (IM: Índice Minus; IPM: Índice Plus-minus; IP: Índice Plus) y del tipo de calzado</i>	96
<i>Tabla 24: Número y porcentaje de sujetos en cada grupo en función de la presencia y localización de exóstosis.</i>	96
<i>Tabla 25: Número y porcentaje de sujetos en cada grupo en función de la presencia y localización de exóstosis, y del tipo de calzado</i>	97
<i>Tabla 26: Media de edad (DE) de los sujetos en cada grupo presencia y localización de exóstosis en función del tipo de calzado</i>	97
<i>Tabla 27: Número y porcentaje de sujetos en cada grupo de edad en función de la presencia y localización de exóstosis, y del tipo de calzado</i>	98
<i>Tabla 28: Medias de los ángulos medidos en grados (º) y DE por grupos de morfología de F2</i>	99
<i>Tabla 29: Número y porcentaje de sujetos en cada grupo de localización de exóstosis en función de la fórmula digital (E: Pie Egipcio; C: Pie Cuadrado; G: Pie Griego) y el tipo de calzado</i>	100
<i>Tabla 30: Número y porcentaje de sujetos en cada grupo de localización de exóstosis en función de la fórmula metatarsal (IM: Índice Minus; IPM: Índice Plus-minus; IP: Índice Plus) y el tipo de calzado</i>	101
<i>Tabla 31: Número y porcentaje de sujetos en cada grupo de localización de exóstosis en función de la morfología de F2 (L: Longitudinal, C: Clásica, P: Piramidal) y el tipo de calzado</i>	102

2. Índice de figuras

Figura 1: Anatomía del sistema gleno-sesamoideo (Haines RW, Mc Dougall A. <i>The anatomy of hallux valgus</i> . JBJS 1954; 36B:2. 272-293 ⁽⁶⁶⁾).....	17
Figura 2: Inserciones musculares del hallux (Imagen creada con aplicación informática Human Anatomy Atlas. Visible body ["Image courtesy of Visible Body"].....)	17
Figura 3: Cinemática de los dedos: A. Primer dedo. B. Dedos laterales (Tomada del libro Viladot A, Viladot R. <i>Hallux valgus</i> . In: 20 lecciones sobre patología del pie. Barcelona: Mayo. 2011. p 119-135. ⁽¹⁵⁷⁾).....	18
Figura 4: 1er metatarsiano (fondo negro): A. Cara dorsal y tibial; B. Cara plantar, C, Cara peroneal, D. Cabeza o superficie articular distal. E. Falange distal (fondo rojo)	19
Figura 5: musculatura extrínseca del pie en la pierna (Adaptada del libro Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K. <i>Prometheus: texto y atlas de anatomía</i> . Madrid: Editorial Medica Panamericana; 2005 ⁽¹⁴⁰⁾): A. 1. Músculo tibial anterior; 2. Músculo extensor largo de los dedos; 3. Músculo extensor largo del hallux o Extensor hallucis longus (EHL) B. 1. Músculo tibial posterior; 2. Músculo flexor largo de los dedos; 3. Músculo flexor del hallux o extensor hallucis longus (EHL)	22
Figura 6: Musculatura intrínseca del pie (Adaptada del libro Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K. <i>Prometheus: texto y atlas de anatomía</i> . Madrid: Editorial Medica Panamericana; 2005 ⁽¹⁴⁰⁾): A.1. Músculo extensor corto de los dedos; 2. Músculo extensor corto del hallux o extensor hallucis brevis (EHB) B.1. Músculo abductor de hallux (ABDH); 2. Músculo flexor corto del hallux o flexor hallucis brevis (FHB); 3. Músculo aductor del hallux (ADDH); 4. Músculo abductor del quinto dedo (ABD5º); 5. Músculo flexor corto del quinto dedo (FB5º); 6. Músculo oponente del quinto dedo (OP5º). C.1. Músculo flexor corto de los dedos; 2. Músculo cuadrado plantar; 3. Músculos lumbricales I-IV	24
Figura 7: Tipos de fórmula digital y su prevalencia en la población (Tomada del libro Viladot A, Viladot R. <i>Hallux valgus</i> . In: 20 lecciones sobre patología del pie. Barcelona: Mayo. 2011. p 119-135. ⁽¹⁵⁷⁾).....	25
Figura 8: Tipos de fórmula metatarsal y su prevalencia en la población (Tomada del libro Viladot A, Viladot R. <i>Hallux valgus</i> . In: 20 lecciones sobre patología del pie. Barcelona: Mayo. 2011. p 119-135. ⁽¹⁵⁷⁾).....	25

Figura 9: Ángulos proximales del 1^{er} radio: 1. Angulo intermetatarsal. 2. Angulo metatarso falángico. 3. PASA. 4. DASA (Adaptada de: Coughlin MJ. *Hallux Valgus*. *J Bone Joint Surg Am*. 1996 Jun;78(6):932-66⁽³⁴⁾)29

Figura 10: Ángulos distales del 1^o radio: 1. Ángulo inferfalángico (AIF). 2. Ángulo de oblicuidad (AF1). 3. Ángulo de desviación articular (DA). 4. Ángulo de asimetría (AF2). (Adaptada de: Sorto L, Balding M, Weil L, Smith S. *Hallux abductus interphalangeus: Etiology, X-ray evaluation and Treatment*. *J Am Pod Assoc*. 1976;66:384-96.⁽¹⁴⁷⁾).....30

