

**Departamento de Fisioterapia
Escuela Universitaria de Ciencias de la Salud
Universidad de Sevilla**



***Factores morfológicos en la etiología del hallux
limitus y el hallux abductus valgus***

Pedro Vicente Munuera Martínez

TESIS DOCTORAL

- 2006 -

DIRECTORES:

Prof. Dr. D. Jesús Rebollo Roldán

Prof. Dr. D. Juan Polo Padillo



UNIVERSIDAD DE SEVILLA
Escuela Universitaria de Ciencias de la Salud
Departamento de Fisioterapia

***Factores morfológicos en la etiología del hallux limitus y el
hallux abductus valgus***

Tesis presentada por D. Pedro Vicente Munuera Martínez
para optar al grado de Doctor por la Universidad de Sevilla,
dirigida por los Doctores D. Jesús Rebollo Roldán y
D. Juan Polo Padillo

Sevilla, a diecinueve de mayo de dos mil seis

Los Directores,

El doctorando,

Dr. D. Jesús Rebollo Roldán

Dr. D. Juan Polo Padillo

D. Pedro Vicente Munuera Martínez



Dpto. de Fisioterapia

Dr. D. JESÚS REBOLLO ROLDÁN, Catedrático de Escuela Universitaria adscrito al Departamento de Fisioterapia de la Universidad de Sevilla, y Dr. D. JUAN POLO PADILLO, Profesor Titular de Universidad adscrito al Departamento de Ciencias Socio-sanitarias de la Universidad de Sevilla,

HACEN CONSTAR:

Que D. Pedro Vicente Munuera Martínez ha realizado, bajo su dirección y coordinación, la tesis titulada: **“Factores morfológicos en la etiología del hallux limitus y el hallux abductus valgus”** para optar al grado de Doctor por la Universidad de Sevilla, y que dicho trabajo reúne las condiciones necesarias para ser sometido a la lectura y discusión ante el Tribunal.

Sevilla, a diecinueve de mayo de dos mil seis.

Los Directores,

Dr. D. Jesús Rebollo Roldán

Dr. D. Juan Podo Padillo

AGRADECIMIENTOS

A los Doctores D. Jesús Rebollo Roldán y D. Juan Polo Padillo, directores de la tesis, por su tiempo, su paciencia, su apoyo y colaboración, sin los cuales la realización de este trabajo hubiera resultado harto difícil.

A Gabriel Domínguez, por su tenacidad, gracias a la cual las mediciones radiográficas de esta tesis se han realizado en formato digital.

A Piedad Trujillo Pérez y María Reina Bueno, por su colaboración durante el trabajo de campo.

A todos los que han hecho posible la puesta en marcha de la primera edición del programa de doctorado “Nuevas tendencias asistenciales y de investigación en Ciencias de la Salud”, del cual se deriva esta tesis.

A todas aquellas personas que voluntariamente han tenido a bien participar en este estudio.

A mi familia
A mis Maestros
Y muy especialmente, a Ana

ÍNDICE

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema de investigación	2
1.2. Justificación	3
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. ANATOMÍA, BIOMECÁNICA Y PATOMECÁNICA DEL PRIMER SEGMENTO METATARSO-DITIGAL	7
2.1.1. Anatomía del primer radio y primera articulación metatarsofalángica	7
2.1.1.a. Osteología	7
2.1.1.b. Artrología	10
2.1.1.c. Miología	14
La fascia del pie	14
Músculos extrínsecos	15
Músculos intrínsecos	17
2.1.2. Biomecánica del primer radio y primera articulación metatarsofalángica	19
2.1.2.a. Ejes y planos de movimiento del primer radio y primera articulación metatarsofalángica	19
2.1.2.b. Función normal del primer radio en la marcha	20
2.1.2.c. Función normal de la 1ª AMTF en la marcha	24

2.1.3. Patomecánica del hallux limitus	25
2.1.3.a. Papel etiológico de las partes blandas	26
2.1.3.b. Insuficiencia del peroneo largo y limitación de la extensión metatarsofalángica	28
2.1.3.c. Insuficiencia del primer radio como causa de hallux limitus	29
2.1.3.d. Alteraciones en la longitud del I metatarsiano y primer dedo como factor etiológico	30
2.1.3.e. Papel del aparato sesamoideo en el desarrollo del hallux limitus	31
2.1.3.f. Forma de la cabeza del I metatarsiano en el hallux limitus	32
2.1.4. Patomecánica del hallux abductus valgus	33
2.1.4.a. Insuficiencia del primer radio como causa de hallux abductus valgus	33
2.1.4.b. Papel de las partes blandas en la progresión del hallux abductus valgus	35
2.1.4.c. Desviación de los sesamoideos en el hallux abductus valgus	36
2.1.4.d. Deformación de la cabeza del I metatarsiano	37
2.1.5. Imagen radiográfica normal del primer radio y primer dedo	38
2.2. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA	44
2.2.1. Orientación del antepié con respecto al retropié en el plano transversal	44
2.2.2. Desviación en adducción del I metatarsiano	47

2.2.3. Protusión relativa entre el I y II metatarsianos	48
2.2.4. Alteraciones en la longitud del I metatarsiano	51
2.2.5. Alteraciones en la longitud de la falange proximal del primer dedo, o primer dedo en su conjunto	54
2.2.6. Oblicuidad de la primera articulación cuneometatarsal	55
2.2.7. Forma de la cabeza del I metatarsiano	58
2.2.8. Longitud excesiva de los sesamoideos	60
2.2.9. Retracción de partes blandas	60
2.3. ASPECTOS ÉTICOS	62
3. OBJETIVOS	65
4. MATERIAL Y MÉTODO	67
4.1. Tipo de diseño	68
4.2. Variables de estudio	68
4.3. Características generales de la muestra	69
4.4. Cálculo del tamaño de la muestra	70
4.5. Selección de los individuos de la muestra	71
4.6. Criterios de inclusión en los distintos grupos del estudio	71
4.7. Características del aparato de rayos X y del chasis	75
4.8. Protocolo de radiología utilizado	75
4.9. Método de realización de las medidas	79
4.10. Medidas realizadas	80
4.10.1. Ángulo metatarsus adductus	80
4.10.2. Ángulo intermetatarsal entre el I y II metatarsianos	81
4.10.3. Ángulo metatarsofalángico del primer dedo o	

ángulo de hallux abductus valgus	83
4.10.4. Ángulo interfalángico del primer dedo	83
4.10.5. Ángulo del metatarsus primus varus	85
4.10.6. Ángulo de oblicuidad de la primera articulación cuneometatarsal	86
4.10.7. Profusión relativa entre el I y el II metatarsianos	89
4.10.8. Distancia de los sesamoideos medial y lateral al borde distal del I metatarsiano	91
4.10.9. Longitud de los sesamoideos	92
4.10.10. Longitud y anchura de los metatarsianos primero y segundo	93
4.10.11. Longitud y anchura de las falanges proximales de los dedos primero y segundo	95
4.10.12. Longitud de la falange distal del primer dedo	96
4.10.13. Longitud del primer dedo	96
4.10.14. Forma de la cabeza del I metatarsiano	97
4.11. Análisis estadístico	98
4.11.1. Fiabilidad de las medidas	98
4.11.2. Análisis descriptivo	99
4.11.3. Pruebas de contraste	99
5. RESULTADOS	100
5.1. Fiabilidad de las medidas	101
5.2. Descripción de la muestra	101
5.2.1. Descripción de la muestra global	101
5.2.2. Descripción del grupo control	102
5.2.3. Descripción del grupo HAV	102
5.2.4. Descripción del grupo HL	103

5.3. Análisis descriptivo de las variables	103
5.4. Comparaciones	107
6. DISCUSIÓN	120
6.1. Tamaños	121
6.1.1. Primer metatarsiano	121
6.1.2. Falange proximal del primer dedo	123
6.1.3. Primer dedo	125
6.2. Oblicuidad cuneometatarsal	125
6.3. Sesamoideos	129
6.4. Forma de la cabeza del I metatarsiano	133
6.5. Otras variables	134
6.6. Factores que intervienen en el mecanismo de producción del hallux abductus valgus	137
6.7. Factores que intervienen en el mecanismo de producción del hallux limitus	140
6.8. Limitaciones del estudio	142
7. CONCLUSIONES	144

8. RESUMEN	147
9. BIBLIOGRAFÍA	149
10. ANEXOS	174
10.1. Anexo I. Cálculo del tamaño de la muestra	175
10.2. Anexo II. Formulario de consentimiento informado	176
10.3. Anexo III. Ficha para las mediciones radiográficas	182
10.4. Anexo IV. Abreviaturas	183

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

El hallux abductus valgus (en adelante, HAV) y el hallux limitus (en adelante, HL) son dos patologías que afectan al primer segmento metatarso-digital. En la primera, el primer dedo se desvía en abducción y el metatarsiano en adducción, originando una prominencia ósea medial a nivel de la primera articulación metatarsofalángica (en adelante, 1ª AMTF), conocida comúnmente como *juanete*. En la segunda, se produce una limitación del movimiento de extensión de la 1ª AMTF, que en estados avanzados puede originar también una prominencia ósea, pero a nivel dorsal de dicha articulación. Si el HL evoluciona, la 1ª AMTF puede llegar a anquilosarse, produciendo así una alteración conocida con el nombre de hallux rigidus (en adelante, HR), que supone el estadio final del HL. Ambas alteraciones, HAV y HL, poseen una etiología de base común, al margen de otras causas como las neurológicas, traumáticas, iatrogénicas o degenerativas. Esta etiología se refiere a un déficit biomecánico en articulaciones más proximales, como la subastragalina y la mediotarsiana.

Independientemente de las causas biomecánicas, podríamos dividir en otros dos grandes grupos los factores que intervienen en la etiología de estas dos alteraciones del pie. Uno sería el de los factores extrínsecos al pie, entre los que se encuentran el factor hereditario, enfermedades sistémicas, calzado, sexo, etc. El otro sería el de los factores morfológicos o estructurales intrínsecos del pie. Existen elementos estructurales cuyas variaciones de la normalidad se han atribuido en la literatura científica a una u otra deformidad a lo largo de los años. Ejemplos de ello son la orientación en adducción del antepié en el plano transversal, la protusión relativa del I y II metatarsianos, la longitud del I metatarsiano y/o del primer dedo, la oblicuidad de la primera articulación cuneometatarsal, la excesiva separación entre el I y el II metatarsianos en el plano transversal, la forma de la cabeza del I metatarsiano, la longitud de los sesamoideos, o la retracción de ciertas partes blandas que interesan a la 1ª

AMTF. Lo que se pretende investigar con este trabajo es cuáles de los factores morfológicos o estructurales anteriormente mencionados se asocian con la etiología de una u otra deformidad.

Uno de los instrumentos al que se recurre con más frecuencia para valorar el estado o evolución de las deformidades de HAV y de HL es la radiografía dorsoplantar. Esta proyección permite la observación y medición de gran cantidad de signos, ángulos y distancias descritos para el examen radiológico de ambas alteraciones. Muchas de las investigaciones que se han realizado sobre radiografías utilizando pies normales o pies con alguna de estas dos alteraciones muestran resultados contradictorios con respecto a la etiología de estas dos deformidades. En estos trabajos se aceptan y rechazan teorías sobre su causa, algunas de las cuales han sido consolidadas a lo largo de los años. Otras, sin embargo, son más recientes. Además, los valores normales para muchos de estos parámetros se encuentran dentro de unos rangos que varían en exceso según el autor consultado.

1.2. Justificación

Encontramos dos motivos principalmente por los cuales existe la controversia mencionada anteriormente. El primero tiene relación con la edad media de los individuos que participan en las investigaciones, y con el grado de progresión de la deformidad. Si se llevan a cabo estudios con individuos cuya media de edad es relativamente alta, se corre el riesgo de atribuir de forma errónea ciertas variaciones de la morfología a la etiología del HAV y/o del HL, cuando en realidad se debería asociar más acertadamente al paso del tiempo. Además, en un pie con un grado avanzado de HAV o de HL se pueden observar cambios morfológicos que se deben a la progresión durante años de la deformidad. A ellos, por tanto, no se les debe atribuir un papel desencadenante de la misma.

Es por este motivo por el que la muestra en esta investigación está compuesta por sujetos que se encuentran en la tercera década de la vida, y que presentan HAV o HL de grado leve o incipiente, en el caso de los grupos patológicos. Esto supone una de las principales innovaciones de la misma. Hasta el momento, no hemos encontrado en la literatura científica un estudio que haya comparado las características morfológicas en el primer segmento metatarso-digital entre estas dos patologías entre sí, y con un grupo control, en una muestra de estas particularidades. A diferencia de los estudios realizados por otros autores, en éste se han incluido individuos con edades comprendidas entre los 20 y los 29 años. De esta forma se consigue un doble objetivo. Por un lado, que las fisis de crecimiento óseo ya estén cerradas, y por otro, se evita que los cambios producidos en los pies estudiados sean consecuencia del paso de los años por una edad avanzada. Además, independientemente de la edad, el HAV y el HL pueden presentarse con mayor o menor nivel de progresión. De manera que podría darse el caso de un paciente con edad comprendida entre 20 y 29 años, pero con un avanzado desarrollo de la deformidad, con lo que también cabría la posibilidad de observar cambios resultantes, en lugar de causantes, de estas patologías.

El segundo motivo por el que consideramos que existe esa controversia, hace referencia al tipo de trabajos que se han llevado a cabo con el objetivo de investigar la asociación de algunos de estos factores morfológicos con el HAV o con el HL. Todas las variables que se contemplan en el presente estudio y su relación con el HAV o el HL han sido investigadas previamente, a veces de forma independiente, y otras veces agrupando algunas de ellas en el mismo trabajo, pero, según nuestro conocimiento, nunca todas en conjunto. Es posible que la diversidad de muestras empleadas (en ocasiones se trata incluso de investigaciones *in vitro*), de metodologías, de criterios de inclusión, de medios, etc., hayan proporcionado datos y conclusiones muy variables. Esta variabilidad ha podido afectar tanto a los valores normales que aportan estos estudios, como a las teorías que de ellos se derivan. En la revisión bibliográfica realizada no hemos encontrado ningún autor que haya incluido en su investigación todos los factores morfológicos que se analizan en conjunto en el presente trabajo.

Consideramos, por tanto, que el estudio en conjunto de los factores morfológicos o estructurales del primer segmento metatarso-digital en pies normales, pies con HAV y pies con HL, en ambos casos de carácter incipiente, y pertenecientes a individuos con una edad comprendida en la tercera década de la vida, puede aportar conclusiones novedosas al conocimiento científico podológico.

2. MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ANATOMÍA, BIOMECÁNICA Y PATOMECÁNICA DEL PRIMER SEGMENTO METATARSO-DIGITAL

Para una mejor comprensión del papel que desempeñan los factores morfológicos que se estudian en este trabajo, en el desarrollo de las patologías de HAV y de HL consideramos necesario describir los elementos óseos, ligamentosos y musculares que interesan al primer segmento metatarso-digital, así como las características de las articulaciones que participan en estas alteraciones. Del mismo modo, estimamos que el conocimiento de la función normal de este segmento en la marcha nos ayudará a comprender cómo ciertos desequilibrios biomecánicos en el pie dan lugar a estas dos deformidades. Asimismo, el entendimiento de la patomecánica del HAV y del HL nos llevará a percibir mejor por qué pueden influir dichos factores en estas patologías.

Por ello, en la primera parte de este capítulo abordamos los aspectos anatómicos y funcionales del primer segmento metatarso-digital, así como las características más relevantes del inicio y progresión del HAV y el HL, lo que pensamos nos permitirá asimilar de manera óptima los resultados de este estudio y la interpretación que de ellos hacemos en el capítulo de Discusión.

2.1.1. Anatomía del primer radio y primera articulación metatarsofalángica

2.1.1.a. Osteología

El primer radio es una unidad funcional formada por el I metatarsiano y la primera cuña^{1,2,3}. La 1ª AMTF la forman la cabeza del I metatarsiano, la base de la falange proximal del primer dedo, y los dos huesos sesamoideos situados en la cara plantar de la cabeza del I metatarsiano. El primer dedo del pie, al igual que el de la mano, es bifalángico, de modo que posee una falange proximal y otra distal.

La cuña medial o primera cuña (en adelante, 1ª cuña) es el primero de los tres huesos cuneiformes del pie. Esta cuña, al igual que la tercera, se proyecta más distalmente que la segunda, formando así un receso para la base del II metatarsiano. La superficie dorsal de estos huesos constituye la base de las cuñas para la segunda y la tercera. La 1ª cuña, en cambio, tiene esa forma invertida, siendo su base plantar y su vértice dorsal⁴. La base de la 1ª cuña recibe inserción del músculo peroneo largo y, mediante un fascículo, también del tibial posterior⁴. La cara dorsal de la 1ª cuña es estrecha, puesto que constituye el vértice de la misma. En la cara medial tienen inserción las fibras proximales y profundas del tendón del tibial anterior⁵. En la cara lateral se hallan dos superficies articulares, una para la base del II metatarsiano y otra para la segunda cuña, además de una zona rugosa que corresponde al área plantar-distal de la cara lateral de la cuña que da inserción a parte del tendón del peroneo largo⁴. La superficie distal o anterior es una carilla articular para la base del I metatarsiano, y la proximal o posterior es una carilla articular para el escafoides. La cara anterior es ligeramente convexa en sentido transversal, y su zona superior es usualmente continua con su zona inferior, excepto en algunos casos en los que pueden estar separadas⁶.

El I metatarsiano, el más grueso y corto (en longitud absoluta) de los cinco, posee al igual que sus análogos, cabeza, diáfisis y base, incluyéndose por tanto dentro del grupo de huesos largos⁷. La diáfisis tiene una marcada forma prismática, y desde una visión lateral, se observa la curvatura de concavidad plantar que posee tanto el I como los restantes metatarsianos. Es la más corta y fuerte de las 5 diáfisis metatarsales⁸. En la superficie externa plana de la diáfisis se inserta el fascículo medial del primer músculo interóseo dorsal. La base del I metatarsiano presenta una carilla articular proximal constante para la 1ª cuña, y en ocasiones muestra una pequeña y ovalada superficie articular en su cara lateral⁹. En la cara medial de la base del I metatarsiano existe una zona rugosa que representa el área de inserción de las fibras distales y superficiales del tendón del tibial anterior⁵, aproximadamente hacia la mitad de la altura de la superficie articular proximal.

La cabeza del I metatarsiano es la más grande de las cinco. Al igual que el resto de metatarsianos el cartílago hialino es más extenso en la cara plantar que en la dorsal⁷, pero la extensión dorsal de éste también adquiere relevancia para permitir un adecuado movimiento de la falange proximal durante la marcha¹⁰. A ambos lados de la cabeza, en la zona dorso-medial y dorso-lateral se hallan dos pequeños tubérculos de donde parten los ligamentos colaterales de la 1ª AMTF⁶. Algo que también la distingue de las demás es que posee una cresta ósea plantar que comienza en la cara anterior y se prolonga hacia la cara plantar⁷. Dicha cresta es el único elemento óseo de separación entre los dos huesos sesamoideos de la 1ª AMTF, y deja a cada lado de ella un surco que sirve para articular al metatarsiano con estos huesecillos, siendo el surco medial más grande que el lateral¹¹.

La falange proximal del primer dedo se articula por detrás con la cabeza del I metatarsiano y por delante con la base de la falange distal. Aunque son muy pequeñas, siguen siendo huesos largos¹². La diáfisis está comprimida en sentido lateral, y además es convexa en sentido dorsal, con una concavidad plantar⁴. La base tiene una concavidad elíptica para la cabeza del I metatarsiano, y su cara plantar es protuberante, ya que recibe la musculatura intrínseca del primer segmento metatarso-digital además de ligamentos¹³. Para la inserción de éstos últimos la base de la falange tiene dos tubérculos, uno plantar medial y otro plantar lateral. Una especie de cresta ósea transversa está presente en el dorso de la base de la falange, a poca distancia de la superficie articular. Esta prominencia da inserción al extensor corto del primer dedo⁸. La cabeza de la falange proximal tiene una superficie troclear para articularse con la base de la falange distal, y cuenta con pequeños tubérculos para la inserción de ligamentos colaterales.

La falange distal se articula con la cabeza de la falange proximal. Su extremo más distal es aplanado dorsalmente para ofrecer sostén a la unidad ungueal, y posee una tuberosidad plantar⁷. Su base está orientada transversalmente, y presenta una prominencia ósea transversal en la cara

dorsal de la misma, similar a la de la falange proximal, en la que se inserta el tendón del extensor largo del primer dedo⁸.

2.1.1.b. Artrología

La primera articulación cuneometatarsal es la que forma la base del I metatarsiano con la superficie distal de la primera cuña. Es una articulación sinovial aproximadamente plana, del tipo artrodia¹⁴, cuyas superficies tienen una forma arriñonada. El plano de dicha articulación se extiende desde dorsal, anterior y lateral, a plantar, posterior y medial, por lo que la articulación se orienta plantar y medialmente¹⁵. Esta oblicuidad se ha relacionado en ocasiones con la excesiva adducción del I metatarsiano y la deformidad de HAV¹⁶. La 1ª cuña es el hueso del tarso que con más probabilidad suele tener una osificación bipartita, en la que las partes superior e inferior del hueso pueden osificar por separado y terminar uniéndose. Por lo tanto, ambas partes pueden terminar orientadas en un mismo plano, o pueden tener diferente orientación, dando lugar a una articulación torsionada de congruencia muy fuerte¹⁴. Lateralmente la 1ª cuña se articula con la 2ª cuña y la base del II metatarsiano, mediante una superficie con forma de "L" invertida situada entre los bordes posterior y superior de la cara lateral de la misma⁶. El extremo vertical y la parte posterior del extremo horizontal de dicha superficie se articulan con la 2ª cuña, y la parte anterior del extremo horizontal es el que se articula con el II metatarsiano.

Aunque esta articulación es adyacente a la del II radio, tiene su propia cápsula articular¹², mientras que las cápsulas y cavidades articulares del II y III radios se continúan con las de las articulaciones intercuneanas y cuneoescafoideas⁴. La base del I metatarsiano está conectada a la 1ª cuña además por los ligamentos dorsal y plantar. Existen un ligamento tarsometatarsiano dorsal y otro plantar que unen la base del I metatarsiano con la 1ª cuña, siendo el plantar el más fuerte de los dos⁶. Según Mizel¹⁷ éste último es el elemento que más importancia tiene a la hora de prevenir el excesivo movimiento de dorsiflexión del I metatarsiano, más que la piel, la fascia plantar, la musculatura intrínseca o los tendones de la musculatura extrínseca de la

zona. Existe además un ligamento interóseo tarsometatarsiano que une fuertemente la 1ª cuña con la base del II metatarsiano por la cara dorsal (ligamento de Lisfranc), y también con la 2ª cuña^{7,14}. Sin embargo, no hay ligamentos interóseos que ligen las bases de los dos primeros metatarsianos¹⁸. Además de los ligamentos, dos músculos ofrecen cohesión a la primera articulación cuneometatarsal porque la inserción de sus tendones engloba dicha articulación¹⁹. Son el peroneo largo por la cara infero-lateral, y el tibial anterior por la cara infero-medial, cuyos tendones se ensanchan a nivel de la articulación cubriéndola por completo. Existen también ligamentos que unen el primer radio con el escafoide. Un ligamento dorsal, otro plantar y otro medial contribuyen a la estabilidad de la articulación cuneoescafoidea³.

La 1ª AMTF se podría dividir en dos articulaciones con una cápsula común y ligamentos y músculos interrelacionados. La primera estaría constituida por la cabeza del I metatarsiano con la base de la falange proximal del primer dedo; y la segunda vendría configurada por la cara plantar de la cabeza del primer metatarsiano y los dos sesamoideos. La cabeza del I metatarsiano tiene dos surcos plantares que corresponden a los dos huesos sesamoideos. La forma trocloide de la cara plantar de la cabeza del I metatarsiano es más marcada en la zona medial que en la lateral, siendo la lateral menos profunda y más oblicua, por lo que el sesamoideo medial se sitúa más plantarmente que el lateral¹¹. Esta asimetría fue observada por Rosenbaum²⁰ en un 94% de los especímenes utilizados en su estudio, por lo que se considera normal un ligero desplazamiento lateral de los sesamoideos con respecto al eje central de la cabeza del I metatarsiano, ya que esta es su posición fisiológica en una articulación irregular y asimétrica.

La articulación entre la cabeza del metatarsiano y la base de la falange es una articulación condiloidea¹⁰. La estabilidad medial y lateral de la articulación está proporcionada por una serie de ligamentos que refuerzan la cápsula articular única, la cual engloba la base de la falange proximal, la cabeza del I metatarsiano, y los dos huesos sesamoideos. Estos ligamentos son los colaterales, los ligamentos suspensorios, los metatarsosesamoideos, los

sesamoideofalángicos y el intersesamoideo. Los *ligamentos colaterales* se proyectan distal y plantarmente desde la zona dorso-medial y dorso-lateral de la cabeza del metatarsiano hacia los correspondientes tubérculos plantares de la base de la falange proximal¹³. El resto de estos ligamentos involucran de una forma u otra a los sesamoideos.

Los sesamoideos están incluidos en una formación fibrocartilaginosa que se encuentra fuertemente unida a la base de la falange proximal del primer dedo²⁰. Es lo que en la literatura científica anglosajona y americana se conoce como “plantar pad” o “plantar plate”, y lo que Viladot²¹ llama *rodete glenosesamoideo*, que no es más que una masa de tejido fibroso denso¹³, formada por la unión de tendones, cápsula y ligamentos en la cara plantar de las articulaciones metatarsofalángicas. En el caso de la 1ª AMTF, la parte superior de esta placa constituye una superficie articular continua con la de la base de la falange, formando parte de la superficie articular total para la cabeza del metatarsiano²². Los sesamoideos son intracapsulares, y reciben parcialmente la inserción de los músculos flexor corto, adductor y abductor del primer dedo.

Los sesamoideos mantienen su estabilidad gracias a varios ligamentos. Desde el punto de origen de los ligamentos colaterales en la cabeza del I metatarsiano emergen otros dos ligamentos que discurren plantarmente para alcanzar la zona medial de la almohadilla fibrosa y el sesamoideo medial, y la zona lateral de dicha almohadilla y el sesamoideo lateral, respectivamente. Son los *ligamentos suspensorios metatarsofalángicos* medial y lateral, también llamados ligamentos del sesamoideo medial y lateral¹³. Los sesamoideos están firmemente unidos entre sí por un fuerte y grueso haz de fibras transversas, el *ligamento intersesamoideo plantar*^{6,11,23}. La zona plantar de la cápsula articular se encuentra reforzada por un *ligamento metatarsofalángico plantar*, el cual está unido a una faceta prominente de la base de la falange proximal, y conectado al metatarsiano únicamente por tejido sinovial²⁴. Por lo tanto, es de inserción laxa en el metatarsiano y firme en la base falángica⁴.

Los *ligamentos metatarsosesamoideos* y *sesamoideofalángicos* son parte del ligamento plantar metatarsofalángico, inseparables de la cápsula articular. Se encuentran entre, y fundidos con, los ligamentos colaterales. Los metatarsosesamoideos van, como su nombre indica, desde el metatarsiano a los sesamoideos, y los sesamoideofalángicos discurren desde los sesamoideos hasta la zona plantar de la base de la falange, siendo el medial más corto que el lateral¹¹.

Por último, el *ligamento metatarsal transverso profundo*, aunque verdaderamente es un ligamento intermetatarsal, también contribuye a la estabilidad de la 1ª AMTF. Este ligamento está formado por cuatro porciones que conectan las cabezas metatarsales unas a las otras, evitando la excesiva separación entre las mismas⁷. La porción de este ligamento que conecta las cabezas de los dos primeros metatarsianos se bifurca y se divide a su vez en dos porciones, una dorsal y proximal, y otra plantar y distal⁸. La primera es la más posterior de las dos y va desde la placa plantar (“plantar plate”) de la segunda articulación metatarsofalángica a la superficie dorsal y lateral de la cápsula articular de la 1ª AMTF. Y la porción plantar, es más distal que la primera, y parte del mismo punto que la anterior para insertarse en el sesamoideo lateral. El tendón del abductor del primer dedo pasa entre ambas porciones de este ligamento antes de insertarse en la base de la falange⁸.

La articulación interfalángica del primer dedo es una charnela, en la que la superficie troclear de la cabeza de la falange proximal se articula con superficies recíprocamente curvas en la base de la falange distal. La cápsula articular es delgada por su zona dorsal, donde recibe el refuerzo del tendón del extensor propio del primer dedo. La superficie plantar de la cápsula es una placa fibrosa engrosada, como los ligamentos plantares metatarsofalángicos, y se suele denominar ligamento interfalángico plantar⁴. Los ligamentos colaterales interfalángicos discurren desde los tubérculos medial y lateral de la cabeza de la falange proximal hasta la base de la falange distal.

2.1.1.c. Miología

La fascia plantar del pie

En el pie se encuentran dos tipos de fascias: la superficial y la profunda. La que más importancia adquiere en relación con el primer radio es la profunda. La fascia profunda del pie es continua con la fascia profunda de la pierna, y se podría dividir en dorsal y plantar. La fascia dorsal es continua, a su vez, con la plantar y con la de los dedos⁷. Las partes de la aponeurosis profunda situadas bajo las estructuras plantares suelen denominarse aponeurosis o fascia plantar. La fascia plantar se divide en tres partes: la lateral, que cubre al abductor del quinto dedo; la medial, que cubre al adductor del primer dedo; y la central, la más fuerte y gruesa, que se origina en la tuberosidad interna del calcáneo y se dirige distalmente dividiéndose en cinco partes, una para cada dedo. Sólo la parte central es ampliamente aponeurótica, por lo que algunos anatomistas reservan ese nombre únicamente para la parte central²⁵.

Proximalmente a las cabezas de los metatarsianos la fascia plantar se divide en fibras superficiales y profundas²⁶. Las superficiales se insertan en la piel de la parte anterior del antepié, y evitan que la piel se desplace hacia delante cuando se produce el despegue del pie. Las fibras profundas acaban uniéndose a los ligamentos plantares metatarsofalángicos de las placas plantares, siendo más fuerte y gruesa esta unión a nivel de la 1ª AMTF¹³, cerca del engrosamiento producido por los sesamoideos. Debido a que este ligamento está débilmente unido al metatarsiano pero fuertemente unido a la falange, el ligamento plantar metatarsofalángico y la fascia plantar funcionalmente forman una banda ligamentosa continua²⁷. Gracias a esta unión, la extensión de la 1ª AMTF genera tensión en la zona plantar de la cápsula articular y en el ligamento plantar metatarsofalángico, tensión que es transmitida directamente a la aponeurosis plantar.

Este efecto fue descrito por Hicks²² en 1954 como el mecanismo de torno de la fascia plantar (“windlass mechanism”), que al ser enrollada sobre las

cabezas de los metatarsianos, aproxima los dos extremos del arco longitudinal plantar. Aunque este mecanismo se da con cada uno de los cinco radios, su efecto es más marcado en el primero²².

Ello además contribuye a la supinación del retropié. Cuando todos los dedos se extienden, el primer radio muestra la mayor plantarflexión y el quinto la menor. Esto se produce mediante un movimiento de torsión en el antepié mientras que todos los metatarsianos están en contacto con el suelo, es decir, mediante pronación, lo cual se traduce a su vez en supinación de la parte posterior del pie y, en consecuencia, rotación externa de la pierna²⁸.

Músculos extrínsecos

Los músculos extrínsecos que llegan al primer segmento metatarso-digital son cuatro: el tibial anterior, el peroneo largo, el extensor largo del primer dedo y el flexor largo del primer dedo.

El *tibial anterior* se origina en la meseta externa de la tibia, mitad proximal de la cara externa de la tibia y el área adyacente de la membrana interósea, en la fascia profunda y en el tabique intermuscular externo²⁹. Su tendón se inserta en la cara medial-plantar de la 1ª cuña y de la base del I metatarsiano⁵. Es el tendón más medial de los que cruzan la cara anterior del tobillo, y cuando se contrae es perfectamente visible.

El *extensor largo del primer dedo* se origina en la mitad de la cara anterior del peroné y membrana interósea adyacente, más en profundidad que el tibial anterior²⁹. Se inserta en la superficie dorsal de la base de la falange distal. El tendón del extensor largo del primer dedo se mantiene en una posición centrada en el dorso del dedo gracias a una estructura fibroaponeurótica que se extiende desde la articulación metatarsofalángica a la interfalángica, llamada *expansión extensora*. La porción proximal de esta estructura tiene cierto parecido a una honda, según Sarrafian y Topouzian³⁰, que ancla firmemente el tendón del extensor largo a la cara plantar de la articulación metatarsofalángica

y a la base de la falange proximal. Esta aponeurosis se origina a cada lado del tendón del extensor, se extiende hacia la cara plantar del dedo abrazando la cápsula articular, e insertándose finalmente en la placa plantar, inserción que se prolonga distalmente hacia la base de la falange proximal. El segmento distal de este aparato extensor es triangular, y sus bordes oblicuos se insertan también en las caras laterales de la falange proximal. De esta forma, el tendón del extensor queda conectado firmemente a la zona plantar de la falange proximal, más que a la zona dorsal, por lo cual la contracción de este músculo produce extensión de la falange proximal más que de la distal, aunque su inserción final se encuentre en esta última³⁰.

Los tendones del extensor largo del primer dedo y del tibial anterior suelen dar origen, con una frecuencia que varía según los estudios, a un tendón accesorio que se llama *extensor capsularis*³¹. Se suele originar en las proximidades del vientre muscular bien del tibial anterior o bien del extensor largo y se inserta en la superficie dorsal o dorsal-medial de la cápsula de la 1ª AMTF³². Su origen en el tendón del tibial anterior suele mostrar una incidencia bastante menor que en el tendón del extensor largo³². La función de este pequeño tendón es traccionar de la superficie dorso-medial de la cápsula articular, con el objetivo de que no se produzca un pellizcamiento de la misma en aquellos momentos en que la falange proximal se encuentre en extensión máxima sobre el I metatarsiano.

El *flexor largo del primer dedo* se origina en los dos tercios distales de la cara posterior del peroné, y en la membrana interósea, fascia y tabiques intermusculares adyacentes²⁹. Su tendón pasa por detrás del astrágalo y se dirige por debajo del maleolo interno al sustentáculum tali, por el que pasa plantarmente, y el cual sirve como polea para funcionar en las articulaciones subastragalina y tibio-peroneo-astragalina². Dicho tendón cruza plantarmente la 1ª AMTF del primer dedo, pasando a través de un surco entre los dos sesamoideos para insertarse finalmente en la superficie plantar de la base de la falange distal. Los tendones de este músculo y del extensor largo juegan un importante papel en la desviación medial del I metatarsiano en el HAV.

El *peroneo largo* se origina en la meseta externa de la tibia, cabeza y dos tercios proximales de la superficie externa del peroné, tabiques intermusculares y fascia profunda adyacente²⁹. Su vientre muscular termina en un largo tendón que comparte vaina sinovial con el tendón del peroneo corto hasta que pasan por el retináculo peroneo, donde esta vaina se bifurca en dos independientes³³. A nivel retromaleolar externo es cuando el tendón del peroneo largo cambia de dirección por primera vez. Luego cruza oblicuamente la cara lateral del calcáneo, separado del tendón del peroneo corto por el tubérculo de los peroneos. Cruza la cara lateral del cuboides y emerge de su vaina para pasar bajo él por un canal formado por una ranura en el cuboides y el gran ligamento plantar^{25,33}. En este punto cambia de dirección por segunda vez, y es muy importante para la función normal del primer radio, como se verá más adelante. A partir de aquí, cruza oblicuamente la cara plantar del pie envuelto en una segunda vaina sinovial, hasta insertarse en la cara plantar de la 1ª cuña y de la base del I metatarsiano^{19,34}.

Músculos intrínsecos

El primer dedo posee musculatura intrínseca específica, al igual que el quinto, la cual está formada por el adductor, el abductor y el flexor corto del primer dedo. Además, en la cara dorsal del pie comparte un músculo con los tres dedos medios, el músculo pedio o extensor corto de los dedos.

El músculo *pedio* es el único músculo intrínseco dorsal del pie. Se origina en la porción distal de las superficies superior y lateral del calcáneo, en el ligamento calcaneoastagalino lateral y la superficie profunda del retináculo extensor inferior²⁹. El músculo consta de cuatro vientres musculares que acaban cada uno en un tendón que se dirige a los cuatro primeros dedos, quedando el quinto desprovisto de músculo pedio. El vientre más medial es el que se inserta en el primer dedo, y en la literatura es frecuente que aparezca con el nombre de *extensor corto del primer dedo* o *extensor hallucis brevis*. El tendón del vientre medial del pedio es más profundo que el del extensor largo del primer dedo, y

se inserta en la cara dorsal de la base de la falange proximal, situándose extraarticularmente³⁰.

El *flexor corto del primer dedo* tiene un origen en forma de “Y”⁷. La parte lateral se origina en la porción interna de la superficie plantar del cuboides, posterior al surco para el tendón del peroneo largo, y la zona adyacente de la 3ª cuña; y la parte medial se origina en la prolongación del tendón del tibial posterior²⁹. Forma dos cabezas musculares, una medial y otra lateral, que se insertan parcialmente en sendos sesamoideos, y tienen su inserción final en la cara plantar de la base de la falange proximal del primer dedo, la cabeza medial en la parte interna, y la lateral en la parte externa de la misma.

El *adductor del primer dedo* se origina en la zona interna de la tuberosidad del calcáneo, en el retináculo de los flexores, y en la aponeurosis plantar y tabique intermuscular adyacente²⁹. Se dirige distalmente por la cara interna del pie y termina en un tendón que engloba parcialmente al sesamoideo tibial, junto con la cabeza medial del flexor corto. Tras sobrepasar la articulación metatarsosesamoidea, su tendón se inserta en la parte medial y plantar de la base de la falange proximal del primer dedo. La combinación de los tendones del adductor y del vientre medial del flexor corto se extiende desde el extremo distal del sesamoideo medial hasta la falange mediante una gruesa y fuerte banda tendinosa²³, y usualmente también hasta la porción distal de la expansión extensora³⁰.

El *abductor del primer dedo* consta de dos cabezas, una oblicua y otra transversa. La cabeza oblicua se origina en la vaina del tendón del peroneo largo, las bases de los metatarsianos centrales, el gran ligamento plantar, los ligamentos metatarsales plantares existentes entre las bases de los tres metatarsianos centrales, y la cara plantar de la 3ª cuña³⁵. La cabeza transversa parte de las cápsulas articulares de las metatarsofalángicas 3ª y 4ª (y ocasionalmente la 5ª), y del ligamento metatarsal transverso profundo existente entre estas cápsulas^{29,35}. En ocasiones, a la cabeza transversa del abductor se le ha dado el nombre de *músculo pedio transverso* (“transverse pedis muscle”),

porque se ha considerado que su función es totalmente distinta a la del abductor del primer dedo (cabeza oblicua)². La cabeza oblicua se inserta mediante dos ramas tendinosas, una medial y otra lateral²⁵. La medial se mezcla con el tendón de la cabeza lateral del flexor corto y se inserta directamente en el sesamoideo peroneo; la rama lateral se une con el tendón de la cabeza transversa y se inserta directamente en la porción lateral de la cara plantar de la base de la falange proximal del primer dedo. Al igual que ocurre con el adductor y la cabeza medial del flexor corto, los tendones del abductor y del vientre lateral del flexor corto unidos se extienden desde el extremo distal del sesamoideo lateral hasta la falange, mediante una banda tendinosa que suele llegar también hasta la porción distal de la expansión extensora³⁰.

2.1.2. Biomecánica del primer radio y primera articulación metatarsofalángica

2.1.2.a. Ejes y planos de movimiento del primer radio y la primera articulación metatarsofalángica

La 1ª AMTF presenta dos ejes distintos de movimiento, uno transverso y otro vertical. Alrededor del transverso u horizontal, que discurre cerca del cuello anatómico del metatarsiano, se realiza el movimiento de flexión y extensión en el plano sagital². Alrededor del eje vertical se producen movimientos de abducción y adducción del primer dedo, los cuales son en la mayoría de las ocasiones movimientos pasivos. El movimiento más importante es el de extensión³⁶, sin el cual el periodo propulsivo no puede llevarse a cabo en condiciones óptimas.

El movimiento de las articulaciones entre el I metatarsiano y la 1ª cuña, y entre ésta y el escafoides, se producen alrededor de un eje común⁶. Este eje fue descrito por Hicks²⁸ en 1953 como aquel que discurre desde la parte media del dorso del pie sobre la base del III metatarsiano, hasta el tubérculo del escafoides, con una inclinación aproximada de 45° con respecto a los planos

sagital y frontal, y sólo con una ligera inclinación con respecto al plano transversal. Aunque el primer radio posee un movimiento triplanar, debido a la condición de casi paralelismo de dicho eje con respecto al plano transversal, el movimiento en este plano es muy pequeño y clínicamente insignificante en condiciones normales². De esta forma, el primer radio presenta movimientos conjuntos fundamentalmente en los planos frontal y sagital, produciéndose inversión junto con la dorsiflexión, y eversión junto con la plantarflexión, y siendo aproximadamente iguales la cantidad de dorsiflexión-plantarflexión y la de inversión-eversión².