Figura 11: Angulo de divergencia articular fálángico (ADAF).habitualmente inferior a 10º (Muñoz-Mahamud E, Méndez A, Poggio Cano D, Asunción Márquez J. *Estudio clínico y radiológico del hallux valgus interfalángico*. *Revista del Pie y Tobillo*. 2012;26(2): 28-33⁽¹¹²⁾).....30

Figura 12: Angulo intermetatarsal y de rotación de la 1^o metatarsiano durante el crecimiento. El AIM disminuye con el tiempo. El primer metatarsiano crece con más rapidez para llegar al tamaño del metatarsiano del sujeto adulto. (Tomado del libro Kelikian AS. *Sarraffian’s Anatomy of the Foot and Ankle: Descriptive, Topographic, Functional*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2012.⁽⁸¹⁾)31

Figura 13: Patogenia de la deformidad en hallux valgus. (Tomado del libro Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K. *Prometheus: texto y atlas de anatomía*. Madrid: Editorial Medica Panamericana; 2005⁽¹⁴⁰⁾).....33

Figura 14: Alteraciones axiales en del HV. El primer metatarsiano se desplaza en sentido medial y en pronación dando lugar al desplazamiento lateral del abductor del hallux (ABH), del aductor del hallux (ADH), flexor largo del hallux (FHL), y el extensor largo del dedo gordo (EHL). La capsula medial se distienden y la bursa se engrosa dando lugar a dolor por la presión sobre la prominencia medial. Además, el sesamoideo medial erosiona la cresta que separa las articulaciones del los dos sesamoideo y la aplana. (Perera AM, Mason L, Stephens MM. *Current concepts review: The pathogenesis of hallux valgus*. *J Bone Joint Surg Am*. 2011; 93: 1650-61⁽¹²⁵⁾)33

Figura 15: Valgo interfalángico provocado por el hipercrecimiento del lado tibial de la falange proximal o distal y la posible deformidad del 2º dedo secundaria (Tomado del Libro Lelievre J. *Patología del pie*; Barcelona: Ed. Masson SA; 1987. ⁽⁹⁵⁾).....35

Figura 16: Protocolo terapéutico de las desviaciones angulares del 1º radio (Tomada del libro Viladot A, Viladot R. *Hallux valgus*. In: 20 lecciones sobre patología del pie. Barcelona: Mayo. 2011. P 119-135. ⁽¹⁵⁷⁾)37

Figura 17: Algoritmo de tratamiento primario y de revisión de HV. (DMMA: DASA o ángulo articular distal, IMA: ángulo intermetatarsal, MT: metatarso, MTP: Metatarsofalángico, TMT: tarsometatarsal)

**** Es frecuente hallar un DMAA (PASA) grande en HV juveniles o de la adolescencia, en los cuales para mantener la congruencia articular y una adecuada corrección es necesario hacer una doble osteotomía (en dos niveles y dos planos diferentes de la deformidad) para evitar la recurrencia o la degeneración artrósica. (Adaptada de: Recurrence of Hallux Valgus A Review. Raikin SM, Miller AG, Daniel J. Foot Ankle Clin N Am 19 (2014) 259–274⁽¹³¹⁾)**38

Figura 18: Exóstosis tibial de la F2 del hallux41

Figura 19: Distribución de Munteanu et al. de la altura del tacón y forma de la punta del calzado (Munteanu SE, Menz HB, Wark JD, Christie JJ, Scurrah KJ, Bui M, et al. *Hallux Valgus, By Nature or Nurture? A Twin Study. Arthritis Care Res (Hoboken) [Internet]. 2017;69(9):1421–8.*⁽¹¹³⁾)42

Figura 20: Ejemplo de la superficie del pie y del zapato en uno de los sujetos descritos en la serie de Menz (Menz HB, Morris ME. *Footwear Characteristics and Foot Problems in Older People. Gerontology 2005;51:346–351*⁽¹⁰⁴⁾)43

Figura 21: Zapato tradicional Maasai de punta redondeada y abierta. (Tomada de: Choi JY, Babu H, Joseph FN, Stephanie S, Suh JS. *Effects of wearing shoes on the feet: Radiographic comparison of middle-aged partially shod Maasai women’s feet and regularly shod Maasai and Korean women’s feet. Foot Ankle Surg. 2018; 24(4): 330-335*⁽²⁵⁾)45

Figura 22: Calzado tradicional japonés (Kato T, Watanabe S. *The etiology of hallux valgus in Japan. Clin Orthop Relat Res. 1981: 78-81*⁽⁷⁸⁾)46

Figura 23: Ángulos proximales del 1 radio: 1. Ángulo intermetatarsal. 2. Ángulo metatarso falángico. 3. PASA. 4. DASA59

Figura 24: Ángulos distales del 1º radio: 1. Ángulo inferfalángico (AIF). 2. Ángulo de asimetría (AF2). 3. Ángulo de desviación articular (DA). 4. Ángulo de oblicuidad (AF1).60