2.1.2.b. Función normal del primer radio en la marcha

El rango normal de movimiento del primer radio es difícil de cuantificar debido al número de articulaciones que participan en él. En una amplia revisión bibliográfica llevada a cabo por Roukis y Landsman³⁷ se evidencia la inconsistencia global que existe con respecto al estudio del movimiento del primer radio debido a la dificultad que supone medir de forma precisa la movilidad en cada una de las articulaciones que lo forman. Lo que está claro es que la cabeza del I metatarsiano debe moverse hacia arriba y abajo con respecto al plano del resto de los metatarsianos, y recorriendo aproximadamente la misma distancia en las dos direcciones². Clínicamente, se estima que la distancia que debe recorrer la cabeza del I metatarsiano es de 5 mm por encima del plano del resto de los metatarsianos, y 5 mm por debajo, es decir, 5 mm de dorsiflexión y 5 mm de plantarflexión³⁸, con un rango total de movimiento de 10 mm.

Son varios los estudios que se han llevado a cabo para intentar cuantificar el grado de movilidad en cada plano para las principales articulaciones proximales del primer radio, es decir, la del I metatarsiano con la 1ª cuña y la de la 1ª cuña con el escafoide^{6,39-42}. De ellos se puede concluir que ambas articulaciones participan en el movimiento conjunto de esta unidad funcional alrededor del eje común comentado anteriormente. Investigaciones como la de Phillips y colaboradores¹⁹ demuestran que la mayor parte del

movimiento del primer radio se produce en la primera articulación cuneoescafoidea, más que en la primera cuneometatarsal, sobre todo el movimiento de plantarflexión.

En el momento del contacto inicial el primer radio se encuentra en una posición dorsalflexionada como consecuencia de la fuerte contracción que el músculo tibial anterior experimenta para controlar la caída del antepié al suelo⁴³⁻⁴⁵, producida por el momento de flexión plantar que se genera en la articulación del tobillo en este periodo inicial de la fase de apoyo.

Durante la mitad inicial de la fase de apoyo la articulación subastragalina prona para proporcionar absorción de impactos¹. Phillips y Phillips⁴⁶ demostraron el incremento de movilidad que experimentaba la articulación mediotarsiana cuando la subastragalina se encuentra en pronación. Esto es debido al paralelismo o mejor alineación de los ejes de las articulaciones astragaloescafoidea y calcaneocuboidea. Este hecho contribuye a un descenso del arco plantar, lo cual es esencial para una mejor amortiguación. El movimiento del primer radio también está ligado a la posición de la articulación subastragalina⁴⁷, de manera que tendrá una amplitud de movimiento incrementada cuando esta articulación esté en posición pronada, y será más rígido cuando la subastragalina esté en posición supinada. Durante el movimiento de pronación de la subastragalina en la fase inicial del apoyo el primer radio experimenta un desplazamiento hacia dorsal proporcionado por las fuerzas verticales de reacción del suelo. Esto hace que influya de forma positiva en una mejor adaptabilidad del pie a las variaciones del terreno⁴⁷.

Es en la fase media del apoyo en la que el primer radio comienza a producir movimiento activo². Durante la fase media del apoyo la subastragalina permanece en posición de máxima pronación con el objetivo de amortiguar el peso del cuerpo que, en este periodo de apoyo monopodal, es soportado en su totalidad por el pie en apoyo. No obstante, cuando las fuerzas reactivas verticales del suelo comienzan a dejar de influir bajo el retropié hacia el final de esta fase, la articulación subastragalina debe empezar el movimiento de

supinación¹. El objetivo de esta supinación es hacer que el pie pase progresivamente de ser el adaptador que fue en la fase inicial y gran parte de la fase media del apoyo, a ser un elemento rígido sobre el cual se pueda desarrollar con total normalidad la fase final del apoyo o periodo de propulsión. A medida que esto ocurre, el movimiento de supinación del retropié tiende a elevar la parte medial del antepié, por lo que es necesario un movimiento articular que permita que dicha zona permanezca en contacto con el suelo. Esto se consigue gracias al movimiento de pronación alrededor del eje longitudinal de la articulación mediotarsiana, y al movimiento activo de plantarflexión del primer radio. Este último movimiento se debe a su vez a la contracción del músculo peroneo largo que comienza de nuevo en esta fase^{2,48}. El peroneo largo trabaja sinérgicamente con el tibial posterior, en el sentido de que mientras que la contracción del primero produce una fuerza posterior y abductora en los huesos del tarso debido a su inserción, el tibial posterior genera una fuerza también posterior pero adductora en este segmento. Esto da como resultado una fuerza compresiva posterior sobre los huesos del tarso que favorece la estabilidad que esta zona necesita para comenzar el periodo de propulsión¹.

La contracción del peroneo largo, además de contribuir a la estabilidad del tarso, necesita de esta última para desarrollar su función normal sobre el primer radio. La carilla articular proximal del cuboides y la distal del calcáneo forman una articulación de encaje recíproco, con un alto grado de congruencia entre las dos superficies. Dicha articulación es biaxial, con un eje principal longitudinal con respecto al pie, y otro secundario que va desde la parte lateral del cuerpo del cuboides y discurre en dirección medial-craneal⁴⁹. La disposición cóncavo-convexa recíproca de las carillas articulares distal del calcáneo y proximal del cuboides permite que el cuboides rote utilizando como pivótop su prolongación medial-posterior, y con la zona periférica aplanada de su carilla articular como una superficie deslizante. Una función importante de esta articulación es que durante la propulsión se bloquea cuando el cuboides está rotado o pronado, confiriendo rigidez y estabilidad al pie para el impulso. Este mecanismo de bloqueo del cuboides con el calcáneo proporciona al peroneo

largo una zona estable cuya función se asemeja a la de una polea para que el tendón de este músculo pueda ejercer la plantarflexión del primer radio.

La progresiva elevación del talón y la transferencia de cargas a la extremidad contralateral que acaba de entrar en la fase de apoyo, hacen que los metatarsianos externos vayan perdiendo su contacto con el suelo progresivamente de fuera a dentro por la brevedad que presenta cada uno con respecto a su adyacente medial. Este despegue finaliza en el I metatarsiano, que constituye junto con el II metatarsiano y el pulpejo del primer dedo un triángulo de apoyo previo al momento del impulso con el pulpejo del primer dedo⁵⁰. De manera que el primer metatarsiano, debido a su función eminentemente dinámica⁵¹, deberá desarrollar un importante papel a la hora de frenar el vector de barrido de la transferencia de carga de lateral a medial. Este papel se desempeña gracias a varios factores, que son: la fuerza estabilizadora y plantarflexora proporcionada por el músculo peroneo largo⁵², el movimiento del II metatarsiano que rueda distalmente adelantando su apoyo en una longitud equivalente a su recorrido angular, y el I metatarsiano que rueda sobre el cojinete glenosesamoideo en sentido posterior⁵⁰. Cualquier alteración en uno o más de los segmentos involucrados en esta secuencia, sea por longitud aumentada o disminuida, por variaciones craneo-caudales, o por exceso o defecto de movimiento de los mismos, darán lugar a una propulsión poco efectiva que se puede manifestar con diversos signos y síntomas, entre los cuales queremos destacar el HAV y el HL.

Una vez finalizada la fase de apoyo, el pie entra en la fase de oscilación. En esta fase el pie y el resto de la extremidad inferior tienen una función primordial: conseguir una adecuada separación pie-suelo para que se permita el avance del miembro. El movimiento del primer radio, por tanto, será aquel que permita contribuir a esta función, es decir, la dorsiflexión. Este movimiento se consigue por la contracción del tibial anterior, que supina la articulación mediotarsiana alrededor de su eje longitudinal y dorsiflexiona el primer radio, manteniendo esta posición durante toda la fase de oscilación².

2.1.2.c. Función normal de la 1ª AMTF en la marcha

El rango normal de movimiento de la 1ª AMTF en el plano sagital ha sido propuesto por muchos autores a lo largo de los años. Se sabe que se necesita un mínimo de 60º-65º de extensión metatarsofalángica para que la fase de propulsión de la marcha se desarrolle con normalidad^{1,2,53-61}. De hecho cuando esa movilidad está limitada se produce patología, en concreto HL.

El movimiento de extensión activa ocurre solamente una vez durante el ciclo de la marcha. Comienza durante la segunda mitad de la fase de oscilación, antes del contacto de talón, y continúa hasta que el antepié contacta con el suelo. Desde el instante en que el talón comienza a elevarse del suelo y hasta el despegue total del pie, lo que se produce en todas las articulaciones metatarsofalángicas es un movimiento de extensión pasiva, por las fuerzas reactivas del suelo, que incrementa a medida que los metatarsianos van aumentando su ángulo de incidencia con respecto al suelo. Dicho movimiento a través de las articulaciones metatarsofalángicas constituye, junto con la superficie plantar del calcáneo y el tobillo, una de las tres áreas rotacionales o rodillos que permiten el continuo avance del cuerpo hacia delante sobre el pie en apoyo, transmitiendo movimiento sucesiva y rápidamente desde el retropié al antepié^{48,62}.

Durante la primera mitad de la fase de oscilación, a pesar de la potente contracción del extensor común de los dedos y del extensor largo del primer dedo, el movimiento que se produce en las articulaciones metatarsofalángicas es de flexión pasiva, debido a la rápida flexión dorsal que debe hacer el tobillo en ese corto periodo de tiempo para mantener al antepié en una posición segura que permita sortear el suelo. Se pasa de la máxima extensión metatarsofalángica conseguida en la fase de despegue digital a la posición de extensión en torno a los 30º en la que se encontrarán los dedos en el contacto de talón²⁴⁻⁴⁵, realizando primero este rápido movimiento de flexión pasiva, y posteriormente un movimiento de extensión activa.

2.1.3. Patomecánica del hallux limitus

Los términos *hallux limitus* y *hallux rigidus* hacen referencia a limitación de la movilidad de la 1ª AMTF en el plano sagital, sobre todo del movimiento de extensión. La primera vez que se hace referencia a la rigidez del primer dedo es en 1887. Davies-Colley⁶³ denominó a esa alteración del dedo “hallux flexus”. Fue un año más tarde cuando el término “hallux rigidus” aparece por primera vez en la literatura científica⁶⁴. La deformidad de hallux limitus se ha definido como aquella en la que la base de la falange proximal del primer dedo está subluxada plantarmente con respecto a la cabeza del I metatarsiano, con lo cual la 1ª AMTF es incapaz de desarrollar todo el rango de extensión². Para que se dé la deformidad de HL debe haber menos de 65° de extensión en la 1ª AMTF⁶¹. Verdaderamente no conocemos un umbral clínico o diagnóstico que separe los términos HR y HL. En general, se acepta que el HL es el estadio precedente al HR^{2,59,65}. Stuck y colaboradores⁶⁶ sí establecen este límite, definiendo la deformidad de HR como aquella en la que la 1ª AMTF no es capaz de extenderse más de 10°. En el presente trabajo, se utiliza la definición de Stuck y colaboradores⁶⁶ para referirse a la deformidad de HR.

Existen diversos factores morfológicos y patomecánicos que pueden influir negativamente en la biomecánica normal de la 1ª AMTF y disminuir el rango de extensión. Estos factores son, por ejemplo, retracción de las partes blandas que discurren plantarmente al eje transversal de la 1ª AMTF, insuficiencia del músculo peroneo largo, un primer radio dorsalflexionado, hipermovilidad del primer radio (estas dos últimas alteraciones causan insuficiencia del primer radio), alteraciones en la longitud del I metatarsiano, un primer dedo excesivamente largo, alteraciones glenosas y forma cuadrada, o cuadrada con cresta central, de la cabeza del I metatarsiano.

2.1.3.a. Papel etiológico de las partes blandas

El hueso es la estructura de soporte del pie y normalmente asume la mayoría de la responsabilidad para hacer frente a las fuerzas que actúan sobre él durante la locomoción. Sin embargo, la estructura esquelética del pie por sí sola no es capaz de llevar a cabo la canalización de las fuerzas que las exigencias mecánicas de la marcha le imprimen al pie. Los músculos, ligamentos y otros tejidos blandos contribuyen significativamente a la función de soporte del pie, pero en condiciones normales estas estructuras sustentan sólo una pequeña porción de esas fuerzas². En un pie patológico, en cambio, la participación de las partes blandas en esta función se incrementa considerablemente, por lo que los músculos, ligamentos y fascia pueden fatigarse o traumatizarse.

La localización estratégica de determinados tejidos blandos, según Durrant y Siepert⁶⁷, pueden influir en la restricción de la extensión de la 1ª AMTF. Estos tejidos son el flexor corto del primer dedo, la cápsula articular y la banda medial de la fascia plantar. Todos ellos reúnen los criterios que, según estos autores, una estructura blanda plantar debe cumplir para restringir la extensión de la 1ª AMTF. En orden decreciente de efecto limitador del movimiento, estos criterios son: cruzar el eje de flexoextensión, localizarse plantarmente a este eje, insertarse en el elemento distal de la articulación o falange proximal, ejercer una fuerza paralela al eje longitudinal del primer radio, y estar igualmente presentes a ambos lados de dicho eje.

Gray y Basmajian⁶⁸, y Mann e Inman⁴⁴ establecieron que la musculatura intrínseca del primer dedo funcionaba con más potencia y durante más tiempo en pies hiperpronadores que en pies normales. Esto puede generar una tensión significativamente mayor a la falange proximal por parte del flexor corto durante el intervalo de la fase de apoyo en que la 1ª AMTF se está extendiendo. Si se impide la extensión metatarsofalángica por excesiva tensión plantar, la base de la falange proximal ejercerá una fuerza de compresión sobre la zona dorsal del cartílago articular de la cabeza del I metatarsiano, que con el tiempo ocasionará cambios degenerativos⁶⁷. Goodfellow⁶⁹ observó que la lesión subcondral de la

mitad superior de la cabeza del I metatarsiano se asociaba con espasmo de la musculatura circundante, y que bajo anestesia los músculos se relajaban y se conseguía de nuevo un rango de movilidad normal.

Puesto que en la 1ª AMTF se da una importante excursión de la cabeza metatarsal sobre la base de la falange, se requiere una cápsula articular robusta, además de elástica, en la zona plantar. Si esta área capsular es afectada por enfermedades inflamatorias que alteren el colágeno o por excesivo trauma, la consecuente pérdida de elasticidad y resistencia, y la retracción de la misma, puede ser culpable del desarrollo de la limitación del movimiento de extensión^{67,70}.

Como indica Fuller⁷¹, si existiera una gran tensión en la fascia plantar, podría crear un momento de plantarflexión que impidiera al dedo extenderse, creando así un HL funcional. En relación con esto, Harton y colaboradores⁷² estudiaron qué efecto tenía la sección de la fascia plantar en el rango de movimiento de la 1ª AMTF, y observaron que se producía un incremento significativo de la extensión del primer dedo tras la liberación quirúrgica de la fascia. Cuando Hicks²² describió el mecanismo de torno como aquel que hacía posible la elevación del arco interno mediante la extensión del primer dedo, también apuntó que se puede dar el efecto contrario. Esto quiere decir que el excesivo aplanamiento del arco interno, como el que se da por ejemplo cuando existe pronación subastragalina excesiva, puede constituir un factor causal de limitación de la extensión metatarsofalángica. Durrant y Siepert⁶⁷ también mencionan un acortamiento congénito de la banda medial de la fascia como posible causa del problema. En cualquier caso, si la fuerza plantar ejercida sobre el primer dedo por la excesiva tensión de la fascia es mayor que la fuerza dorsal ejercida por el suelo, se impedirá la adecuada extensión.

2.1.3.b. Insuficiencia del peroneo largo y limitación de la extensión metatarsofalángica

La pronación subastragalina excesiva junto con la insuficiencia del músculo peroneo largo son factores que influyen negativamente en la movilidad de la 1ª AMTF⁵². Si la articulación subastragalina experimenta un movimiento de pronación excesiva durante la fase de apoyo de la marcha, se pierde parte de la ventaja mecánica que supone la disposición espacial del tendón del peroneo largo. En una visión frontal, la distancia que hay entre el suelo y el paso del tendón del peroneo largo por el canal del cuboides, en condiciones normales es menor que la distancia que existe entre el suelo y la inserción del tendón en la base del primer radio. Esto proporciona al músculo un efecto de fulcro imprescindible para estabilizar al primer radio². Además, la articulación calcaneocuboidea también adquiere importancia en la plantarflexión del primer radio, ya que cuando se bloquea supone una zona fija e inmóvil para que el tendón del peroneo largo la utilice de polea o punto de resistencia para producir movimiento en el I metatarsiano

Si este fulcro se pierde, el músculo no estabiliza el primer radio, se incrementan las fuerzas reactivas del suelo bajo la cabeza del I metatarsiano durante la fase propulsiva de la marcha, y el primer radio se vuelve hipermóvil y se dorsiflexiona. La falange proximal adopta una posición en flexión para compensar la falta de apoyo del primer radio, se traslada distalmente el punto de carga del I metatarsiano a la interfalángica del primer dedo⁷⁰, y se desencadena la progresión de la limitación articular.

Además, la supinación de retropié incrementa la longitud del peroneo largo, lo cual aumenta su tracción plantar sobre el primer radio y su velocidad de contracción. En el pie hiperpronador en el que el retropié está evertido y el antepié abducido con respecto al retropié, el peroneo largo está en una posición acortada, y la fuerza con la que se contrae en esta posición y la velocidad con la que lo hace decrecen, debilitándolo como plantarflexor del primer radio⁷³.

2.1.3.c. Insuficiencia del primer radio como causa de hallux limitus

Grady y colaboradores⁵⁶ en un estudio sobre 772 pacientes con HL encontraron, entre los factores etiológicos más frecuentes, el primer radio dorsalflexionado y el exceso de pronación. Lambrinudi⁷⁴ describió en 1938 la deformidad de *metatarsus primus elevatus*. Esta deformidad no es más que la disposición del I metatarsiano por encima del plano de los metatarsianos menores, lo que también se conoce como un primer radio dorsalflexionado. Lambrinudi⁷⁴ describió una importante correlación entre el desarrollo de HR y la elevación del I metatarsiano. Jack⁷⁵ observó como hallazgo constante en los pacientes con HR que existía hipermovilidad del I metatarsiano. Este autor afirmó que si el I metatarsiano es incompetente, todo el peso que debería soportar sería trasladado al II metatarsiano, y la cabeza del I metatarsiano tendería a desplazarse en dirección craneal contra el borde dorsal de la base de la falange proximal, que se encuentra fijada al suelo por la acción del flexor corto del primer dedo. Lambrinudi⁷⁴ y Jack⁷⁵ ya resaltaron la importancia de la insuficiencia del primer radio en el desarrollo y progresión de la limitación de la extensión metatarsofalángica.

Funcionalmente, el primer radio dorsalflexionado y el primer radio hipermóvil se comportan de manera similar. El primer radio debe ser capaz de plantarflexionarse para que el eje transversal de la 1ª AMTF modifique su posición durante la propulsión^{57,76}. Si se da cualquier condición patológica que impida que el primer radio se plantarflexione durante la propulsión, como puede ser un primer radio hipermóvil o un primer radio dorsalflexionado, la cabeza del metatarsiano se desplazará dorsalmente en respuesta a las fuerzas reactivas del suelo. Este desplazamiento en sentido craneal impide que el cambio proximal-dorsal del eje de movimiento se produzca, y por lo tanto se impide la extensión de la base de la falange sobre la cabeza del metatarsiano. Esto hace que se aumenten las fuerzas compresivas a nivel dorsal de la cabeza del metatarsiano y se desencadenen cambios degenerativos.

2.1.3.d. Alteraciones en la longitud del I metatarsiano y primer dedo como factor etiológico

Un I metatarsiano excesivamente largo puede generar un aumento de la carga en la articulación y desencadenar cambios adaptativos y degenerativos^{2,50,60,77-80}. En consecuencia, la columna medial está obligada a contactar con el suelo con excesiva presión bajo la cabeza del I metatarsiano. El aumento de las fuerzas reactivas del suelo tienden, bien a dorsiflexionar el primer radio, o bien a restringir el desarrollo del movimiento normal de plantarflexión del metatarsiano cuando el II-III metatarsianos son los que más presión soportan, puesto que en estas condiciones es el I el que está sometido a más carga^{2,60}. Esto hace imposible que se pueda llevar a cabo el cambio de posición del eje de flexoextensión de la 1ª AMTF y causa microimpactos en la zona dorsal de la articulación. La excesiva longitud del I metatarsiano causa una inversión retrógrada del antepié, obligando al pie a despegar con la zona lateral, lo que impide la normal progresión de las fuerzas que pasan a través del I metatarsiano, y restringe el desplazamiento dorsal de la falange proximal sobre su cabeza⁸¹.

La longitud disminuida del I metatarsiano también ha sido descrita como factor contribuyente al desarrollo de HL^{50,81,82}. Si el I metatarsiano no puede soportar la proporción de carga que le corresponde, la falange proximal del dedo intentará contactar con el suelo mientras que el primer radio trata de estabilizarse⁸². Rueda⁵⁰ sostiene que en un pie con el I metatarsiano corto, si éste no es hipermóvil y si la mediotarsiana es estable, se produce HL porque el dedo alarga funcionalmente la palanca del primer radio y se aumenta la presión intraarticular. Ante la existencia de un I metatarsiano corto, éste no puede contactar adecuadamente con la superficie de apoyo, y el primer dedo adopta una posición fija en flexión. La contracción repetitiva de los tendones de la musculatura flexora cuando intentan estabilizar el primer dedo en el suelo, lleva a una posición fija e inmóvil del aparato sesamoideo, lo cual también es un factor etiológico de HL⁸¹.

Aberraciones en la longitud de la falange proximal del primer dedo también se han asociado con la etiología del HL, debido al aumento de las fuerzas de compresión que tiene lugar en el espacio articular^{80,83}.

2.1.3.e. Papel del aparato sesamoideo en el desarrollo del HL

Los sesamoideos deben adelantar su posición con respecto a la cabeza del I metatarsiano cuando éste se plantarflexiona durante la fase propulsiva, permitiendo así la traslación del eje de flexo-extensión^{2,20,23,76,84}. Diversas variaciones en la forma y función normal de los sesamoideos son las que pueden contribuir a la limitación de la movilidad metatarsofalángica.

Puesto que se debe producir un desplazamiento hacia distal de los sesamoideos, si éstos se localizan demasiado proximalmente con respecto a la articulación metatarsofalángica, se puede restringir la plantarflexión y movimiento posterior del primer radio⁶⁷. El movimiento distal que realizarían los sesamoideos en situación anormalmente proximal podría no ser suficiente para el adecuado deslizamiento de la cabeza metatarsal sobre ellos, y la adecuada traslación del eje de flexo-extensión. Igualmente, sesamoideos excesivamente largos, o sesamoideos con una distancia craneo-caudal hipertrófica, pueden limitar el movimiento de extensión metatarsofalángico restringiendo la plantarflexión del metatarsiano, mediante un inadecuado deslizamiento por daño articular plantar en el primer caso, y creando excesivas fuerzas verticales de reacción bajo la cabeza metatarsal en el segundo⁶⁷.

Cualquier interferencia con el normal deslizamiento de la cabeza del I metatarsiano sobre los sesamoideos, sea de origen traumática o estructural, impide la plantarflexión del metatarsiano⁸⁵. La falta de rodamiento de la cabeza del I metatarsiano sobre los sesamoideos por inmovilización de los mismos también es causa de cambio de localización del eje de flexo-extensión. Así lo afirma Camasta⁸¹, quien defiende que se produce un cambio del eje de rotación o eje de flexo-extensión hacia la zona plantar de la articulación, llegándose a

localizar a nivel del ligamento sesamoideofalángico. Este hecho produce que durante la propulsión la parte dorsal de la base de la falange proximal impacte contra la parte dorsal del cartílago articular de la cabeza del metatarsiano, produciendo un síndrome de degeneración articular y dando lugar a la subsiguiente artrosis, hipertrofia y formación de una exostosis dorsal en la cabeza del I metatarsiano.

2.1.3.f. Forma de la cabeza del I metatarsiano en el hallux limitus

De los tres tipos de forma de la cabeza del I metatarsiano existentes, la cuadrada contribuye a dar estabilidad a la articulación impidiendo la desviación en abducción de la falange proximal, pero la cuadrada con prominencia central es aún más estable⁸⁶.

Hardy y Clapham⁸⁷ ya observaron una asociación entre el aplanamiento de la cabeza del I metatarsiano y la limitación del movimiento en la 1ª AMTF. Posteriormente han sido varios los autores que han relacionado la forma cuadrada o cuadrada con prominencia central con la deformidad de HL^{60,88-91}, por considerar más estable la articulación ante movimientos en sentido medial-lateral. Brahm⁸⁹ defiende que la forma de la cabeza metatarsal prescribe la estabilidad inherente de la propia articulación. Así, fuerzas biomecánicas anormales crearán un estrés anormal en la articulación, causando que la articulación menos estable se subluje, y que la más estable se destruya por el excesivo estrés compresivo. Una cabeza aplanada configura una articulación estable, y por tanto no permite fácilmente la subluxación lateral de la falange proximal del primer dedo. Sin embargo, sí causará excesiva compresión en la articulación que puede conducir a daño articular⁸⁹.

Coughlin y Shurnas⁹¹ encontraron en el 74% de los pacientes con HR estudiados, una cabeza metatarsal cuadrada o cuadrada con cresta central. Por ello sugirieron que ese tipo de articulaciones resisten las deformidades en el plano transversal y predisponen al desarrollo de HR.

2.1.4. Patomecánica del hallux abductus valgus

Hallux abductus valgus es el término que define una subluxación estática de la 1ª AMTF con desviación lateral del primer dedo y medial del I metatarsiano, y que ocasionalmente se acompaña de rotación en valgo del primer dedo en casos severos⁹². Esta es quizás la definición que mejor recoge la complejidad de esta entidad, si se tiene en cuenta que para llegar a esta serie de desviaciones segmentarias se han tenido que producir desequilibrios musculares, distensiones de determinados tejidos blandos, retracciones de otros y adaptaciones óseas funcionales.

Al igual que el HL, su origen es multifactorial. Independientemente de factores que han sido discutidos en la literatura como posibles causas de esta alteración, como son la herencia, la laxitud tisular, el uso de calzado inadecuado, yatrogenias quirúrgicas, enfermedades reumáticas inflamatorias o desequilibrios musculares de origen neurogénico, existe con mucha frecuencia una etiología de base de origen biomecánico. Así, alteraciones como la dorsiflexión o la hipermovilidad del primer radio por hiperpronación subastragalina, la excesiva longitud del I metatarsiano y/o del primer dedo, o la insuficiencia del peroneo largo, se describen en la literatura científica como factores relacionados, no sólo con el HL, sino también con el HAV. Además, otros factores como la forma redonda de la cabeza del I metatarsiano, alteraciones en los brazos de palanca del extensor y flexor largos, el metatarsus primus varus, o una excesiva adducción del antepié, se atribuyen más específicamente a la deformidad de HAV. A continuación se expone cómo el mal funcionamiento del primer segmento metatarso-digital durante la marcha puede dar lugar al HAV.

2.1.4.a. Insuficiencia del primer radio como causa de hallux abductus valgus

Se podría decir que el HAV es una deformidad adquirida causada por un funcionamiento mecánico defectuoso del primer segmento metatarso-digital, propiciado a su vez por una pronación subastragalina excesiva durante el

periodo propulsivo. Esta circunstancia generará una actitud de dorsiflexión y/o hipermovilidad del primer radio durante la propulsión, que es la etiología primaria del HAV². Pero son varios los sucesos que acontecen en el primer segmento metatarso-digital que dan lugar a la deformidad.

El estadio inicial de la deformidad se caracteriza por el desplazamiento lateral de la falange proximal con respecto a la cabeza del I metatarsiano, ocurriendo subluxación también en los planos sagital y frontal². El movimiento del primer radio no es un movimiento puro en el plano sagital, sino que cuando se plantarflexiona, también evierte, y cuando se dorsiflexiona, también invierte. Ante el exceso de pronación subastragalina durante la segunda mitad de la fase de apoyo de la marcha, el primer radio se desestabiliza, las fuerzas de reacción del suelo lo dorsiflexionan e invierten, cuando debería plantarflexionarse para ser utilizado como palanca rígida de impulso⁴⁷. La importante actividad de la musculatura intrínseca del primer segmento durante este periodo⁴⁴, mantiene al primer dedo firmemente fijado al suelo, con lo cual no acompaña a la cabeza del I metatarsiano en su movimiento. Como la 1ª AMTF no posee movimiento en el plano frontal, la inversión del I metatarsiano contra el primer dedo estabilizado genera estrés torsional capaz de subluxar la articulación¹. Además, como agravante, en un pie pronador la musculatura que estabiliza al primer dedo se contrae con más potencia y durante más tiempo que en un pie normal^{44,68}.

Esto genera un círculo vicioso. Para que un segmento óseo pueda ser estabilizado por la función muscular, se debe establecer previamente la estabilidad del segmento óseo inmediatamente proximal al primero². De modo que la eficiencia de la musculatura flexora que estabiliza al primer dedo contra el suelo se irá disminuyendo progresivamente por la inestabilidad del primer radio. Esto da como resultado una reducción de la carga que debe aguantar el primer dedo durante la propulsión. Hutton y Dhanendran⁹³ observaron que en pies con HAV, el primer y el segundo dedos cargaban menos de lo normal y que los tres metatarsianos externos soportaban más carga. Esto podría ser el resultado de un esfuerzo por proteger la zona medial afectada mediante la reducción de la cantidad de pronación que tiene lugar durante la fase inicial del

apoyo en la marcha. Además estos autores, al igual que Sanders y colaboradores⁹⁴, obtuvieron una significativa correlación negativa entre el ángulo de hallux abductus valgus (en adelante, ángulo HAV) y la carga soportada por el primer dedo, es decir, que cuanto más grave era la deformidad de HAV, menos carga se registraba bajo el primer dedo.

La actividad de los flexores del primer dedo determina en parte la carga que éste soporta. Los sesamoideos están parcialmente incorporados en los tendones del flexor corto del primer dedo cuando pasa bajo la cabeza del I metatarsiano, y el tendón del flexor largo recae entre los dos sesamoideos. La desviación en abducción y valgo del primer dedo se acompaña de un movimiento en sentido caudal del borde medial de la base de la falange debido a la rotación (eversión). Por ello, y por el desplazamiento en sentido lateral experimentado por los sesamoideos, la musculatura flexora pierde efecto flexor sobre el dedo y gana efecto abductor⁹⁵. Esta disfunción en la musculatura flexora puede generar la reducción de carga del primer dedo⁹³.

2.1.4.b. Papel de las partes blandas en la progresión del hallux abductus valgus

La tensión pasiva de la fascia por el efecto torno, o la tensión activa del flexor largo del primer dedo o de la musculatura intrínseca del pie que se inserta en los sesamoideos, pueden crear fuerzas deformantes en la 1ª AMTF que den lugar a desviación lateral del dedo y medial del metatarsiano⁷¹. Una contracción del adductor del primer dedo normalmente imprime un movimiento de flexión, adducción e inversión a la falange proximal, mientras que una contracción del abductor produce flexión, abducción y torsión en eversión de dicha falange. Cuando los dos trabajan al unísono y con la misma potencia, la torsión en el plano frontal y la desviación en el plano transversal quedan neutralizadas, de modo que lo que se produce es una fuerza flexora en el plano sagital que evita la desviación en los otros dos planos⁷³. Si se produjera cualquier situación que aventajara a la musculatura que realiza abducción y eversión del dedo, sobre la que ejerce adducción e inversión, se ocasionaría una tendencia a la desviación lateral y en valgo de éste cuando ambos grupos musculares se contraigan a la

vez. Esta circunstancia se origina cuando el eje vertical alrededor del que se efectúa el movimiento en el plano transversal, no cae justo en el centro de la cabeza metatarsal y entre los dos sesamoideos. Por ello, esto suele ser un factor agravante de la deformidad, más que un factor productor, porque necesita de la previa desestabilización del finísimo equilibrio que mantiene la musculatura intrínseca del primer dedo durante su actividad.

La subluxación lateral de la base de la falange proximal sobre la cabeza del I metatarsiano es la consecuencia de un inadecuado funcionamiento de la cabeza transversal del abductor del primer dedo ante la inestabilidad que éste experimenta en la 1ª AMTF². Cuando el primer dedo es inestable en la 1ª AMTF, la cabeza transversal del abductor tracciona de la base de la falange proximal lateralmente en lugar de proporcionar estabilidad transversal al metatarso. Las fuerzas reactivas del suelo contra la zona plantar del antepié durante la propulsión son las responsables del ensanchamiento metatarsal y de la producción de una excesiva tensión de la cabeza transversal del abductor en su origen y en su inserción. A ello hay que sumarle la pérdida de eficacia adductora del adductor del primer dedo. Esto se debe al desplazamiento de la inserción del adductor a la zona plantar de la 1ª AMTF, adquiriendo más potencia como flexor que como adductor^{84,95-99}. Con ello el adductor, además de no oponer resistencia a la fuerza del abductor, tiende a mantener la deformidad.

2.1.4.c. Desviación de los sesamoideos en el hallux abductus valgus

Todos los tipos de HAV muestran un aparato sesamoideo desplazado lateralmente con respecto a la 1ª AMTF⁷³. Cuando la articulación subastragalina prona durante la propulsión, la dorsiflexión e inversión del primer radio hacen que la cresta intersesamoidea plantar se acerque paulatinamente al sesamoideo medial cuando se produce la transmisión de cargas a través de la 1ª AMTF. La contracción de la musculatura intrínseca, que muestra un aumento de actividad en pies pronadores, impide a los sesamoideos que acompañen a la cabeza metatarsal en su movimiento, con lo que caen lateralmente desplazados bajo la cara plantar de la cabeza del I metatarsiano. Esto ocasionará que el

sesamoideo tibial erosione poco a poco la cresta intersesamoidea, lo que hará que el estabilizador óseo plantar de la posición de los sesamoideos en el plano transversal, se vaya perdiendo.

Al colocarse el sesamoideo tibial bajo el eje vertical de la articulación, y el peroneo en una situación muy lateral bajo la cabeza metatarsal, la contracción unísona del adductor, el abductor y el flexor corto, resultará en un movimiento lateral en la articulación. El mayor brazo de palanca del abductor con respecto al eje vertical aventajará al momento adductor antagonista.

2.1.4.d. Deformación de la cabeza del I metatarsiano

Cualquier subluxación en una articulación producirá excesiva compresión de las superficies articulares en un lado, y separación de las mismas en el otro. En el hueso en crecimiento, la compresión excesiva de dos superficies articulares causa absorción de hueso subcondral, y la separación de dichas superficies en el lado contrario origina la deposición de hueso, lo cual mantiene una buena relación entre las carillas articulares a medida que van siendo desplazadas².

En la zona lateral de la articulación, la base de la falange se ha desplazado tanto en abducción en el plano transversal, como en eversión en el plano frontal. Este desplazamiento del dedo causa que la 1ª AMTF se ensanche medialmente y se comprima lateralmente. El resultado es una adaptación ósea funcional de la cabeza del I metatarsiano, ya que se deposita hueso en la zona distal-medial y se reabsorbe en el margen lateral y dorsal de la cabeza metatarsal¹. Esta adaptación ocurrirá de manera más rápida si se da en la infancia o adolescencia, que si se da en la vida adulta¹⁰⁰.

A medida que la deformidad progresa, todas las desviaciones y disfunciones acontecidas en el primer segmento metatarso-digital contribuirán a aumentar la inestabilidad tanto del primer radio como del primer dedo, y este aumento de inestabilidad participa en el aumento del grado de disfunción y de desviación.

2.1.5. Imagen radiográfica normal del primer radio y primer dedo

El primer radio y primer dedo, al igual que el resto del pie, deben aparecer en una radiografía rodeados de una imagen hipodensa correspondiente a las partes blandas circundantes, sea cual sea la proyección utilizada. Dicha imagen debe terminar marginalmente en un contorno bien definido que indica la delimitación de la piel y partes blandas del pie. Los tejidos blandos que rodean al primer segmento metatarso-digital deben exhibirse con una densidad de apariencia uniforme y dentro de una imagen de contorno regular. Cualquier variación de este patrón podría simbolizar la presencia de edemas, cuerpos libres, calcificaciones u otros signos de irritación crónica y cambios inflamatorios.

Las estructuras óseas que componen el primer segmento metatarso-digital deben revelar unos patrones de densidad ósea, de grosor cortical y de trabeculación de apariencia normal. La densidad ósea del primer segmento metatarso-digital, al igual que la del antepié en general debe aparecer uniforme. La imagen osteopénica indicará un déficit en la mineralización del hueso, y la imagen esclerótica denotará un exceso de mineralización en la zona.

La 1ª cuña, al pertenecer al grupo de los huesos cortos, está formada mayoritariamente por hueso esponjoso. Esto quiere decir que en una radiografía, la imagen de la 1ª cuña corresponderá a la de un conjunto de líneas trabeculares con distintas direcciones dentro de unas corticales de apariencia delgada en comparación con las de las diáfisis metatarsales. En una proyección lateral, la imagen de la 1ª cuña aparecerá interrumpida por una línea vertical de menor densidad que corresponde a la línea articular tarso-metatarsiana o de Lisfranc. Dado que la articulación de Lisfranc está constituida a su vez por varias articulaciones menores (las tres cuñas con los tres primeros metatarsianos, y el cuboides con los metatarsianos IV y V), se puede distinguir, a lo largo de esa línea vertical, los espacios interarticulares de cada una de ellas¹⁰¹. No obstante, la que se expone con mayor claridad es la de la articulación entre el II metatarsiano y la 2ª cuña. La línea que dibuja el espacio

interarticular entre la 1ª cuña y el I metatarsiano es aproximadamente recta. En ocasiones presenta una ligera incurvación hacia la mitad de la misma, que le confiere un aspecto de “S” itálica, siendo su porción superior convexa hacia delante y la porción inferior convexa hacia atrás.

En una proyección dorsoplantar la articulación entre la 1ª cuña y la base del I metatarsiano se aprecia de forma totalmente nítida con menos frecuencia que en la proyección lateral. La forma cóncavo-convexa recíprocamente de las dos superficies articulares que la constituyen origina una superposición de imágenes. La forma y orientación de dicha articulación se clasifica en tres grupos: oblicua, redondeada y transversa, no siendo definida especialmente ninguna de ellas como la normal¹⁰². La oblicua muestra una línea articular orientada medialmente, que discurre desde distal y lateral, hasta proximal y medial. La redondeada ocasiona una imagen que recuerda a la articulación que forman la cabeza del astrágalo y la superficie posterior del escafoides. La transversa rara vez forma una línea totalmente recta, sino que con más frecuencia es curvada. La mitad lateral de dicha línea suele ser convexa en sentido distal, y la mitad medial suele serlo en sentido proximal. A pesar de ello, muestra una orientación transversa con respecto al eje medio del pie.

Entre la base del II metatarsiano y el primer radio puede existir un espacio de separación que no debe ser mayor a 2 mm¹⁰². Cuando este espacio es mayor podría indicar hiper movilidad del primer radio¹⁰³, o un ángulo intermetatarsal entre el I y el II metatarsianos aumentado, producido por las fuerzas retrógradas del HAV.

En la proyección lateral puede apreciarse la diferencia de inclinación de los cinco metatarsianos sobre el suelo. Esta incidencia presenta un valor de normalidad de entre 18° y 25° para el I metatarsiano, y va decreciendo progresivamente, 15° para el II metatarsiano, 10° para el III, 8° para el IV, y por último, para el V metatarsiano alcanza un valor de 5°¹⁰⁴. Cavanagh y colaboradores⁵¹ establecen en su estudio sobre 50 sujetos sanos valores de

21.3° ± 4.6 de inclinación del I metatarsiano, y 11° ± 3 de inclinación del V metatarsiano.

Meyer y colaboradores¹⁰⁵ por un lado, y Horton y colaboradores¹⁰⁶ por otro, demuestran que en una radiografía lateral es normal que el I metatarsiano esté más elevado que el II. El estudio realizado por Meyer y colaboradores¹⁰⁵ señala que la elevación del I metatarsiano con respecto al II en condiciones normales es de aproximadamente 7 mm. Horton y colaboradores¹⁰⁶ obtuvieron resultados similares mediante los que establecieron que esta diferencia se podía cuantificar en aproximadamente 8 mm. El *ángulo intermetatarsiano I-II lateral*, formado por la imagen de las dos corticales superiores de ambos metatarsianos, presenta un valor de normalidad de 1,02° ± 1.2 según el estudio de Bryant y colaboradores¹⁰⁷ sobre una muestra de 30 pies sanos. Sobre un grupo control formado por 100 pies normales, Horton y colaboradores¹⁰⁶ encontraron una diferencia entre el ángulo de declinación del I metatarsiano con respecto al suelo, y el análogo para el II metatarsiano de 3.4° ± 0.2°, quedando el I más elevado que el II una media de 7.9mm ± 0.2mm.