Figura 25: Fórmula digital: A. Pie cuadrado; B. Pie griego; C. Pie egipcio61

Figura 26: Fórmula metatarsal: A. Índice plus-minus; B. Índice minus; C. Índice plus	62
Figura 27: A. Exóstosis tibial, B. Exóstosis peronea, C. Exóstosis bilateral, D. Sin exóstosis.	62
Figura 28: Clasificación morfológica de la falange distal del hallux (A. Longitudinal, B. Piramidal, C. Clásica)	63
Figura 29: Variación del AMTF (en grados) en función del tipo de calzado.	74
Figura 30: Variación del AIF (en grados) en función del tipo de calzado.	74
Figura 31: Variación del AF2 (en grados) en función del tipo de calzado.	75
Figura 32: Correlación positiva del AMTF con la edad.	76
Figura 33: Correlación negativa del AIF con la edad	76
Figura 34: Correlación negativa del AF2 con la edad	77
Figura 35: Relación estadísticamente significativa entre AMTF y edad solo en grupo que utiliza calzado cerrado de forma habitual (Grupo C).	79
Figura 36: Relación estadísticamente significativa entre AIF y edad solo en grupo que utiliza calzado cerrado de forma habitual (Grupo C).	79
Figura 37: Relación estadísticamente significativa entre AF2 y edad solo en grupo que utiliza calzado cerrado de forma habitual (Grupo C).	80
Figura 38: Correlación positiva entre el AIM y el AMTF que sigue la ecuación $AIM=7,4+0,13xAMTF$.	81
Figura 39: Correlación positiva entre el AIM y el PASA que sigue la ecuación $AIM=8,4+0,20xPASA$.	82
Figura 40: Correlación negativa entre el AIM y el AF2 que sigue la ecuación $AIM=11,1-0,2xAF2$.	82
Figura 41: Correlación positiva entre el AMTF y el PASA que sigue la ecuación $AMTF=1,2+9,5xPASA$.	83
Figura 42: Correlación positiva entre el AMTF y el DASA que sigue la ecuación $AMTF=12,7+0,64xDASA$.	83
Figura 43: Correlación negativa entre el AMTF y el AIF que sigue la ecuación $AMTF=23,3-0,6xAIF$.	84
Figura 44: Correlación negativa entre el AMTF y el AF1 que sigue la ecuación $AMTF=18,5-1,2xAF1$.	84
Figura 45: Correlación negativa entre el AMTF y el AF2 que sigue la ecuación $AMTF=20,1-0,5xAF2$.	85
Figura 46: Correlación negativa entre el AMTF y el DA que sigue la ecuación $AMTF=17,1-0,58xDA$.	85
Figura 47: Correlación negativa entre el DASA y el AF1 que sigue la ecuación $DASA=5,2-0,1xAF1$.	86
Figura 48: Correlación negativa entre el PASA y el AIF que sigue la ecuación $PASA=12,3-0,2xAIF$.	86

Figura 49: Correlación positiva entre el AIF y el AF2 que sigue la ecuación $AIF=4,3+0,9xAF2$	87
Figura 50: Correlación positiva entre el AIF y el AF1 que sigue la ecuación $AIF=9,3+1,0xAF1$	87
Figura 51: Correlación positiva entre el AIF y el DA que sigue la ecuación $AIF=9,8-0,87xDA$	88
Figura 52: Correlación positiva entre el AF1 y el DA que sigue la ecuación $AF1=1,7+0,17xDA$	88
Figura 53: Descomposición del AIF en AF1, AF2 y DA: La suma de $AF1 + AF2 + DA = AIF$	89
Figura 54: Temperatura media y precipitaciones en la Republica Democrática del Congo <i>(https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/congo-democratic-republic)</i>	109
Figura 55: Mercado de calzado CADECO en Goma (Republica Democratica del Congo) <i>(https://globalpressjournal.com/africa/democratic-republic-of-congo/drc-co-op-shoe-market-brings-women-safety-profits/)</i>	110
Figura 56: Evolución de la esperanza de vida en años en La Republica Democrática del Congo. <i>(https://data.worldbank.org/country/congo-dem-rep)</i>	111
Figura 57: Pirámide poblacional de la Republica Democrática del Congo (The CIA World Factbook: <i>https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/cg.html)</i>	111
Figura 58: Partes del calzado	112
Figura 59: Imagen comparativa de la pirámide poblacional del España (izquierda) y la República Democrática del Congo (derecha) (Tomado de: https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/cg.html)	124

3. Artículos derivados del estudio:

Foot and Ankle Surgery 25 (2019) 158–164



Contents lists available at ScienceDirect

Foot and Ankle Surgery

journal homepage: www.elsevier.com/locate/fas



Medial and lateral exostoses of the distal phalanx of the hallux: A potentially painful *union-like* structure. Part 1: Incidence and clinical application



V. Montiel*, M. Alfonso, C. Villas, A. Valenti

Dpto de COT, Clínica Universitaria de Navarra, Avda Pio XII 36, 31008 Pamplona, Spain

ARTICLE INFO

Article history:

Received 5 July 2017

Received in revised form 20 September 2017

Accepted 10 October 2017

Keywords:

Symptomatic exostoses of hallux distal phalanx

Hallux distal phalanx morphology

Foot symptomatic exostoses

ABSTRACT

Background: Exostoses at the base of the distal phalanx of the great toe are usually asymptomatic. The literature has not generally considered them as the origin of a possible problem resulting from a pressure conflict between hallux and shoe (medial aspect) or second toe (lateral aspect) nor a potential complication of surgical correction of hallux valgus deformity. No studies, to our knowledge, have evaluated its possible correlation with other foot disorders. When one of these neglected exostoses became painful after surgical correction of hallux valgus, we decided to start a study to determine their possible origin, prevalence in daily practice and histo-pathological morphology.