Tanto el I metatarsiano como las dos falanges del primer dedo están dentro del grupo de huesos largos a pesar de su reducido tamaño. Ello significa que se componen de dos epífisis, una proximal y otra distal, y una diáfisis. En las epífisis se identifican un gran número de finas y numerosas trabéculas, ya que el patrón óseo que abunda en estas zonas es el hueso esponjoso. En una proyección dorsoplantar, la zona subcondral de las bases de los tres huesos largos que componen el primer segmento metatarso-digital suelen presentar una densidad mayor que el resto de la epífisis. Esto es así por la superposición de las corticales superior e inferior. Donde más se manifiesta este hecho es en la base de la falange proximal, por ser la superficie articular más cóncava de dicho segmento.

Hetherington y colaboradores⁵⁷ afirman que el área de la cabeza del I metatarsiano que posee un patrón trabecular más pronunciado se corresponde con el arco que forman los centros de rotación normales de la 1ª AMTF. En una

proyección lateral, este arco va desde la superficie articular inferior de la cabeza metatarsal y se extiende proximal y dorsalmente. Según estos autores, el patrón trabecular más denso en la cabeza del metatarsiano se encuentra en su parte dorsal-anterior. Esta área corresponde a la zona que experimenta mayores fuerzas compresivas durante la movilidad normal del primer radio⁵⁷.

Las diáfisis muestran una imagen característica. Los márgenes laterales de la imagen radiológica de la diáfisis del I metatarsiano aparecen escleróticos. Esta esclerosis corresponde a la superposición del hueso cortical de la diáfisis. La imagen de las corticales será más gruesa en el I metatarsiano, y menos en las falanges, ya que en éstas últimas sus extremidades están prácticamente en contacto una con la otra. El centro de las diáfisis manifiesta una imagen de menor densidad que los márgenes de ésta. Ello corresponde al canal medular de los huesos largos, en el que las trabéculas son menos abundantes que en las epífisis.

En la cabeza del I metatarsiano, la superposición de la imagen dorsoplantar de ésta con la de los sesamoideos forma dos masas ovaladas que muestran mayor densidad que el resto de la epífisis. Puesto que la osificación de los sesamoideos comienza a aparecer en torno a los 8 años⁸⁴, en los individuos de menor edad esta imagen no se manifiesta. En ocasiones la figura de alguno de los sesamoideos puede no corresponder exactamente a una masa ovalada. A menudo los sesamoideos se desarrollan a partir de múltiples centros de osificación, y un fallo en la unión de dichos centros resulta en sesamoideos partidos²³. Esta variación en la osificación afecta con más frecuencia al sesamoideo medial¹⁰⁸. Tanto en una proyección lateral como en una dorsoplantar se debe observar que el extremo distal del sesamoideo recae inmediatamente proximal a la línea articular de la 1ª AMTF. El sesamoideo medial debe encontrarse a media distancia entre el cuello anatómico del metatarsiano y el extremo más distal de la cabeza del mismo, y el lateral, ligeramente más retrasado que el medial.

En una radiografía dorsoplantar se considera normal un ligero desplazamiento lateral de los sesamoideos con respecto al eje longitudinal del I metatarsiano. No obstante, dado que un signo radiológico asociado a la deformidad de HAV es el excesivo desplazamiento lateral de los sesamoideos, existen medidas para determinar la posición normal de los mismos bajo el I metatarsiano. Concretamente se valora la posición del sesamoideo tibial en relación al eje longitudinal del I metatarsiano. Para ello se utiliza una secuencia numérica del 1 al 7¹⁰⁹, que representan posiciones del sesamoideo tibial de medial a lateral. En la posición 1 el sesamoideo tibial es completamente medial al eje del metatarsiano y no lo toca. En la posición 2 el sesamoideo tibial se ha desplazado lateralmente hasta que su borde lateral toca el eje del metatarsiano. La posición 3 se da cuando menos de la mitad del sesamoideo tibial queda lateral al eje del metatarsiano. Cuando queda una mitad del sesamoideo tibial a cada lado del eje del metatarsiano se encuentra en una posición 4. Las posiciones 5, 6 y 7 son imágenes en espejo de las posiciones 3, 2 y 1 respectivamente. En condiciones normales el sesamoideo tibial debe ocupar una posición de la 1 a la 3¹⁰². Smith y colaboradores¹¹⁰ reducen este método a cuatro grados. El grado 0 muestra un sesamoideo tibial no desplazado con respecto al eje longitudinal del metatarsiano. El grado 1 es aquel en el que menos de la mitad del sesamoideo recae lateral al eje del metatarsiano. En el grado 2, más de la mitad del sesamoideo recae lateral al eje. Y en el grado 3, el sesamoideo tibial está completamente lateral a la línea de referencia. Según esta clasificación, lo normal sería encontrar el sesamoideo tibial en una posición de grado 0.

Existen otros sesamoideos que pueden aparecer en las proximidades del primer segmento metatarso-digital, y que no tienen por qué ser causa de sintomatología o disfunción. Según Montagne y colaboradores¹⁰¹, éstos son (de proximal a distal): el escafoconeano, que aparece en las proximidades de la articulación entre el escafoides y la 1ª cuña; el intercuneiforme, hueso accesorio que puede aparecer entre la 1ª y 2ª cuña; el sesamoideo del tibial anterior, que se localiza en la cara medial de la 1ª cuña, en la zona de inserción del músculo que le da nombre; el primer cuneometatarsiano plantar, que como su nombre

indica, puede distinguirse en la cara plantar de la primera articulación cuneo-metatarsal; el intermetatarsiano, que se encontraría entre las bases de los metatarsianos I y II; y los sesamoideos interfalángicos plantares, que pueden aparecer en tres localizaciones en la cara plantar de la articulación interfalángica del primer dedo: (1) justo en el centro, (2) en la parte medial, o (3) en la parte lateral de la articulación.

La cabeza del I metatarsiano puede variar en cuanto a su forma en una radiografía dorsoplantar. Se clasifica tradicionalmente en redonda, cuadrada y cuadrada con cresta central^{102,109,111}. Una cabeza metatarsal normal describe un patrón circular suave y continuo¹¹².

El espacio articular metatarsofalángico debe aparecer uniforme, con la misma anchura aproximadamente que las articulaciones metatarsofalángicas menores. Palladino¹⁰² establece como normal una anchura aproximada de 2 mm. Un espacio articular irregular o disminuido podría dar información a cerca de cambios degenerativos en dicha articulación. La presencia de espacios articulares perfectamente apreciables indica que no existen alineaciones exageradamente anómalas en el plano sagital.

Otro aspecto a valorar es la orientación del espacio articular. En condiciones normales, las superficies articulares de la 1ª AMTF no forman ángulos totalmente rectos con los ejes longitudinales de sus respectivos segmentos. Por eso es normal una ligera desviación en abducción del primer dedo con respecto al I metatarsiano. A pesar de esto, la relación de una con respecto a la otra debe ser normal. Piggott¹⁰⁰ describió lo que era una articulación congruente, una articulación desviada y una articulación subluxada. En una articulación congruente, los puntos medios de las superficies articulares se sitúan enfrente el uno del otro. Además, la línea que representa la superficie articular efectiva de la cabeza del metatarsiano y la línea que representa la superficie articular efectiva de la base de la falange son paralelas. Se considera normal hasta 3 grados de divergencia entre estas dos líneas¹¹². En una articulación desviada, la superficie distal está lateralmente desplazada con

respecto a la superficie proximal, dejando expuesta la parte medial de ésta última. Las dos líneas comentadas anteriormente no son paralelas, pero se cruzan fuera del espacio articular metatarsofalángico. En una articulación subluxada, las líneas que representan las superficies articulares efectivas interseccionan en un punto localizado en los confines de la articulación. Piggott¹⁰⁰ asegura que el tipo de articulación congruente representa una entidad no patológica, al contrario que los otros dos tipos.

En cuanto a la imagen radiográfica normal del primer segmento metatarso-digital resta mencionar la silueta de la falange proximal. Los márgenes lateral y medial de la diáfisis de la falange deben mostrar una concavidad aproximadamente simétrica. Cuando el borde lateral aparece más cóncavo que el medial, el dedo está rotado en valgo. Esta imagen es generada porque la superficie plantar de la diáfisis de la falange, que es cóncava, se visualiza en la radiografía dorsoplantar debido a la rotación en valgo del dedo. En algunos casos, la lámina ungueal del primer dedo puede observarse proyectada oblicuamente debido a la rotación del dedo¹⁰².

2.2. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

A continuación revisamos los resultados de algunas de las investigaciones más relevantes que se han realizado en relación con las patologías de HAV y HL, y las opiniones de diversos autores a cerca de los factores morfológicos que se mencionaron en el capítulo anterior.

2.2.1. Orientación del antepié con respecto al retropié en el plano transversal

Son varios los autores que postulan que cuando la articulación subastragalina prona excesivamente durante los períodos medio y propulsivo de la fase de apoyo de la marcha, la presencia o ausencia de un antepié adductus determina el tipo de alteración que sufrirá la 1ª AMTF^{1,2,47}. En este sentido, Michaud¹

defiende que los factores biomecánicos que producen la deformidad de HL ocurrirán sólo si los metatarsianos están dentro de un patrón recto o si el ángulo de metatarsus adductus (en adelante, ángulo MA) es igual o menor a 10° ; si es de 11° ó mayor, la posición de los metatarsianos en el plano transversal favorecerá el desarrollo del HAV (figura 1). Root y colaboradores² estiman que hay un punto en el que ambas deformidades pueden ocurrir simultáneamente, y que clínicamente este punto es variable. Para estos autores, si en un pie que funciona anormalmente, el antepié desarrolla más de 15° de ángulo de antepié adductus, será propenso a desarrollar primariamente HAV. Por el contrario, si este ángulo es menor o igual a 10° , tenderá a desarrollar HL. Aunque no facilita un valor a partir del cual se favorezca una u otra deformidad, Seibel⁴⁷ afirma que si el vector primario de subluxación de la 1ª AMTF está en el plano transversal, como sucede en el antepié tipo adductus, prevalecerá la deformidad de HAV. La deformidad de HL será entonces más frecuente en los pacientes con antepié tipo rectus, en el que el vector de subluxación primario se encuentra en el plano sagital.

Duke y colaboradores¹¹³ encontraron en su estudio que a medida que aumentaba el ángulo MA, aumentaba la protusión del I metatarsiano y disminuía la del II. Mediante este hallazgo estos autores explican la relación entre el ángulo MA y la presencia de HAV. Estos autores apuntan que las fuerzas retrógradas aplicadas distalmente al pie afectan a estructuras proximales. En el caso de un primer segmento metatarso-digital que protuye más que el segundo, estas fuerzas se aplicarán sobre el primer dedo abduciéndolo, lo cual aumenta la adducción del I metatarsiano. Esto a su vez disminuye la capacidad de la primera articulación cuneometatarsal para resistir dicha adducción, favoreciendo así el desarrollo de HAV.

Otros autores también defienden la existencia de una relación entre el ángulo MA aumentado y la presencia de HAV^{87,114-120}. No se encuentra esa relación en los trabajos de Kilmartin y colaboradores¹²¹, Munuera y colaboradores¹²², Coughlin y Shurnas¹²³, o Bryant y colaboradores¹²⁴. Estos últimos, en un estudio en el que compararon diversas medidas radiológicas

(entre ellas el ángulo MA) en pies normales, pies con HAV y pies con HL, no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los tres grupos. Los resultados del trabajo de Munuera y colaboradores¹²² también apuntan en esta dirección. Coughlin¹²⁵ observó en 1995 que en la muestra de HAV juveniles utilizada en su estudio, la presencia de metatarsus adductus no influyó en la desviación en abducción del dedo. Por otro lado, Coughlin y Shurnas⁹¹ obtuvieron una mayor incidencia de metatarsus adductus en su serie de pacientes con HR que en la población general. Esto resulta totalmente opuesto a aquellos autores que defienden una asociación entre el HAV y el metatarsus adductus.

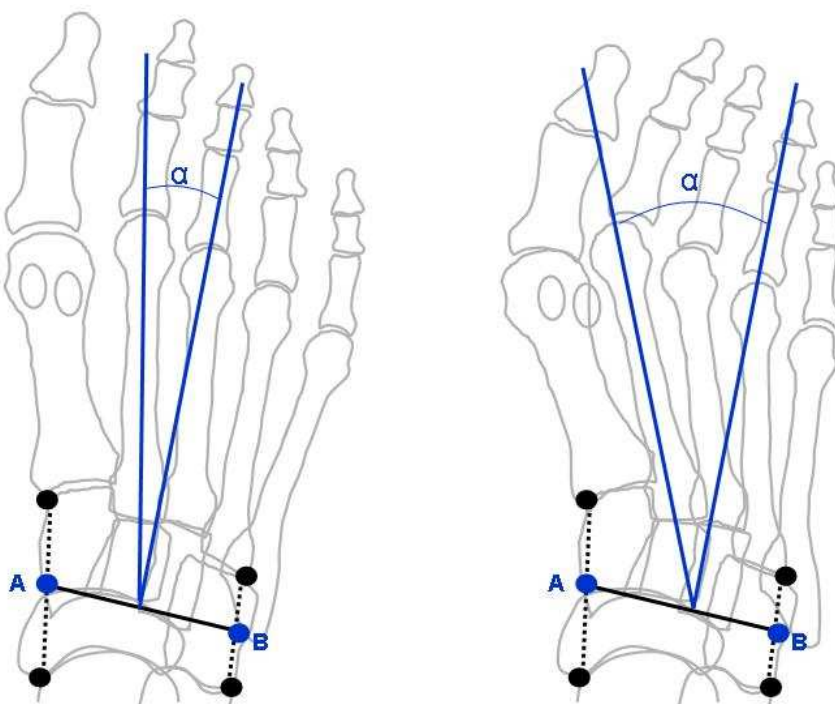


Figura 1. Ángulo de metatarsus adductus (ángulo MA).

Izquierda: antepié normal (tipo rectus); Derecha: desviación del antepié en aducción (tipo adductus).

2.2.2. Desviación en adducción del I metatarsiano

La excesiva separación en el plano transversal entre el I y el II metatarsianos ha sido ampliamente asociada con la deformidad de HAV, en unas ocasiones como causa, y en otras como consecuencia de la misma (figura 2). Hardy y Clapham¹²⁶ observaron que, en condiciones normales, la desviación en abducción del primer dedo aumenta a medida que aumenta la edad, y la separación entre el I y II metatarsianos aumenta a partir de los 15 años. Autores como Lundberg y Sulja¹²⁷ o Hardy y Clapham⁸⁷ obtuvieron en sus respectivos estudios una correlación directa, alta y significativa entre la desviación en abducción del primer dedo y la desviación en adducción del I metatarsiano. Otros trabajos en los que se encuentra una correlación directa y significativa entre estos dos factores son los realizados por Houghton y Dickson¹²⁸, Kilmartin y colaboradores¹²¹, Heden y Sorto¹²⁹, Scott y colaboradores¹³⁰, Banks y colaboradores¹³¹, y Tanaka y colaboradores^{16,132} entre otros, siendo escasos, pero existentes, los estudios que demuestran que esta correlación es muy débil y no significativa¹³³.

La teoría de que el factor causal primario para la deformidad de HAV es un primer ángulo intermetatarsal aumentado es específicamente defendida por autores como Truslow¹³⁴, Jones¹³⁵, y Bonney y Macnab⁷⁸. Resultados como los obtenidos por Banks y colaboradores¹³¹ ofrecen valores bajos del primer ángulo intermetatarsal en adolescentes, lo cual apunta a que la excesiva separación entre estos dos metatarsianos es secundaria al desarrollo del HAV. Autores como Root² y Michaud¹ también defienden que el aumento de la desviación medial del I metatarsiano es secundario al desarrollo del HAV, ya que se da en estadios avanzados de la deformidad. Piggott¹⁰⁰ asegura que tanto la abducción del primer dedo como la adducción del I metatarsiano aumentan con la edad. En su estudio, los elevados valores del primer ángulo intermetatarsal observados en los pacientes de más edad no se dieron en los sujetos más jóvenes. Por lo tanto, parece probable que dicha alteración sea secundaria al desplazamiento lateral de la falange proximal del primer dedo. En un estudio realizado por Munuera y colaboradores¹³⁶ con individuos jóvenes con y sin HAV,

se observó que los valores del ángulo intermetatarsal entre el I y II metatarsianos eran similares en ambos tipos de pies. Los valores obtenidos en los dos grupos se encontraron dentro de los rangos de normalidad reportados por diversos autores.

También hay autores que proponen que tanto la desviación lateral del primer dedo como la desviación medial del I metatarsiano podrían darse simultáneamente, sin ser ninguna de ellas una alteración independiente¹³⁷.

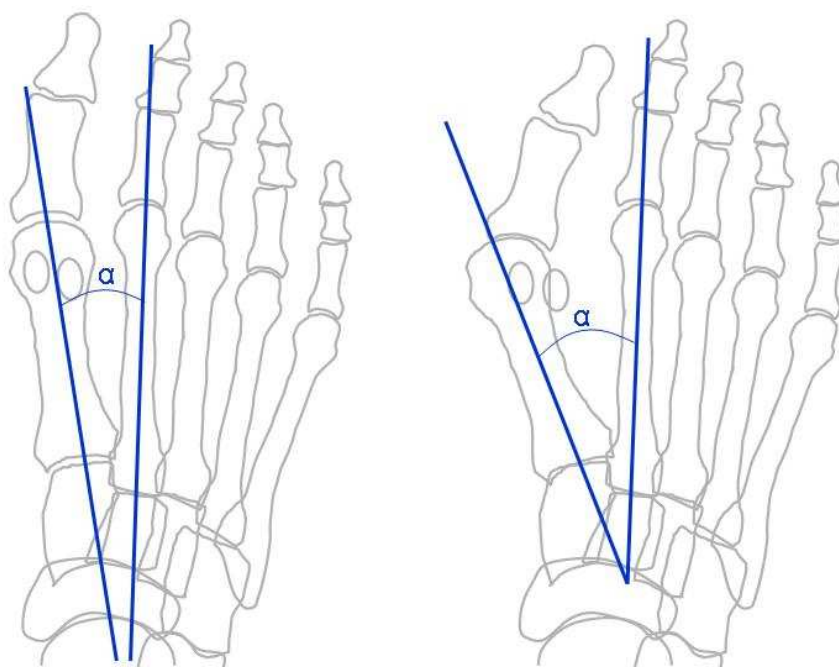


Figura 2. Ángulo intermetatarsal entre el I y II metatarsianos (ángulo I-II). Este ángulo mide la separación entre los metatarsianos I y II. Una excesiva adducción del I metatarsiano (derecha) se asocia a HAV.

2.2.3. Protusión relativa entre el I y II metatarsianos

La protusión relativa del I y II metatarsianos hace referencia a la distancia en milímetros en que uno de los dos sobrepasa distalmente al otro (figura 3). En 1930, Nilsson⁷⁷ llamó a su particular método para medir la longitud relativa entre el I y II metatarsiano el *índice o fórmula metatarsal* (metatarsal index).

Cuando el I metatarsiano se prolonga más distalmente que el II, la fórmula metatarsal recibe el nombre de *index plus*; si por el contrario es el II el más prolongado, la fórmula se llama *index minus*; y, finalmente, en los casos en que ambos metatarsianos son iguales, se denomina *index plus-minus*. Este autor observó que la fórmula *index plus* estuvo presente en el 88,4% de los 121 casos con HAV, y en el 81,2% de los 49 casos con HR estudiados. Al igual que Nilsonne, Palladino¹⁰² y Laporta y colaboradores¹¹² también son de la opinión de que una excesiva protusión a favor del I metatarsiano puede ser un factor desencadenante tanto de HAV como de HL. Besse y colaboradores¹³⁸ encontraron un predominio de *index plus* y de *index plus-minus* en el grupo de pacientes con HR.

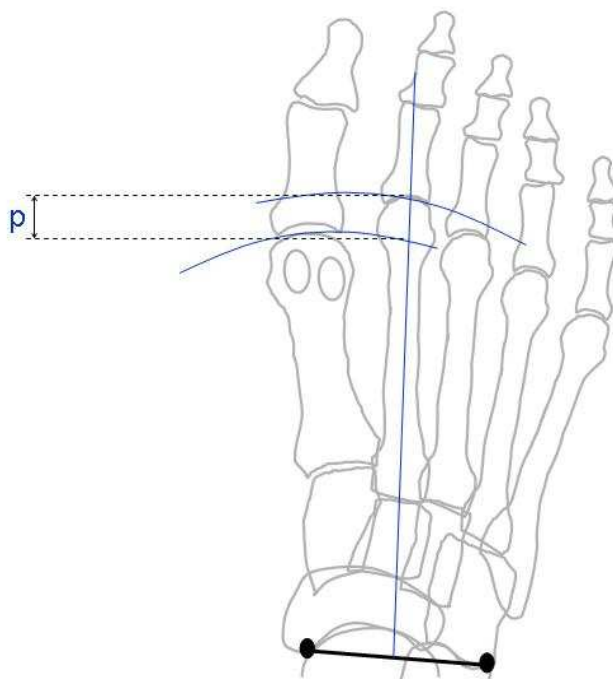


Figura 3. Protusión relativa entre el I y II metatarsianos (protusión I-II). P es la distancia existente entre el punto más distal de la cabeza del I metatarsiano y el punto más distal de la cabeza del II metatarsiano.