Methods: Two hundred and fifty-four feet of patients (average age 41.7 y.) were enrolled in the study from January 2007 to June 2009. Dorsoplantar weight-bearing radiographs were used to analyze the presence of exostoses and their correlation with the distal phalanx morphology, metatarsal formula (or transverse plane orientation of the metatarsal heads parabola) and hallux valgus angles. Patients were classified according to their age and main symptom for consultation. Four exostoses removed from cadaver feet were also analyzed microscopically.

Results: Osseous excrescences arising on the medial or lateral aspect at the proximal part of the terminal phalanx of the hallux were observed in 132 feet (51.9%). Thirty-five feet out of these 132 (13.7%) had exostoses on both sides of the phalanx. A statistically significant positive correlation was found between the presence of a medial exostosis of the phalanx and the severity of HVA. Patients with higher IPH and asymmetry angles have a lower prevalence of medial exostoses ($p < 0.05$). Amongst the different morphologies of the second phalanx, exostoses were most likely found in the standard form.

Conclusions: Prevalence of exostoses at the base of the distal phalanx is high (51.9% of the studied feet). Histological findings would suggest that these exostoses could be considered a mechanical reactive process, produced by a chronic irritation by shoes. We encourage surgeons to be aware of its potential clinical implications. Direct resection is very simple and the most appropriate treatment for symptomatic cases.

© 2017 European Foot and Ankle Society. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

Exostoses are isolated bony prominences that can appear in every part of the skeleton and are consistent with diverse clinical and radiologic conditions [1,2]. Toes and especially the distal phalanx (Ph2) of the great toe are a common location.

Differential diagnosis of a Ph2 exostosis includes subungual exostosis, osteochondroma, subungual verruca, granuloma pyogenicum, glomus tumor, nail bed carcinoma, melanotic whitlow, enchondroma, and ingrown toenail among others [3].

The most well-known symptomatic prominence of the distal phalanx is the subungual exostosis. This is an outgrowth of normal bone tissue (sometime covered by a thin cartilaginous sheet) which causes firm swelling below the nail and develops during adolescence. The pathogenesis is not clearly understood, as there are many factors involved, including: trauma, chronic infection, tumor and hereditary abnormality. Subungual prominences have a very low prevalence in general population [1].

In our daily practice, when paying attention to patient's radiographs, we have observed a surprisingly high prevalence of exostoses at the medial or lateral aspects of the distal phalanx of the hallux. Although they are common, they often go unrecognized. They protrude from the medial or lateral aspects of the base of the distal phalanx, just distal to the medial and lateral tubercle;

* Corresponding author.

E-mail address: vmontiel@unav.es (V. Montiel).

<https://doi.org/10.1016/j.fas.2017.10.020>

1268-7731/© 2017 European Foot and Ankle Society. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.

sometimes, rather than a real bony prominence on the lateral side, the epiphyseal lateral part is itself prominent. This osseous outgrowth has been described as a normal variant that rarely results in clinical symptoms [4], or as a possible effect of trauma [5]. Winter et al. [6] described in 1989 an interosseous supporting ligament running from between the phalangeal tuft and the proximal metaphyseal flare in a number of cadaver great toes. The ligament indicated the limit between the plantar pulp and the dorsal compartment of the phalanx but it was not connected to any other soft tissues and its functional role was never clarified. Carmona et al. [7] classified these exostoses as a type IV exostosis and Lelièvre in 1967 described its resection using a direct approach when symptomatic [8].

After encountering several symptomatic exostoses on the base of the distal phalanx in clinical practice (5 of which required surgery and will be reported in the second part of this manuscript as part of a multicentric study), and reviewing the literature, we realized that there is a real sparseness of information regarding the prevalence of lateral or medial exostoses and their potential clinical implications. We have only found one formal study on the incidence and origin of these exostoses [9], and one case report of a bony prominence on the base of the distal phalanx that became symptomatic after surgical correction of hallux valgus, published by our senior author [10]. Although readers might find the clinical relevance of these Ph2 exostoses modest, we decided to study them from a morphological point of view in order to compare our data with the one reported by Lee et al. in 1992 [9] and fill the void of information concerning the second phalanx morphology and its possible correlation with other foot disorders, hallux angles and Ph2 shape.

2. Patients/materials and methods

We performed a retrospective study of 254 feet of patients who came to our clinic between January 2007 and June 2009, selected using a consecutive sampling technique. Our inclusion criteria included: patients aged 2–81 years (mean 41.7 years), with a dorsoplantar weight-bearing foot radiograph of one foot and no pain or symptoms specifically on the distal phalanx of the hallux. Exclusion criteria were deforming arthritis, previous foot surgery or neurological disease. Out of the 254 feet, 197 were right and

57 were left. Eighty-six patient were men (26.7%) and 168 were women (73.3%).

We used dorsoplantar weight-bearing radiographs that were taken with the X-ray beam tilted at 20° to the vertical in the sagittal plane at a distance of 100 cm, directed vertical to the cassette in the coronal plane, and centered in the middle of the third metatarsal.

The hallux valgus angle (HVA), the intermetatarsal angle (IMA), the distal metatarsal articular angle (DMAA), the proximal articular set angle (PASA) and the interphalangeal angle (IPH) were measured according to standard guidelines by the same examiner [11,12] (Fig. 1).

Asymmetry angle of Ph2 (AF2) is defined, by Sorto et al. [13] as the angular relationship between the articular surface of the base of the distal phalanx and its longitudinal bisection (Fig. 1) and its longitudinal bisection. Metatarsal formula – or coronal plane alignment of the metatarsal heads – was evaluated too as described by Viladot [14,15].

Patients were also divided into six groups depending on their main symptoms leading to consultation: hallux valgus (HV), hallux rigidus (HR), metatarsalgia, trauma, flat foot and others (tendinitis, hammer toes . . .).

The morphology of the distal phalanx of the hallux was classified in three groups (Fig. 2a–c):

Longitudinal (Fig. 2a): This group corresponds to those phalanges with a disproportionate long diaphysis regarding the rest of structures. The distal tuberosity is slimmed following the shaft.

Pyramidal (Fig. 2b): Corresponding to phalanges with a wide base and a slim shaft that becomes progressively narrower and finishes in a small distal tuberosity. This morphology does not allow clear discrimination of the base of the shaft and distal tuberosity.

Standard (Fig. 2c): Corresponding to phalanges described on anatomical classic texts, with a clear wide base, followed by a short shaft and finishing on the distal ungual tuberosity.

We furthermore divided the sample in three groups: patients sixteen years old or younger with opened physis (77 patients 30.3%), patients between sixteen and sixty years old (103 patients 40.5%) and finally patients aged sixty or older with arthritic changes (74 cases, 29.2%)

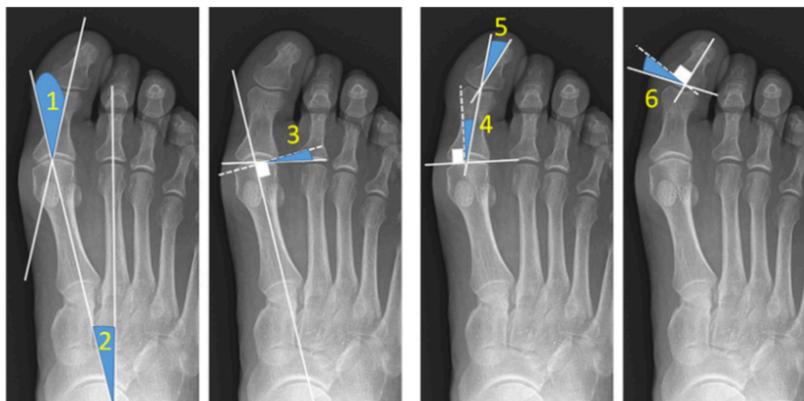


Fig. 1. (1) Hallux valgus angle (HVA). (2) Intermetatarsal angle (IMA). (3) Distal metatarsal articular angle (DMAA). (4) Proximal articular set angle (PASA). (5) Interphalangeal angle (IPH). (6) Asymmetry (AF2).

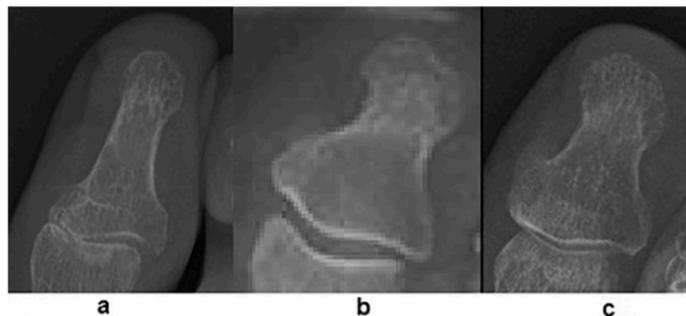


Fig. 2. Morphology of the distal phalanx of the hallux classified in three groups. *Longitudinal* (a): This group corresponds to those phalanges with a long diaphysis, disproportionate with regard to the rest of structures. The distal tuberosity is slimmed following the diaphysis. *Pyramidal* (b): Corresponding to phalanges with a wide base and a slim diaphysis that becomes progressively narrower and finishes in a small distal tuberosity. This morphology does not allow clear discrimination of the base of the diaphysis and distal tuberosity. *Standard* (c): Corresponding to phalanges described on anatomical classic texts, with a clear wide base, followed by the diaphysis and finishing on the distal ungual tuberosity.

We described the presence or absence of an exostosis at the base of the distal phalanx (medial or lateral) and their correlation with the other measurements (Fig. 3).

Given that the microscopic analysis of the bone paste resulting from the percutaneous resection (usual surgical technique) of these exostoses is not valid, an anatomical and histological parallel examination of the bony outgrowths of four cadaveric feet from multiorgan donors was performed using hematoxylin and eosin stain. Dorsoplantar radiographs were taken to select 4 donors with these exostoses and perform this anatomical and histological examination.

Statistical analysis was performed using SPSS 11.0 for Windows. Independent-samples T-test was used to compare the mean angles between two groups and ANOVA when there were more than two groups. Chi-squared test was used to do proportion analysis. Simple linear regression was used to evaluate the influence of

constant variables (angles) and Logistic Regression for dichotomous variables (presence of exostoses).

The $p < 0.05$ was considered to indicate statistical significance.

3. Results

The patients' main reasons for consultation were trauma with 47 feet (18.4%), hallux valgus in 85 feet (33.5%), hallux rigidus in 21 (8.2%), flat foot in 46 (18.2%), metatarsalgia in 33 (13%) and others in 22 patients (8.6%).