Harris y Beath¹³⁹ estudiaron la longitud metatarsal relativa entre el I y II metatarsianos en 7.167 pies. Los resultados que obtuvieron fue que en 2.878 pies, el I metatarsiano fue más corto que el II, habiendo entre ellos una diferencia de 1 milímetro ó más; en 2.693 pies, el I metatarsiano fue más largo que el II, habiendo entre ellos una diferencia de 1 milímetro ó más; y que en 1.596 pies, los dos metatarsianos resultaron ser de igual longitud relativa, o lo que es lo mismo, entre ellos hubo una diferencia inferior a 1 milímetro. Una de las conclusiones de su estudio fue que el I metatarsiano corto era raramente la causa de disfunción en el pie, rebatiendo así la teoría de Morton, quien defiende que el I metatarsiano corto es una causa importante de mal funcionamiento del pie^{140,141}.

Hardy y Clapham⁸⁷ concluyeron en su estudio que, en condiciones normales, el I metatarsiano protuye más que el II unos 2 milímetros, y que en pies con HAV esta protusión alcanzaba los 4 milímetros de media, lo cual resultó ser una diferencia estadísticamente muy significativa ($P < 0.001$). En concordancia con Nilsson⁷⁷ y con Hardy y Clapham⁸⁷ están los estudios de Lundberg y Sulja¹²⁷, Heden y Sorto¹²⁹, Duke y colaboradores¹¹³, y Bryant y colaboradores¹²⁴. De los resultados de éste último se puede concluir que la protusión excesiva del I metatarsiano no se asocia a la etiología del HL, pero sí a la del HAV. Mancuso y colaboradores¹⁴² sostienen que una protusión metatarsal positiva entre el I y el II metatarsianos (I metatarsiano más protuyente) es un factor etiológico bastante significativo en el desarrollo de la deformidad de HAV, y que además está claramente asociado a un aumento del primer ángulo intermetatarsal.

Viladot¹⁴³, sin embargo, sostiene que el HAV está fuertemente asociado a una protusión metatarsal negativa del I metatarsiano, es decir, el I está más retrasado que el II. Scranton Jr y McDermott¹⁴⁴ observaron que sólo 2 de 42 pacientes intervenidos quirúrgicamente de HAV presentaban un I metatarsiano largo. Igualmente, Younger y colaboradores¹⁴⁵ evaluaron 20 pies sometidos a cirugía de HAV y determinaron una protusión metatarsal media de $-4,3 \pm 4,2$ mm.

Bonney y Macnab⁷⁸ afirman que al comparar la protusión relativa entre el I y II metatarsianos de un grupo con HR, con la de un grupo de casos de HAV con ángulo intermetatarsal pequeño, encontraron que casi el 50% de los casos del primer grupo tenían el I metatarsiano 0,5 centímetros ó más, más largo que el II. En el segundo grupo, sólo 6 de los 33 casos que lo formaban resultaron tener un patrón de longitud relativa similar.

Coughlin¹²⁵ observó que el número de casos de HAV juvenil en los que la protusión del I metatarsiano era mayor que la del II, fue muy similar al número de casos en los que la protusión de ambos metatarsianos eran iguales, y al de los casos en los que la del II era mayor que la del I. Sin embargo, obtuvo una media de 5° más en el ángulo HAV en aquellos pies en los que el I era mayor que el II. Lundberg y Sulja¹²⁷ afirman que en pies con HAV, el I metatarsiano no tiene más longitud absoluta que el II, pero si más protusión relativa.

Roukis y colaboradores¹⁴⁶, aunque no obtuvieron diferencia estadísticamente significativa en cuanto a la protusión metatarsal entre los casos de HR más leves y los más graves, sí observaron una tendencia general hacia una protusión mayor (I metatarsiano más largo que el II) en los casos más leves, y una protusión menor (I metatarsiano más corto que el II) en los casos más graves. Esto puede ser debido a que los cambios degenerativos ocurridos en la 1ª AMTF en casos de HR severo, pueden acortar el metatarsiano, ya que producen aplanamiento de la cabeza.

2.2.4. Alteraciones en la longitud del I metatarsiano

Son muchos los autores que se han referido en la literatura médica y podológica a alteraciones por exceso o por defecto de la longitud del I metatarsiano como factor causal de HAV y HL (figura 4). A excepción de los autores mencionados anteriormente, quienes valoran la longitud del I metatarsiano con respecto a la del II, en muchas ocasiones no se hace referencia a si esas alteraciones se dan en la longitud absoluta del I metatarsiano, o en la longitud relativa con respecto

al II. Cuando se habla de un I metatarsiano excesivamente largo en longitud absoluta, no significa que sea más largo que el segundo (en condiciones normales, el I metatarsiano es aproximadamente 1,16 cm más corto que el II en longitud absoluta, según Camasta y colaboradores¹⁴⁷, y 1,47 cm según Davitt y colaboradores¹⁴⁸), sino que se hace referencia a que el I metatarsiano tiene una longitud mayor a la habitual, pero sigue siendo más corto que el II. Jack⁷⁵ notó que el I metatarsiano y el primer dedo tendían a ser más largos de lo habitual en casos de HR. Y, al igual que autores como Hanft y colaboradores⁷⁹, o Lichniak⁶⁰ entre otros, asegura que un I metatarsiano excesivamente largo puede ser susceptible de provocar HL. Tanaka y colaboradores¹⁶ observaron que la longitud del I metatarsiano en el grupo de sujetos con HAV fue el 88% de la longitud del II metatarsiano, mientras que en el grupo de sujetos normales fue el 86%, lo cual resultó ser estadísticamente significativo ($P < 0.001$).

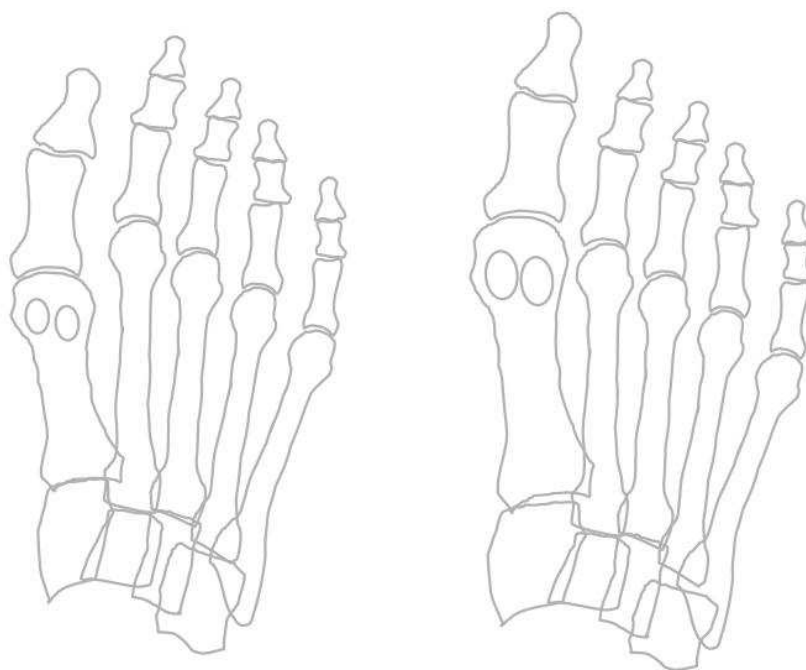


Figura 4. I metatarsiano corto (izquierda) y largo (derecha) en longitud absoluta.

Paradójicamente, un I metatarsiano excesivamente corto también se ha atribuido a la etiología del HL^{82,140}. En estos casos, el primer dedo se flexionaría para intentar suplir el déficit de apoyo de un I metatarsiano corto, lo cual crearía una hiperactividad del flexor corto del primer dedo que acabaría ocasionando una contractura adaptativa y una posible pérdida de función¹⁴⁹. Mann y colaboradores⁹⁰ aseguran que el 30% de su serie de pacientes intervenidos de HR tenían un I metatarsiano sustancialmente corto, mientras que en el resto de los pacientes el I y el II metatarsianos aparecieron con igual longitud.

Durrant y Siepert⁶⁷ aseguran que si el I metatarsiano es excesivamente largo, el flexor corto del primer dedo se vería sometido a mucha tensión, lo cual podría causar la limitación de la extensión metatarsofalángica. Camasta⁸¹ sostiene que un I metatarsiano muy largo hace que la columna medial contacte con el suelo con excesiva presión bajo la cabeza del I metatarsiano. Esto causaría dos efectos: el primero sería la carga prematura de la articulación, y el segundo, una inversión retrógrada del antepié con respecto al retropié, forzando así a que el pie despegue por la zona lateral durante la propulsión. Ambos distorsionarían la progresión normal de fuerzas a través del primer radio, y se restringiría el desplazamiento dorsal de la falange proximal sobre la cabeza metatarsal, desencadenando el HL. Mancuso y colaboradores¹⁴² también sostienen que un I metatarsiano largo impediría el desarrollo normal de la capacidad extensora de la 1ª AMTF.

Rueda⁵⁰ relaciona las alteraciones de longitud del I metatarsiano, tanto por exceso como por defecto, con ambas patologías. Este autor sostiene que cuando exista un I metatarsiano largo, éste se sobrecargará si es estable, dando lugar a un HL. Sin embargo, si es hipermóvil, se separará del II haciendo que la 1ª AMTF trabaje en valgo, y producirá HAV. Por el contrario, cuando se presenta un I metatarsiano corto, si éste no es hipermóvil y se trata de un pie con una articulación mediotarsiana estable, se desencadenará un HL, porque el dedo alarga funcionalmente la palanca del I metatarsiano y se aumenta la presión intraarticular; pero si es hipermóvil, se producirá HAV, porque al no tener suficiente estabilidad para frenar la pronación, se separa del II rotando

sobre su propio eje y cambiando así el plano de trabajo de la 1ª AMTF en valgo. En concordancia con esto último están Hetherington y colaboradores¹⁵⁰, ya que son de la opinión de que un I metatarsiano corto es propenso a desarrollar HAV.

2.2.5. Alteraciones en la longitud de la falange proximal del primer dedo, o del primer dedo en su conjunto

La longitud del primer dedo, así como la de la falange proximal independientemente, también han sido relacionadas con frecuencia con el desarrollo de ambas patologías. Lundberg y Sulja¹²⁷ opinan que parece poco probable que un primer dedo excesivamente largo sea causa de HAV, pero dichos autores no midieron este parámetro en su estudio.

Giannestras¹⁵¹ sostiene que una de las causas más frecuentes de HAV es un primer dedo mucho más largo que los demás, ya que sería comprimido por el calzado y se desviaría, creando un círculo vicioso que lleva a la iniciación y desarrollo de la deformidad. De interés con respecto a este punto es el hallazgo de Tanaka y colaboradores¹⁶ en su estudio. Estos autores hallaron diferencia significativa entre la longitud del primer dedo en un grupo control y en un grupo de pies con HAV. El primer dedo medía el 87% de la longitud del II metatarsiano en pacientes con HAV, y el 83% en los sujetos normales, lo cual fue estadísticamente significativo ($P < 0.001$). Roukis y colaboradores¹³⁷ observaron que el pie egipcio (aquel en el que el primer dedo es más largo que el segundo) estuvo relacionado con HAV en el 66% de su muestra. Heden y Sorto¹²⁹ demostraron indirectamente que el primer dedo muy largo se asociaba con ángulos intermetatarsales entre I y II metatarsianos, y ángulos de HAV, aumentados, por lo que infirieron que en la mayoría de los pies con HAV aparecería un hallux más largo de lo habitual.

Haciendo referencia a las tres fórmulas metatarsales descritas por Nilsonne⁷⁷, Viladot¹⁵² afirma que tanto el index plus, como el index minus y el index plus-minus son formulas metatarsales totalmente normales. Sin embargo,

son mucho más frecuentes las alteraciones biomecánicas del antepié en los casos de primer dedo largo. Cuando éste se combina con un metatarsiano débil, corto y en varus, aparece HAV. Cuando se combina con un metatarsiano index plus, potente y recto, existe una predisposición al HR. Sobre esto último, Rueda⁵⁰ se muestra de acuerdo cuando manifiesta que un primer dedo excesivamente largo con un I metatarsiano estable producirá HL.

Aycart y González⁸⁰ consideran un factor contribuyente a la etiología del HL las variaciones de la normalidad en la longitud y tamaño de la falange proximal del primer dedo. Aunque estos autores no aportan datos al respecto, aseguran que uno de dichos factores puede ser la falange proximal excesivamente larga.

2.2.6. Oblicuidad de la primera articulación cuneometatarsal

En el caso de la deformidad de HAV, otro factor que se ha sometido a debate en numerosas ocasiones es el papel etiológico de la oblicuidad de la primera articulación cuneometatarsal (figura 5). Haines y McDougall¹³ estudiaron este factor en preparaciones anatómicas. Estos investigadores vieron que cuando se disecaba la 1ª cuña en pies sin HAV y se colocada sobre el plano de una mesa se visualizaba muy poca superficie de la carilla articular distal de este hueso. En cambio, cuando la misma maniobra se llevaba a cabo con huesos extraídos de pies con HAV, esta superficie articular se orientaba medial y distalmente. No obstante, estos autores aclaran que no hay evidencias convincentes sobre el hecho de que dicha oblicuidad pueda ser causa o consecuencia del HAV.

Houghton y Dickson¹²⁸ midieron el ángulo de *metatarsus primus varus* en un grupo de sujetos con HAV y un grupo control. Este ángulo lo forman el eje longitudinal de la 1ª cuña y el eje longitudinal del I metatarsiano. Teóricamente, cuando este ángulo está aumentado, se debe a una excesiva desviación en adducción del I metatarsiano con respecto a la 1ª cuña. Esta desviación tiene su origen a nivel de la primera articulación cuneometatarsal, como ya demostraron

Tanaka y colaboradores¹⁶. En el estudio de Houghton y Dickson¹²⁸, no se encontraron diferencias significativas entre los valores de este ángulo obtenidos en ambos grupos, por lo que la oblicuidad cuneometatarsal fue similar en ambos grupos.

Mann y Coughlin⁹² afirman que determinadas variaciones en la forma y estabilidad de ciertas superficies articulares pueden predisponer al antepié a sufrir deformidades inducidas por fuerzas anómalas de varios tipos de calzado. Entre ellas, destacan las de la primera articulación cuneometatarsal, en concreto aquellas situaciones en las que ésta articulación es excesivamente oblicua o cuando es curvada. En el primer supuesto se causaría un aumento del ángulo intermetatarsal entre el I y II metatarsianos, y en el segundo se acrecentaría la movilidad de esta articulación provocando igualmente una tendencia del I metatarsiano a desviarse medialmente. Mercado⁸⁸ se refiere a la articulación cuneometatarsal desviada cuando ésta es oblicua, y asegura que esta circunstancia producirá siempre metatarsus primus varus. Laporta y colaboradores¹¹² también apoyan la asociación de una cuneometatarsal oblicua con el desarrollo de esta desviación, y posterior instauración del HAV. Del estudio de Martín de Pablos y colaboradores¹⁵³ se puede extraer que existe una relación muy significativa entre una primera articulación cuneometatarsal oblicua y el HAV. Por otro lado, la presencia de una cuneometatarsal dispuesta horizontalmente y la ausencia de HAV, también mostraron el mismo tipo de relación.

En sentido opuesto a lo anteriormente comentado, Saragas y Becker¹⁵⁴ no encontraron diferencias significativas entre el ángulo I metatarsiano – 1ª cuña medido en pacientes con HAV y en un grupo control ($P = 0.9255$). Este ángulo estuvo formado por el eje longitudinal del I metatarsiano y una línea que conecta el punto más medial y el más lateral de la carilla articular distal de la 1ª cuña. El inconveniente que puede presentar este ángulo es que cuando varíe la carilla articular de la 1ª cuña porque sea más oblicua, variará también el eje del I metatarsiano que se desviará medialmente, por tanto el ángulo tenderá a ser similar en articulaciones oblicuas y horizontales.

Ferrari y colaboradores¹⁵⁵ demostraron que la superficie articular de la base del I metatarsiano para la 1ª cuña era más angulada en mujeres que en hombres. De forma que cuando se articula en la 1ª articulación cuneometatarsal se produce una mayor adducción del I metatarsiano sobre la cuña en mujeres que en hombres. Estos autores concluyeron que las mediciones realizadas en su estudio tuvieron tendencia a mostrar en los pies femeninos una mayor adducción del I metatarsiano y abducción del primer dedo que en los pies masculinos. Esto sugiere que las mujeres tienen una predisposición anatómica subyacente a la adducción del I metatarsiano y, por consiguiente, a la deformidad de HAV.

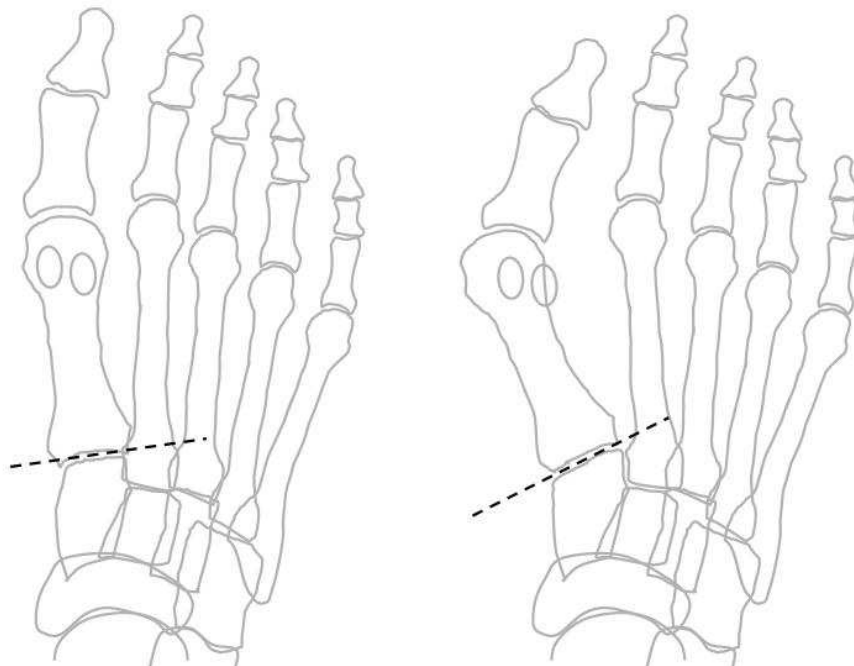


Figura 5. La 1ª articulación cuneometatarsal excesivamente oblicua se asocia con HAV.

2.2.7. Forma de la cabeza del I metatarsiano

La cabeza del I metatarsiano se puede clasificar en tres tipos según su forma: redonda, cuadrada o cuadrada con cresta central (figura 6). Laporta y colaboradores¹¹² afirman que la forma normal de la cabeza del I metatarsiano debe mostrar un patrón circular continuo y suave.

Haas¹⁵⁶ sostiene que la cabeza cuadrada con cresta central es más susceptible a formar HR. Hardy y Clapham⁸⁷ advirtieron una reducción del rango de movilidad sagital de la 1ª AMTF cuando la cabeza del I metatarsiano era más plana de lo habitual. Laporta y colaboradores¹⁰⁹ apuntaban en 1974 que la cabeza redonda es propensa a la formación de HAV, y la cuadrada a la formación de HL. Posteriormente, otros autores han apoyado estas teorías^{60,82,88,92,102,142,157}. Brahm⁸⁹ calculó el cociente “anchura de la cabeza del I metatarsiano : radio de la misma”, y observó una correlación positiva entre dicho cociente y el ángulo HAV. Cuanto mayor era el cociente “anchura : radio”, mayor era el ángulo HAV. Del estudio de este autor se puede concluir que la cabeza redonda predispone a la formación de HAV, y la cuadrada a la formación de HL.

Martín de Pablos y colaboradores¹⁵³ también encuentran relación entre la cabeza redonda y la presencia de HAV, y entre la cabeza cuadrada y la ausencia de la deformidad. Según estos autores, la cuadrada con cresta central estuvo presente de forma similar en el grupo control y el grupo de HAV. Sin embargo, estos autores no explican cómo midieron este parámetro. Gutiérrez y colaboradores¹⁵⁸ hallaron que la forma redondeada de la cabeza del I metatarsiano coincidió significativamente con los mayores ángulos intermetatarsales I-II, y de congruencia articular metatarsofalángica, lo que dijeron que indirectamente se correspondía con mayores ángulos HAV.