The mean HVA was 20.0° (18.6–21.4), the mean IMA was 9.8° (9.3–10.3), DMAA was 5.4° (4.9–5.3), PASA was 5.62 (5.2–6.0), IPH was 11.4° (10.8–12.1) and AF2 was 7.9° (7.4–8.4) (76.9% of IPH).

The most frequent metatarsal formula was index plus-minus (106 feet, 41.7%), followed by index-minus (89 feet, 35%) and index-plus formula (59 feet, 23.2%).



Fig. 3. Exostosis at the medial side of the base of the distal phalanx.

Table 1
Shows a demographic description of the population we studied, the main reasons for consultation, the mean angles measured, metatarsal formula, phalanx morphology and the presence of medial and lateral exostoses.

		Women	Men	Total
Age	–	47.73	29.97 years	41.7 years
Sex	–	168 (73.3%)	86 (26.7%)	254
Groups	≤16 years	30 (38.9%)	47 (61.1%)	77 (30.3%)
	>16 < 60 years	72 (69.9%)	31 (30.9%)	103 (40.5%)
	≥60 years	24 (32.5)	50 (67.5%)	74 (29.2%)
Consultation	Trauma	23 (13.69%)	24 (27.9%)	47 (18.4%)
	HV	72 (42.86%)	13 (15.2%)	85 (33.5%)
	HR	17 (10.12%)	4 (4.65%)	21 (8.2%)
	Pes Planus	18 (10.71%)	28 (32.56%)	46 (18.2%)
	Metatarsalgia	24 (14.29%)	9 (10.47%)	33 (13%)
	Other	14 (8.33%)	8 (9.3%)	22 (8.6%)
Angles	HVA	22.23°	15.68°	20.01°
	IMA	10.36°	8.77°	9.83°
	DMAA	5.88°	5.1°	5.42°
	PASA	5.75°	4.79°	5.62°
	IPH	10.72°	12.97°	11.48°
	Asymmetry	7.57°	8.72°	7.46°
Metatarsal formula	Index plus	24 (40.6%)	35 (59.4%)	59 (23.2%)
	Index minus	42 (47.1%)	47 (52.9%)	89 (35%)
	Index plus-minus	57 (53.7%)	49 (46.3%)	106 (41.8%)
Phalanx morphology	Standard	121 (47.6%)	61 (24%)	182 (71.6%)
	Longitudinal	30 (11.9%)	14 (5.5%)	41 (16.2%)
	Pyramidal	17 (6.6%)	11 (4.3%)	31 (12.2%)
Medial exostosis	Yes	96	36	132
	No	72	50	122
Lateral exostosis	Yes	26	9	35
	No	142	77	219

Regarding morphology, 182 phalanges presented a standard morphology, 31 phalanges were pyramidal and 41 of them a longitudinal form (Table 1).

An osseous excrescence arising on the medial aspect of the terminal phalanx of the hallux was a common finding, observed in 132 feet (51.9%) and not seen in 122 (48.1%). Radiographs of patients under sixteen exceptionally disclosed a medial exostosis (1 case). Feet from the adult group presented a bony prominence on the medial side in 80% of the second phalanges (Ph2) and the group of over 60 had a medial exostosis in 65%. Such differences were statically significant ($p < 0.05$). This difference amongst groups is probably due to the inconsistency in the men:women ratio and the uneven prevalence of HV throughout the 3 groups.

Our results showed a higher prevalence of medial exostoses on distal phalanx of the hallux in patients complaining about HV – 44% of the patients with a medial exostosis had HV ($p < 0.05$). Although, there was a statistically significant positive correlation between the presence of medial exostoses and the HVA alone

($p < 0.05$), no correlation was found between the presence of medial exostoses and the DMAA, PASA, IMA which also grade the severity of the HV.

IPH and Asymmetry angles displayed an inverse correlation with the prevalence of medial exostoses. Larger mean IPH and Asymmetry angles had a lower prevalence of these bony out-growths ($p < 0.05$) and feet with smaller IPH and Asymmetry angles had higher medial exostoses prevalence.

Statistically high prevalence of medial exostoses was found (χ^2 13.1, $p < 0.05$) in the standard morphology of the distal phalanx.

On the lateral side, epiphyseal bony excrescences were observed in only 35 feet (13.7%) and were not seen in 219 cases (86.3%). Lateral exostoses always appeared associated to medial exostoses in our patients. We did not find isolated lateral exostoses in any feet.

No differences were found between index metatarsal formula or the motive of consultation and the presence of Ph2 exostosis.

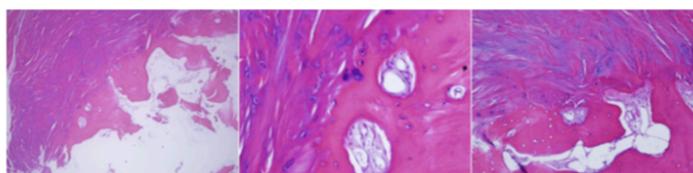


Fig. 4. Microscopy of exostosis (hematoxylin and eosin): normal cancellous bone with a thin layer of cortical bone. There is no cartilage cap on the surface. Blood vessels with endothelium and a muscular layer are observed within the trabecular bone, close to its surface. No inflammatory cells or changes were found.