Uno de los estudios más recientes en relación con la forma de la cabeza del I metatarsiano y su asociación con el HAV es el de Ferrari y Malone-Lee¹⁵⁹. Dicho estudio demuestra una vez más que existe una relación entre la cabeza metatarsal redonda y el HAV, ya que se asocia con ángulos HAV aumentados.

Aunque este signo radiológico puede que sea el que más acuerdo presenta en la literatura científica en relación con la asociación a una u otra patología, también hallamos autores que con sus estudios brindan una oportunidad a la controversia. Kilmartin y Wallace¹⁶⁰ encontraron una relación inversa bastante débil entre la medición de la forma de la cabeza y la severidad del HAV. Estos investigadores diseñaron un método mediante el cual intentaron cuantificar la redondez o aplanamiento de la cabeza del I metatarsiano. Según este método, cuanto más cuadrada era la cabeza, menor era el ángulo HAV. Esto concuerda con las afirmaciones de los autores previamente referenciados pero, según los responsables del citado estudio, dicha relación no es lo suficientemente fuerte como para confirmar científicamente esa tesis. Sin embargo, los resultados del estudio de Fellner y Milsom¹⁶¹ demuestran que en el grupo de pies con HAV la cabeza del I metatarsiano era más redonda que en el grupo control. En su trabajo utilizaron dos procedimientos para medir la curvatura de la cabeza metatarsal, el descrito por Brahm⁸⁹ y el descrito por Kilmartin y Wallace¹⁶⁰. Con el método de Kilmartin y Wallace no se pudo mostrar una asociación entre la curvatura de la cabeza del I metatarsiano y el ángulo HAV. Sin embargo, la técnica de Brahm permitió detectar dicha asociación. Roukis y colaboradores¹³⁷ tampoco encuentran una relación muy importante entre la forma de la cabeza del I metatarsiano por sí sola y la incidencia de HAV. Sostienen que en combinación con otros factores sí puede favorecer el desarrollo de esta patología.

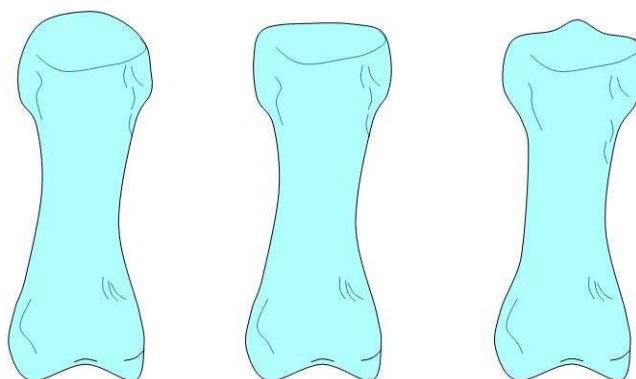


Figura 6. Forma de la cabeza del I metatarsiano: redonda (izquierda), cuadrada (centro) y cuadrada con cresta central (derecha). La forma normal sería aquella que está a caballo entre la redonda y la cuadrada.

2.2.8. Longitud excesiva de los sesamoideos

Durrant y Siepert⁶⁷ aseguran que si los sesamoideos son excesivamente alargados, el aspecto proximal de éstos pueden restringir la plantarflexión del I metatarsiano necesaria para la adecuada extensión metatarsofalángica. Esto quiere decir que el papel que la excesiva longitud de los sesamoideos puede desempeñar en la etiología del HL, es relevante.

Hasta el momento, no conocemos estudios que se hayan llevado a cabo con el objetivo de comparar el tamaño de los sesamoideos en pies normales y pies con HL. La longitud normal de los sesamoideos, en cambio, sí ha sido reportada por varios autores. Yoshioka y colaboradores¹¹ cuantificaron las dimensiones de los sesamoideos y encontraron que el medial mostró 10,6 mm de longitud, y el lateral 10,1 mm. De los datos que Prieskorn y colaboradores¹⁶² muestran en su estudio sobre 200 radiografías dorsoplantares de pies normales, se puede extraer que el sesamoideo medial tenía una longitud de 12,3 mm, y el lateral de 11,5 mm. Tanto unos como otros se muestran en concordancia con Sarrafian⁸ y con Oloff y Schulhofer¹⁶³ en cuanto a que el sesamoideo tibial es más alargado que el sesamoideo lateral.

Camasta⁸¹, en cambio, opina que la hipertrofia de los huesos sesamoideos de la 1ª AMTF es consecuencia de la tracción constante y repetida que las partes blandas que toman inserción en ellos ejercen, tanto proximal como distalmente.

2.2.9. Retracción de partes blandas

Como describió Camasta⁶⁵, la posición excesivamente proximal de los sesamoideos tibial y peroneo es el resultado de una retracción o espasmo del músculo flexor corto del primer dedo. Por lo tanto, una forma de saber radiográficamente si las partes blandas que interesan plantarmente a la base de

la falange proximal (sobre todo el flexor corto del primer dedo) se encuentran retraídas es observando la localización de los sesamoideos (figura 7).

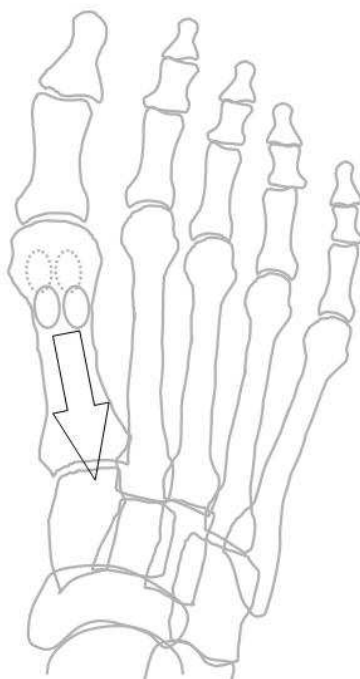


Figura 7. La localización excesivamente proximal de los sesamoideos se asocia a HL.

Durrant y Siepert⁶⁷, quienes defienden que la excesiva longitud de los sesamoideos limita la capacidad de plantarflexión del I metatarsiano, también sostienen que si éstos se localizan demasiado proximalmente con respecto a la 1ª AMTF, pueden tener el mismo efecto adverso en la función del primer radio. Esta circunstancia también constituiría un factor desencadenante de la patología del HL. En 1940, Miller y Arendt¹⁶⁴ ya consideraron que un desplazamiento proximal de los sesamoideos se asociaba a la etiología del HR. Previamente, Morton¹⁴¹ comparaba el efecto de la localización demasiado proximal de los sesamoideos con el de un I metatarsiano corto, lo cual provocaría disfunción del pie. Sin embargo, esto no ha sido estudiado aún contrastando este desplazamiento proximal en pies normales y en pies con HL o HR. Más recientemente, Chang y Camasta¹⁴⁹ afirman que la migración proximal de los sesamoideos se asocia a la deformidad de HL porque es

resultado de una excesiva contracción del flexor corto del primer dedo, el cual toma inserción parcialmente en los dos sesamoideos mediante dos tendones.

Según nuestro conocimiento, Roukis y colaboradores¹⁴⁶ son los primeros autores que han comparado la situación de los sesamoideos con respecto al espacio articular metatarsfalángico entre pies normales y con HR. La conclusión fue que en los pies patológicos parecía haber un ligero aumento de la distancia entre los sesamoideos y el espacio articular.

2.3. ASPECTOS ÉTICOS

La teoría del consentimiento informado sitúa su verdadero desarrollo en el contexto del amplio movimiento de reivindicación de los derechos civiles que se inició a finales de la II Guerra Mundial y que tiene su auge en las décadas de los sesenta-setenta¹⁶⁵. Esto, junto con el rápido desarrollo de la medicina, impulsa la reivindicación de las cartas de derechos de los enfermos, de los que el más importante, según Simón y Concheiro¹⁶⁵, es precisamente el derecho al *consentimiento informado*, que tiene su punto de partida más inmediato en el Código de Nüremberg¹⁶⁶.

La necesidad de dotar a la bioética de unos “principios” dio lugar al Informe Belmont¹⁶⁷, el cual fue redactado por la National Commission for the Protection of Human Subjects of Biomedical and Behavioral Research, creada en 1974 por el gobierno norteamericano¹⁶⁸. Los principios que inicialmente establece el Informe Belmont en 1978 son tres: beneficencia, respeto por las personas y justicia¹⁶⁹. Beauchamp y Childress¹⁷⁰, para hacer aplicables estos principios a un ámbito más amplio que el de la investigación con seres humanos, propusieron en 1979 cuatro principios: beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia. Los principios de beneficencia y no maleficencia configuran el ideal de “favorecer, o al menos no perjudicar”. El principio de autonomía, hace referencia a la capacidad del sujeto de tomar libremente sus

decisiones. Y el principio de justicia, hace referencia a las obligaciones de no discriminación, trato igualitario, acceso equitativo a los recursos, etc, que deben regir la pertenencia a un grupo social¹⁷¹.

El artículo 10 de la Ley General de Sanidad¹⁷² de 1986 establece una serie de derechos, entre los que se podrían destacar el derecho al respeto a la dignidad de las personas y el derecho a la información, que recogen las exigencias del principialismo bioético. Asimismo, el Convenio de Asturias de Bioética¹⁷³ de 1996 (Convenio de Oviedo) vuelve a referirse al derecho de la persona a recibir adecuada información sobre cualquier intervención sanitaria que en ella se haya de aplicar, al derecho de dar su libre e informado consentimiento, y también al derecho de retirarlo en cualquier momento. Las intervenciones sanitarias sujetas a la conformidad previa del sujeto o paciente mediante consentimiento informado no afectan sólo a actuaciones de diagnóstico y tratamiento, sino que incluyen también la investigación. Así queda recogido en la Declaración del Helsinki¹⁷⁴ de 1964, y en el artículo 4 del capítulo I del Convenio de Asturias de Bioética.

Más recientemente, la Ley Básica Reguladora de la Autonomía del Paciente y de Derechos y Obligaciones en Materia de Información y Documentación Clínica¹⁷⁵, de noviembre de 2002, recoge los argumentos de la Ley General de Sanidad y del Convenio de Oviedo en lo referente a la información y consentimiento previo de los pacientes a cualquier intervención en el ámbito de la salud, entendiéndose como tal toda actuación realizada con fines preventivos, diagnósticos, terapéuticos, rehabilitadores o de investigación.

Por ello, y como defiende Simón Lorda¹⁶⁸, el consentimiento informado es una obligación ético-jurídica correlativa al derecho de los pacientes a que se respete su autonomía, cuyo fundamento ético básico es el principio de no maleficencia.

Así pues, se ha considerado oportuno para el desarrollo de este estudio obtener el consentimiento informado por parte de cada uno de los participantes. Con el objetivo de determinar si este trabajo se ajusta a las normativas vigentes en España y en la Unión Europea, se ha sometido a evaluación por parte del Comité Ético de Experimentación de la Universidad de Sevilla, y ha obtenido una valoración favorable.

3. OBJETIVOS

3. OBJETIVOS

La pronación subastragalina excesiva es la base de muchas de las alteraciones morfo-funcionales que pueden desencadenar deformidades como el HL y el HAV. Existen factores morfológicos que pueden determinar cuál de las dos patologías se desarrollaría en el primer segmento metatarso-digital ante disfunción biomecánica de antepié o retropié. Estos factores se pueden medir en radiografías dorsoplantares del pie, bien de forma directa, o bien de forma indirecta. Con el fin de investigar dichos factores se diseña este estudio, cuyos objetivos se exponen a continuación.

Los objetivos de este trabajo son los siguientes:

- 1.- Determinar cuáles son los valores normales de los parámetros radiográficos medidos en este estudio, en un grupo control formado por individuos de edades comprendidas entre 20 y 29 años.
- 2.- Comprobar si en la fase inicial del HAV o el HL estos parámetros muestran diferencias significativas con respecto a los pies normales, mediante la comparación de dichas medidas entre un grupo control, un grupo de pies con HAV y otro de pies con HL.
- 3.- Estudiar si hay algún factor morfológico que sea el que determine cuál de estas dos patologías se desarrollará en un pie en caso de presentar las condiciones patomecánicas que dan lugar al inicio de estas alteraciones.

4. MATERIAL Y MÉTODO

4. MATERIAL Y MÉTODO

4.1. Tipo de diseño

Se pretende estudiar las diferencias que existen entre pies normales, pies con HAV y pies con HL, patologías que deben estar presentes en estadio inicial. Por tanto, el diseño de este trabajo corresponde a un estudio descriptivo, observacional y transversal.

4.2. Variables de estudio

Las variables que se estudian en este trabajo son las siguientes:

- Edad
- Sexo
- Lateralidad
- Extensión de la 1ª AMTF
- Ángulo metatarsus adductus.
- Ángulo intermetatarsal entre el I y el II metatarsianos.
- Ángulo metatarsofalángico del primer dedo (ángulo HAV).
- Ángulo interfalángico del primer dedo.
- Ángulo metatarsus primus varus.
- Ángulo entre el eje del I metatarsiano y la superficie articular distal de la primera articulación cuneometatarsal.
- Ángulo entre el eje del II metatarsiano y la superficie articular distal de la primera articulación cuneometatarsal.
- Ángulo entre el eje longitudinal del tarso menor y la superficie articular distal de la primera articulación cuneometatarsal.
- Ángulo entre la cara lateral de la primera cuña y la superficie articular distal de la primera articulación cuneometatarsal.
- Protusión relativa entre el I y el II metatarsianos.

- Longitud del I metatarsiano.
- Anchura del I metatarsiano.
- Longitud del II metatarsiano.
- Anchura del II metatarsiano.
- Longitud de la falange proximal del primer dedo.
- Anchura de la falange proximal del primer dedo.
- Longitud de la falange proximal del segundo dedo.
- Anchura de la falange proximal del segundo dedo.
- Longitud de la falange distal del primer dedo.
- Longitud del primer dedo.
- Longitud del sesamoideo medial.
- Longitud del sesamoideo lateral.
- Distancia del sesamoideo medial al espacio articular metatarsfalángico.
- Distancia del sesamoideo lateral al espacio articular metatarsfalángico.
- Forma de la cabeza del I metatarsiano.

Todas son variables cuantitativas, excepto la lateralidad, el sexo y la forma de la cabeza del I metatarsiano, que son nominales. La lateralidad se clasifica en pie izquierdo o pie derecho, y el sexo en hombre o mujer. La forma de la cabeza del I metatarsiano se clasifica en normal, redonda, cuadrada o cuadrada con cresta central. La edad se mide en años; las longitudes, anchuras y distancias, en milímetros; y la extensión de la 1ª AMTF y los ángulos, en grados. Entre las variables cuantitativas, la extensión de la 1ª AMTF, los ángulos, la protusión metatarsal y la distancia de los sesamoideos al espacio articular, son variables de intervalo. La edad, las longitudes y las anchuras, son de razón.

4.3. Características generales de la muestra

La muestra global de este trabajo ha estado constituida por 373 pies (194 izquierdos y 179 derechos) pertenecientes a 208 individuos, de los cuales 90 han sido mujeres y 118 hombres, con una edad media de $23,49 \pm 2,75$ años.

De los 373 pies, 177 han formado el grupo control, 98 el grupo HAV, y 98 el grupo HL.

Creemos necesario señalar que se hace referencia siempre a pies o casos, en lugar de a pacientes o personas. Se ha considerado aceptable este planteamiento por dos razones. Primeramente, porque las manifestaciones clínicas de las dos articulaciones metatarsofalángicas del primer dedo (derecha e izquierda) pueden ser distintas en un mismo paciente, y en la práctica clínica es muy frecuente la necesidad de realizar una valoración independiente para cada pie. Se podría dar el caso de que en el mismo sujeto, un pie presente HAV y el otro no, o que uno presente HL y el otro no, o incluso que un pie presente HAV y el otro HL. También es cierto que en un individuo que presente cualquiera de estas alteraciones de forma bilateral, se puede dar con distinto grado de desarrollo o evolución en un pie y en otro. La otra razón por la que el estudio se enfoca de esta forma es que, como explican Menz y Munteanu¹⁷⁶, los principales problemas conceptuales y estadísticos que generan este tipo de planteamientos ocurren cuando las inferencias se hacen con respecto a las personas, habiendo utilizado los pies como unidad de análisis. Puesto que el objetivo de este estudio es analizar y relacionar las características morfológicas del pie y no de la persona, utilizamos como unidad de la muestra los pies, y no los individuos. Por tanto, estimamos oportuno resaltar que las inferencias que se deriven de este estudio las realizamos en relación a esta unidad de análisis.

4.4. Cálculo del tamaño de la muestra

Se ha utilizado el software nQuery Advisor 4.0 (Stonehill Corp, Saugus, Massachusetts) para calcular el tamaño de la muestra para un análisis de la varianza de un factor, con tamaños desiguales de los grupos (Anexo I). Se ha estimado que el grupo de pies normales puede ser aproximadamente el doble que cualquiera de los otros dos grupos, puesto que es más común que un individuo en la tercera década de la vida no presente HAV o HL.

Con una estimación del tamaño del efecto de 0,05 unidades (el tamaño del efecto es un índice de la separación esperada entre las medias observadas, que se obtiene a partir de la varianza de las medias dividida entre la varianza de cada grupo), y una potencia del 94%, el tamaño muestral es de 300 individuos. Esto quiere decir que el grupo de pies normales debe estar formado por un mínimo de 150 casos, y cada uno de los otros dos grupos, por un mínimo de 75.

4.5. Selección de los individuos de la muestra

Los individuos que han participado en el estudio proceden de dos fuentes. Por un lado, estudiantes de la Diplomatura de Podología de la Universidad de Sevilla de los cursos 2003-2004, 2004-2005 y 2005-2006, que voluntariamente se prestaron. Y por otro lado, todos aquellos pacientes que han sido atendidos en el servicio de Ortopodología del Área Clínica de Podología de la Universidad de Sevilla, siempre y cuando cumplieran los criterios de selección y aceptaran ser incluidos en el estudio voluntariamente.

Tras proponer a un individuo su participación en el estudio, independientemente de la vía de procedencia, se le entregaba un documento informativo en el que se explicaba la naturaleza de la investigación, sus objetivos y sus posibles riesgos. Si después de leerlo y aclarar las posibles dudas, éste aceptaba participar, se le pedía que entregara su consentimiento firmado por escrito (Anexo II).

4.6. Criterios de inclusión en los distintos grupos del estudio

Los criterios de inclusión para la población de estudio se pueden dividir en:

- Comunes para los tres grupos.
- Específicos para cada uno de los grupos.

Un criterio de selección común para los tres grupos ha sido la edad. Todos los participantes debían tener edades comprendidas entre los 20 y los 29 años. De este modo se consigue un doble objetivo: (1) que las fisis de crecimiento estén ya cerradas^{4,177,178}, para que no haya posibilidad de variación debida al crecimiento en ninguno de los parámetros medidos, y (2) que se reduzca la posibilidad de que las diferencias morfológicas encontradas entre los tres grupos fueran consecuencia, y no causa, de las alteraciones en estudio. Además, dado que el rango de movimiento de la 1ª AMTF tiende a disminuir con la edad aunque se conserva el rango mínimo necesario para la locomoción normal⁵³, esto podría influir en los resultados, ya que uno de los criterios específicos de inclusión en el grupo HL es la limitación de la movilidad de la 1ª AMTF.

El resto de criterios comunes de inclusión son los siguientes:

- No haber experimentado nunca cirugía osteoarticular en el pie.
- No haber sufrido nunca traumatismos graves en el pie que pudieran haber alterado su morfología ósea.
- No padecer enfermedades osteoarticulares degenerativas ni desequilibrios neuromusculares.
- No presentar deformidades evidentes en el antepié que pudieran afectar a los resultados del estudio, a excepción de HAV y HL.

Los criterios de inclusión específicos para cada grupo fueron los siguientes:

- Grupo Control:
 - o Ángulo HAV menor o igual a 15^{0*}
 - o Extensión metatarsofalángica igual o superior a 65⁰, medida según el método de Buell y colaboradores⁵³ modificado**.
- Grupo HAV:
 - o Ángulo HAV superior a 15⁰.

- Grupo HL:
 - o Extensión metatarsofalángica menor o igual a 55^{0***}.
 - o Ángulo HAV menor o igual a 15⁰.

* Se ha elegido este valor como límite entre el pie normal y el pie con HAV porque es el valor propuesto por varios autores^{102,109,112,117,154,160}. Estos autores indican que el ángulo HAV se considera aumentado con más de 15⁰, y normal con 15⁰ ó menos. El comité para mediciones angulares de la AOFAS (*Ad Hoc Committee of the American Orthopaedic Foot & Ankle Society on Angular Measurements*¹⁷⁹) también establece como valor de normalidad para este ángulo 15⁰ ó menos.