In the microscopic report, exostoses were reported as normal cancellous bone with a thin layer of cortical bone. No cartilage cap was identified in the surface of any of the studied prominence. Blood vessels with endothelium and a muscular layer were observed within the trabecular bone, close to its surface. These vessels were surrounded by fibrofatty tissue and many of them were observed within the periosteum in reactive periosteal areas. No inflammatory cells or changes were found and no signs of neoplasia were present. The histologic findings were interpreted as reactive changes (Fig. 4). On anatomical macroscopic examination of the few great toes we dissected (only 4 in total), we did not find the lateral supporting ligament reported by Winter et al. [6] therefore we cannot theorize about its role in the Ph2 exostoses development.

4. Discussion

Following our clinical experience on problems caused by these exostoses at the base of the distal phalanx, that has already been published [10], we decided to pay more attention to their presence in daily practice. Owing to a lack of reports regarding this entity in the literature [4,7,8] we started to study its prevalence and possible origins more in depth to better understand the morphology of the second phalanx of the hallux.

Keats [4] described exostoses as a "normal variant" but our results showed a high prevalence (51%) of this medial exostosis in patients in our daily practice. Its absence in young patients, under sixteen, and its presence after the closure of the adjacent physis can serve as a guideline regarding the timeline of their

development. We found a single case of a foot with an exostosis at the medial side with open physis (Fig. 5).

The high prevalence of exostoses and our histological findings exclude the presence of a tumor; its position discards an enthesophyte because there are no insertions of ligament or tendons or joint capsule in this area [16]. We did not find the lateral supporting ligament reported by Winter et al. [6] on our 4 anatomical macroscopic examinations, therefore we cannot assume nor reject any possible influence of this ligament on the development of the phalangeal exostoses. However, it seems unlikely that if the ligament is not attached to any other structures that can cause movement or tension it can cause an enthesophyte.

Histologically exostoses were identified as reactive bone, so we conclude that this bony prominence is probably caused by the reaction of normal bone against repeated compressive forces by the shoes or repetitive trauma as suggested by Wu [5]. It can be interpreted as a mechanical reactive process, produced by a chronic irritation of the periosteum with a variable amount of bone outgrowth in both margins of the phalanx, more frequently in the medial side.

Although the different proportion of males and females and right and left feet analyzed can appear unbalanced, it was a result of using a consecutive sampling technique to select our patients. We were only looking to do a descriptive study of the prevalence of these bony outgrowths in our population and therefore did not aim to obtain balanced groups. Despite this unbalance, this prominence was found to be more common in females than in males. One of the reasons could be that women's main complaint in our consultation were HV problems (42.8%), with larger HVA.

Although our selected cohort may form a selection bias because all the patients presented with some kind of foot symptoms, we were careful to select only those patients with no symptoms associated explicitly to the distal phalanx of the hallux to minimize bias and, therefore, be able to perform an incidence study of these bony prominences in asymptomatic patients.

We are uncertain why there is a higher prevalence of medial exostoses on Ph2 of the hallux in patients complaining about HV ($p < 0.05$) with larger HVA alone ($p < 0.05$) but no direct correlation with the DMAA, PASA, IMA which also grade the severity of the HV. This could mean that there is no real correlation between the severity of the HV and the presence of medial exostoses. However, maybe the occidental culture of footwear, which would lead to a higher prevalence of HV due to the shape of the shoes [17,18], could at the same time produce a greater pressure against the medial aspect of the Ph2 base. Nevertheless, this is only a theory and we have no proof supporting this statement.

The inverse relationship found between IPH, Asymmetry and the presence of exostoses ($p < 0.05$) would be possibly due to a higher distance of phalanx from shoe friction. Additionally, we would like to mention that naming the lateral deviation of the phalanx asymmetry is not very accurate because it does not represent a real asymmetry but a tilt from the longitudinal axis. Therefore, we suggest it should be referred to as tilting angle.

Our study is not accurate enough to determine a useful etiological correlation. However, this was never our goal. We were only attempting to establish the prevalence of these bony outgrowths in asymptomatic patients. Although the fact is that we have already encountered several symptomatic ones (that will be reported in further studies) and the only plausible reason that we can find for them becoming symptomatic is the result of narrow shoes causing friction along the medial aspect of the hallux, resulting on a hypertrophic painful medial epicondyle at the base of the distal phalanx (Fig. 6).

These possible etiological factors in conjunction with the histological results, the lack of focal symptoms and the absence of trauma suggested that repetitive forces occurring during



Fig. 5. Foot with open physis and exostosis at the medial side of the distal phalanx.

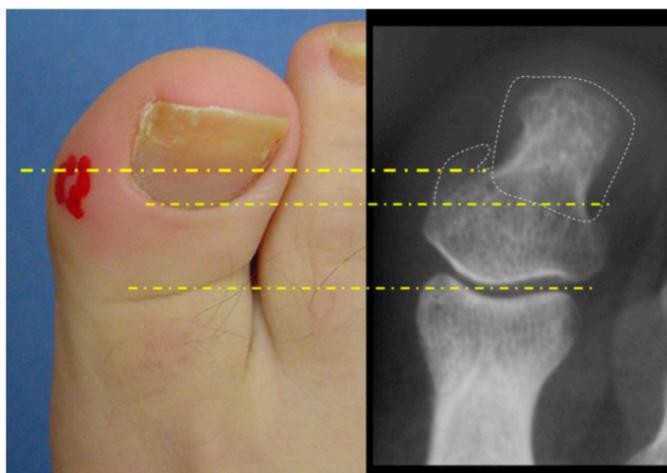


Fig. 6. Symptomatic medial exostosis that caused pain in the area marked in red due to friction with the medial aspect of the shoe.

ambulation (like shoe pressure) would induce the reactive bone formation, rather than an acute injury. Patients with HV – especially women – are always more influenced by shoe pressure in the base of the phalanx than hallux with interphalangeal HV.

The high prevalence indirectly implies that it is not specific of any particular foot morphology as inferred from the lack of a direct statistical significance found between a particular type of foot, morphology of the distal phalanx and the presence of this kind of exostosis.

Although our results seem to prove that the existence of bony prominences is common (51.9% of studied feet) at the base of the Ph2 of the great toe, the paucity of published papers implies that it goes unrecognized. The low incidence of clinical consequences may be because it only becomes symptomatic in association with certain HV angles, type of foot and phalanx. In patients with no HV deformity and a “square” digital formula a pressure conflict can arise between toe space and a triangular shaped shoe. Further studies would be needed to determine when exostoses become symptomatic.

We think that the possible impact of these exostoses in foot surgery is underestimated. After having some problems with them we encourage surgeons to be aware of their potential clinical significance. HV surgery sometimes leads to overcorrection of the position of the toe trying to find better cosmetic results. Overcorrection of the interphalangeal angle, could lead to a clinically relevant prominence of a pre-existing exostosis due to pressure on the exostosis by the shoe [9]. We encourage surgeons to consider excision of this bony prominence when we suspect that it can cause symptoms. The suggested treatment consists of direct percutaneous resection, but other techniques described by García et al. [7] and Lelièvre [8] could be used.

Lastly, we have not found many references to these bony outgrowths of Ph2, and amongst the ones we have found half of them were published before 1989. Consequently, it seems that knowledge is being lost because there are not many references to these bony excrescences in current papers. The purpose of this paper is to draw attention to these exostoses and encourage

surgeons to look for them in symptomatic cases, despite their modest clinical relevance.

In conclusion, exostoses are a common finding. They are more frequent on the medial aspects of the great toe distal phalanx and may be a normal anatomical variant probably caused by chronic irritation of footwear. These bony prominences may represent a clinical problem by themselves and could be a possible cause of complication after HV surgery. We should consider prophylactic or direct resection when they are symptomatic.

Financial disclosure

None reported.

Conflict of interest

None reported.

References

- [1] Grisafi PJ, Lombardi CM, Sciarrino AL, Rainer GF, Buffone WF. Three select subungual pathologies: subungual exostosis, subungual osteochondroma, and subungual hematoma. *Clin Podiatr Med Surg* 1989;6:355–64.
- [2] Lee SK, Jung MS, Lee YH, Gong HS, Kim JK, Baek GH. Two distinctive subungual pathologies: subungual exostosis and subungual osteochondroma. *J Foot Ankle Int* 2007;28:595–601.
- [3] Ilyas W, Geskin L, Joseph AK, Seraly MP. Subungual exostosis of the third toe. *J Am Acad Dermatol* 2001;45:S200–201.
- [4] Keats. *Atlas of normal roentgen variants that may simulate disease*. St. Louis: Mosby; 1992.
- [5] Wu KK. Wu's bunionectomy: a clinical analysis of 150 personal cases. *J Foot Surg* 1992;31:288–97.
- [6] Winter WC, Iwersen LJ, Johnson ED. Lateral supporting ligament of the distal phalanx. *Foot Ankle* 1989;9:310–1.
- [7] García Carmona FJ, Pascual Huerta J, Fernández D. A proposed subungual exostosis clinical classification and treatment plan. *JAPMA* 2009;99:519–24.
- [8] Lelièvre. *Pathologie du Pied*. Paris: Masson et Cie; 1967.
- [9] Lee M, Hodler J, Haghghi P, Resnick D. Bone excrescence at the medial base of the distal phalanx of the first toe: normal variant reactive change or neoplasia? *Skelet Radiol* 1992;21:161–5.

- [10] Villas C, Del Rio J, Valenti A, Alfonso M. Symptomatic medial exostosis of the great toe distal phalanx: a complication due to over-correction following akin osteotomy for hallux valgus repair. *J Foot Ankle Surg* 2009;48:47–51.
- [11] Coughlin MJ, Freund E, Roger A. Mann award: the reliability of angular measurements in hallux valgus deformities. *J Foot Ankle Int* 2001;22:369–79.
- [12] Schneider W, Csepan R, Knahr K. Reproducibility of the radiographic metatarsophalangeal angle in hallux surgery. *J Bone Jt Surg Am* 2003;85-A:494–9.
- [13] Sorto Jr. LA, Balding MG, Weil LS, Smith SD. Hallux abductus interphalangeus: etiology, X-ray evaluation and treatment. *J Am Podiatry Assoc* 1976;66:384–96.
- [14] Viladot A. Patología del antepié. Barcelona: Toray; 1975.
- [15] Viladot A. The metatarsals. In: Jahss MH, editor. Disorders of the foot, vol. I. Canada: Saunders; 1982. p. 659–710.
- [16] Weitbrecht J. Syndesmology or a description of the ligaments of the human body. Philadelphia: Saunders; 1969.
- [17] Barouk LS. Les conflits avant-pied-chaussure fe' minine. Analyse solution. *Podologie* 1987;87:166–79.
- [18] Branthwaite H, Chockalingam N, Greenhalgh A. The effect of shoe toe box shape and volume on forefoot interdigital and plantar pressures in healthy females. *J Foot Ankle Res* 2013;6:28.