** En 1988, Buell y colaboradores⁵³ describieron un método de medición del movimiento de la 1^a AMTF con el paciente en descarga, en el que pusieron especial atención en la reproducibilidad del mismo. Sobre una muestra de 17 hombres y 33 mujeres sin patología del miembro inferior midieron el movimiento de extensión utilizando la bisección lateral de la diáfisis del I metatarsiano y la de la falange proximal. Consideraron como posición neutra aquella en la que la falange proximal está alineada con el primer metatarsiano, y también midieron la posición relajada de ligera extensión en la que se encuentra el primer dedo, antes de producir el movimiento pasivo. Los resultados obtenidos por estos autores mostraron que la posición relajada de la de la 1^a AMTF es de 18,6⁰ de extensión, y la extensión pasiva 82⁰.

La modificación que se ha realizado de este método para el presente estudio ha consistido en establecer como posición neutra la posición relajada de la 1^a AMTF. Anatomistas como Sarrafian⁸ defienden que la posición neutra de esta articulación es la relación angular existente entre la falange y el metatarsiano con el individuo en pie. La posición relajada del dedo se asemeja más a la posición neutra descrita por Sarrafian⁸, que a la posición neutra forzada utilizada por Buell y colaboradores⁵³.

*** Joseph⁵⁹, considerado el primer autor en aportar datos significativos con relación al rango normal de movimiento de la 1ª AMTF, utiliza la posición relajada de la articulación (en ligera extensión) como posición neutra. Este autor obtiene los siguientes resultados: 16,18° de extensión para la posición neutra de la 1ª AMTF, 50,63° de extensión activa, y 22,60° de extensión adicional. Una de las conclusiones que Joseph obtuvo de su estudio fue que el rango total de extensión pasiva, si se suman la extensión activa más la extensión adicional y la extensión de la posición neutra, es aproximadamente de 90°. Según Phillips y colaboradores¹⁹, estos valores continúan siendo referidos como el rango total normal de movimiento de la 1ª AMTF.

Si a la extensión pasiva obtenida por Joseph (extensión activa + extensión adicional) se le resta la extensión de la posición neutra, da un resultado de 57,05°. Por otro lado, si a la extensión pasiva obtenida por Buell y colaboradores⁵³, se le resta la extensión de la posición neutra hallada en su estudio, se obtiene un resultado de 63,04°. La media de estos dos valores es de aproximadamente 60° de movimiento de extensión metatarsofalángica normal.

En el presente estudio se ha utilizado 60° como criterio de normalidad a la hora de valorar la extensión metatarsofalángica. No obstante, se ha establecido un margen de $\pm 5^\circ$ a la hora de incluir a los individuos de la muestra en un grupo u otro, con el objetivo de evitar confusión en aquellos individuos con valores muy próximos a los 60°. De ahí que en el grupo control se hayan incluido aquellos sujetos que han presentado 65° ó más de extensión metatarsofalángica, y en el grupo HL a aquellos que han presentado 55° ó menos. Además, la extensión metatarsofalángica mínima establecida en nuestro estudio para incluir a un pie en el grupo control (65°), coincide con el mínimo de extensión que muchos autores consideran imprescindible para el desarrollo normal de la fase propulsiva de la marcha^{1,2,55-61}.

4.7. Características del aparato de rayos X y del chasis

El aparato de rayos utilizado es una unidad portátil de rayos-X Sedecal SPS HF-4.0[®], con colimador. Este equipo opera a potencial constante de alta frecuencia y en línea monofásica. Tiene el modo de control de dos puntos por selección de kilovoltios y miliamperios.

Los cassettes utilizados han sido Kodak X-Omatic[®] de 24 x 30 cm, con pantalla de intensificación regular. Los chasis se escogieron de este tamaño porque permiten obtener la imagen dorsoplantar de los dos pies en carga.

Los parámetros radiológicos empleados fueron 45 kilovoltios y 4 mA/seg, como recomiendan los fabricantes para este tipo de radiografías. Cada sujeto fue provisto de un delantal plomado para evitar la radiación en el resto del cuerpo.

4.8. Protocolo de radiología utilizado

En primer lugar nos parece oportuno aclarar que, aunque las dos proyecciones de uso más frecuente en la valoración radiológica del pie son la radiografía dorsoplantar y la lateral, en este estudio se han realizado únicamente radiografías dorsoplantares por dos motivos, esencialmente. Uno de ellos es que todos los parámetros que se van a estudiar son mensurables en radiografías dorsoplantares. El otro es que se reduce la exposición de los sujetos de la muestra a la radiación, teniendo así presente el principio ético de no maleficencia^{168,169}.

Esta decisión viene avalada también por diferentes trabajos referentes a la valoración radiológica de HAV y HL, en los que se demuestra que la radiografía lateral no aporta datos relevantes. En 1987, Meyer y colaboradores¹⁰⁵ observaron que el I metatarsiano presentaba una elevación similar con respecto

al II en las radiografías laterales de un grupo de pies con HR, otro de pies con HAV y un grupo control. Estos autores concluyeron que la presencia de ninguna de estas dos deformidades afectaba al grado de elevación del I metatarsiano con respecto al II. El I metatarsiano se localiza comúnmente en un plano ligeramente más dorsal que el plano del resto de los metatarsianos, lo que no implica que exista una condición patológica. En 1999, Horton y colaboradores¹⁰⁶, sobre una muestra de radiografías laterales en carga de 100 pies con HR, 100 pies normales, y 64 pies con Neuroma de Morton, midieron la elevación en milímetros de la cabeza del I metatarsiano con respecto a la del II, la declinación del I metatarsiano con relación al suelo, y la diferencia angular entre las diáfisis del I y II metatarsianos. Los resultados no mostraron diferencias significativas entre ninguno de los tres grupos en ninguna de las mediciones. En 2000, Bryant y colaboradores¹²⁴ compararon en radiografías laterales en carga de pies normales, pies con HAV y pies con HL, las siguientes medidas: ángulo de inclinación del calcáneo, ángulo de declinación del astrágalo, ángulo astrágalo-calcáneo, ángulo de declinación del I metatarsiano, ángulo de declinación del V metatarsiano y la altura en milímetros del escafoides con respecto al suelo. Los resultados mostraron que no había diferencias significativas en ninguna de estas mediciones entre los tres grupos. Todas estas experiencias nos han llevado a desestimar el uso de radiografías laterales para esta investigación.

Para cada participante se cumplimentaba una ficha con datos de filiación y anamnesis. Posteriormente se medía la extensión de la 1ª AMTF. Y finalmente, se realizaba una radiografía dorsoplantar en carga siguiendo el protocolo que a continuación razonamos.

Son varios los autores que defienden que es necesario seguir un protocolo estándar para la realización de radiografías del pie^{87,147,180-186}. Venning y Hardy¹⁸⁷ clasificaron los errores relativos a medidas radiográficas en tres categorías:

- Errores cometidos al marcar y medir los parámetros correspondientes.
- Errores propiciados por las variaciones en las relaciones mutuas entre la fuente de rayos X, el objeto y la placa.
- Errores provenientes de variaciones del pie en el mismo sujeto, que a su vez se dividen en: (1) variaciones debidas a cambios en las fuerzas que actúan sobre el pie (como por ejemplo, la distribución de la carga), y (2) variaciones en la condición física del sujeto (estados de fatiga física, periodos de descanso, etc).

Con el objetivo de subsanar los errores relacionados con las variaciones en la posición de la fuente de rayos X, el pie y la placa, las proyecciones se han realizado siguiendo el mismo protocolo: pies juntos, tubo de rayos a un metro de distancia del pie, inclinado 15° con respecto a la vertical, y centrado entre los escafoides de ambos pies.

Los pies de cada sujeto se colocaron juntos sobre el mismo chasis. Aunque autores como Gamble y Yale¹⁸⁸, LaPorta y colaboradores¹⁰⁹, y Hlavac¹⁸² sostienen que para obtener una verdadera proyección dorsoplantar del pie el sujeto debe posicionarse en su ángulo y base de marcha normales, Bryant¹⁸⁵ no encontró diferencias estadísticamente significativas entre colocar a los individuos de su estudio con los dos pies rectos y juntos, y colocarlos en ángulo y base de la marcha normales de cada sujeto. Además de este, otro motivo por el cual se ha decidido realizar las proyecciones a los sujetos de la muestra con los dos pies juntos en la misma placa es ahorrar una exposición a los rayos X. Para obtener una radiografía dorsoplantar de los dos pies en su ángulo y base de marcha normales, es necesario efectuar un disparo para cada pie, porque en esta posición no caben los dos juntos en las placas utilizadas en este estudio (24 x 30 cm), con lo que el sujeto se somete a dos exposiciones. Con los dos pies juntos, sólo es necesario hacer un disparo. Teniendo en cuenta que los individuos se someten voluntariamente a la realización de una radiografía (sea o no necesaria para el diagnóstico de su alteración, en caso de ser pacientes), y en aras de respetar el principio ético de no maleficencia^{168,169}, se ha optado por la posición de los dos pies juntos en la misma placa.

La inclinación del tubo de rayos X a 15° con respecto a la vertical ha sido determinada a partir de los grados de declinación de los metatarsianos en el plano sagital¹⁸⁶. Esta inclinación se ha establecido como técnica estándar para permitir comparar interpretaciones en radiografías obtenidas en momentos distintos, ya que diferentes inclinaciones del tubo son motivo de variaciones en la imagen del mismo pie^{183,184,186}.

La distancia del tubo a la placa se ha establecido en 1 metro, de acuerdo con los criterios del Comité de Mediciones y Terminología de la AOFAS^{110,189} (*American Orthopaedic Foot and Ankle Society*).

Con el objetivo de estandarizar todas las proyecciones, el rayo se centró entre los tubérculos de los escafoides de ambos pies en todos los casos¹⁹⁰, ya que también se ha demostrado previamente que cambios en la dirección del tubo de rayos pueden ser causa de variaciones en las medidas de un mismo pie¹⁹¹.

Para evitar los errores debidos a variaciones del pie en el mismo sujeto, todas las radiografías se obtuvieron con el individuo en carga. En la literatura científica se ha discutido la importancia de obtener las radiografías del pie con el individuo en carga^{188,192,193}, atribuyendo a esta posición cierta similitud con la fase media del apoyo de la marcha. Las radiografías tomadas con el pie en carga reflejan una posición bloqueada y estática de éste, una situación simultáneamente cinética y funcional, que proporciona una idea del complejo esquelético y tisular del pie bajo estrés¹⁸⁰. Perlman y colaboradores¹⁹⁴ comprobaron que las radiografías en carga obtenidas en su estudio mostraban características clínicamente similares a los hallazgos observados durante la marcha capturando el pie en la fase media del apoyo con un fluroscopio. Otra de las ventajas de las radiografías realizadas en carga, según la opinión de Renton¹⁸⁰, es que permite una mejor comparación entre pacientes y una mayor estandarización en el proceso, lo cual es un dato interesante para la realización de este estudio.

En cuanto a la condición física del sujeto, Venning y Hardy¹⁸⁷ demostraron que no había diferencias significativas entre las radiografías tomadas en el mismo individuo tras una jornada de actividad laboral normal, y las tomadas tras una hora de descanso completo con el individuo tumbado, ni entre las tomadas en la primera situación y las obtenidas tras dos sets de un partido de squash. Sin embargo, sí resultaron diferentes las medidas de las radiografías tras una hora de descanso y las de las radiografías tras la actividad deportiva. En el caso del presente estudio, se ha tomado la precaución de que ninguno de los sujetos de la muestra hubiera estado en situaciones similares a la primera y la última del estudio de Venning y Hardy. Las radiografías fueron realizadas durante una jornada de actividad normal, nunca tras una actividad deportiva intensa, ni inmediatamente después de descansar acostado durante más de una hora.

4.9. Método de realización de las medidas

Cada radiografía fue digitalizada utilizando un escáner con capacidad de explorar imágenes en films positivos (Epson Expression 1680 Pro[®]) para crear una imagen digital. Las mediciones se realizaron en las radiografías digitalizadas, con el software AutoCAD[®] (AutoCAD 2006; Autodesk Inc, San Rafael, California). Este programa permite, entre otras muchas funciones, marcar puntos, trazar líneas rectas a partir de dos puntos predeterminados, hallar el punto medio en una línea recta, dibujar paralelas, perpendiculares, dibujar circunferencias a partir de un centro conocido y pasando por un punto predeterminado, medir distancias y medir ángulos. Estas son las funciones de este programa que han sido utilizadas para la realización de todas las medidas. La validez de este programa en la medición de parámetros radiográficos sobre el primer segmento metatarso-digital ha sido recientemente demostrada¹⁹⁵.

Previo a la digitalización de la radiografía y para comprobar que no se producían variaciones en el tamaño real de la imagen durante el proceso de exploración mediante el escáner, o durante la importación de la imagen

digitalizada al programa, o durante la ampliación y reducción de la imagen en el ordenador, se realizó la siguiente comprobación: una regla transparente milimetrada fue digitalizada en lugar de una radiografía. Una vez que la imagen de la regla fue importada al programa, se midió la distancia entre dos marcas de un centímetro y entre dos marcas de un milímetro, con varios tamaños de zoom. El resultado fue 10,00 y 1,00 respectivamente, para todas las ampliaciones y reducciones de la imagen. Esto quiere decir que este software permite ampliar y reducir una imagen varias veces su tamaño inicial sin variar el tamaño real. La ventaja de esta característica del programa es que se aumenta la exactitud de las medidas realizadas, puesto que al poder ampliar la imagen, la marcación de puntos en zonas concretas y el trazado de las líneas que constituirían posteriormente las distancias y los ángulos a medir, es más precisa.

Las mediciones fueron realizadas por un único observador con el fin de reducir el error por la variabilidad de las mediciones. Un estudio realizado por Kilmartin y colaboradores¹⁹⁶ indica que las mediciones llevadas a cabo en el primer segmento metatarso-digital por un único observador son repetibles con menos variabilidad que las efectuadas por observadores diferentes.

4.10. Medidas realizadas

Las mediciones que se han efectuado en este estudio son aquellas a las que se les ha atribuido a lo largo de los años un papel etiológico en el desarrollo del HAV o el HL.

4.10.1. Ángulo Metatarsus Adductus (ángulo MA)

El ángulo MA determina la relación entre el eje longitudinal del tarso menor y el eje del metatarso (que coincide con el eje del II metatarsiano) en una radiografía dorsoplantar¹⁰². Sirve para valorar la orientación del antepié en el plano transversal. En la literatura se pueden encontrar diversas variaciones en el cálculo y trazado de los puntos y líneas que conforman dicho ángulo. La más

utilizada es la que se describe a continuación^{1,102,109,111,112,120,197-199}, aunque también experimenta alguna variación según el autor. Primero se localiza el punto más medial de la articulación astrágaloescafoidea, y el punto más medial de la primera articulación cuneometatarsal. Estos dos puntos se unen mediante una línea en la que se calcula el punto medio (punto A en la figura 1, página 46). Después se localiza el punto más lateral de la articulación calcáneocuboidea y el punto más lateral de la articulación entre el cuboides y el IV metatarsiano. Estos dos puntos son unidos mediante una línea, en la que también se localiza el punto medio (punto B en la figura 1, página 46). Posteriormente, se unen los puntos A y B con una línea que representa el eje transversal del tarso menor, de forma que cualquier perpendicular a esa línea AB representará el eje longitudinal del tarso menor. Una vez hecho esto, se dibuja el eje longitudinal del II metatarsiano y se prolonga proximalmente hasta que pase por el eje transversal del tarso menor, originando así un punto de intersección. Desde éste, se dibuja una perpendicular a la línea AB, que representará el eje longitudinal del tarso menor, y se mide el ángulo formado por ese eje y el eje longitudinal del II metatarsiano.

El valor normal de este ángulo está en torno a los 15 grados^{102,109,122,131,150,188,200}. Valores de este ángulo por encima de 15° dan lugar a un antepié tipo adductus, y valores por debajo de 15°, a un antepié de tipo rectus.

4.10.2. *Ángulo intermetatarsal entre el I y el II metatarsianos (ángulo I-II)*

El ángulo intermetatarsal entre el I y el II metatarsianos está formado por la bisección longitudinal de las diáfisis del I y el II metatarsianos. Aunque se ha llegado a pensar que este ángulo mide la disposición en valgo del II metatarsiano y radios adyacentes¹²⁸, Scott y colaboradores¹³⁰ sugirieron que el ángulo I-II es la mejor medida para valorar la desviación medial del I metatarsiano en el plano transversal. Para trazar dichos ejes es necesario hallar dos puntos de referencia. Uno de ellos será el punto medio de la anchura del

metatarsiano en una zona que esté entre 1 y 2 cm proximal a la superficie articular distal, y el otro será el punto medio de la anchura del metatarsiano en la zona comprendida entre 1 y 2 cm distal a la superficie articular proximal¹⁷⁹ (figura 8). De esta forma, esa franja de 1 cm se puede utilizar para las distintas variaciones en el tamaño del pie. En general, dichos puntos de referencia se ubicarán tan cerca de la diáfisis del metatarsiano como sea posible¹⁷⁹.

Los valores normales de dicho ángulo oscilan entre los 8° y los 12° en antepiés tipo rectus, y entre los 8° y los 10° en antepiés tipo adductus^{102,109,111,119,124,188,200-202}. Cuando este ángulo muestra un valor anormalmente aumentado, se dice que existe una deformidad llamada *metatarsus primus varus* o *metatarsus primus adductus*.

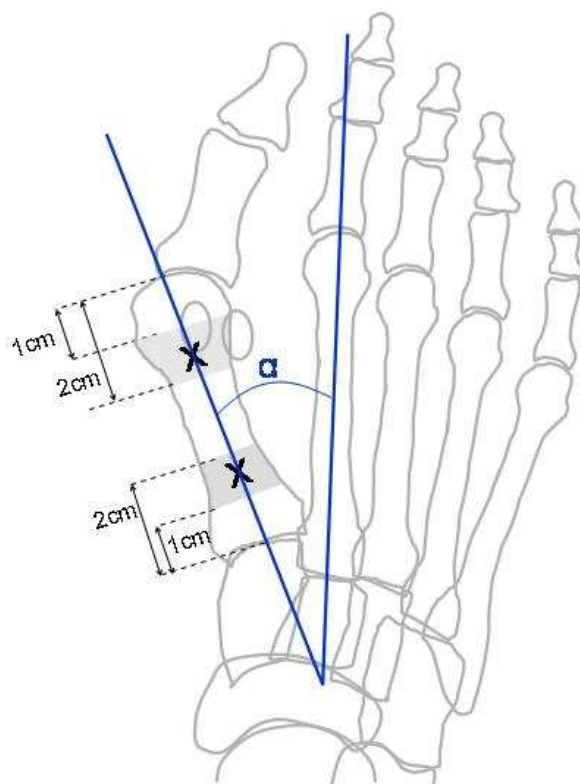


Figura 8. Ángulo intermetatarsal entre el I y II metatarsianos y forma de trazar el eje longitudinal del I metatarsiano. Para trazar el eje longitudinal del II se procede del mismo modo.

4.10.3. Ángulo metatarsofalángico del primer dedo o ángulo de hallux abductus valgus (ángulo HAV)

El ángulo HAV, se utiliza para valorar la abducción de la falange proximal del primer dedo con respecto al eje longitudinal del I metatarsiano (figura 9). Es considerado como el principal método para cuantificar dicha desviación en la deformidad de HAV¹⁰². Para medirlo es necesario trazar el eje longitudinal del I metatarsiano, como se ha explicado anteriormente, y el eje longitudinal de la falange proximal del primer dedo. El método de medición que se ha utilizado es el que recomienda la AOFAS¹⁷⁹. Consiste en localizar dos puntos de referencia de forma similar a como se hace para trazar el eje del I y II metatarsianos, pero en un área comprendida entre 0,5 y 1 cm proximal a la superficie articular distal, y en otra comprendida entre 0,5 y 1 cm distal a la superficie articular proximal de la falange.

El valor a partir del cual se considera instaurado el HAV es 15°. Con un ángulo HAV mayor 15° existe una desviación anormal de la falange proximal del primer dedo en el plano transversal, por lo tanto el valor normal que se ha considerado en el presente estudio para este ángulo ha sido de 15° ó menos^{91,102,112,115,120,188}.

4.10.4. Ángulo interfalángico del primer dedo (ángulo HIF)

El ángulo interfalángico del primer dedo, también llamado ángulo de hallux abductus interfalángico, se utiliza para evaluar la desviación lateral de la falange distal con respecto a la falange proximal (figura 10). Debido a que la diáfisis de la falange distal suele ser pequeña e irregular, para trazar su eje se ha seguido el método propuesto por Coughlin y Shurnas⁹¹, que consiste en unir un punto localizado en el extremo más distal de dicha falange con el punto medio de su superficie articular. Se considera normal un ángulo cuyo valor no sobrepase los 10°^{101,112}.

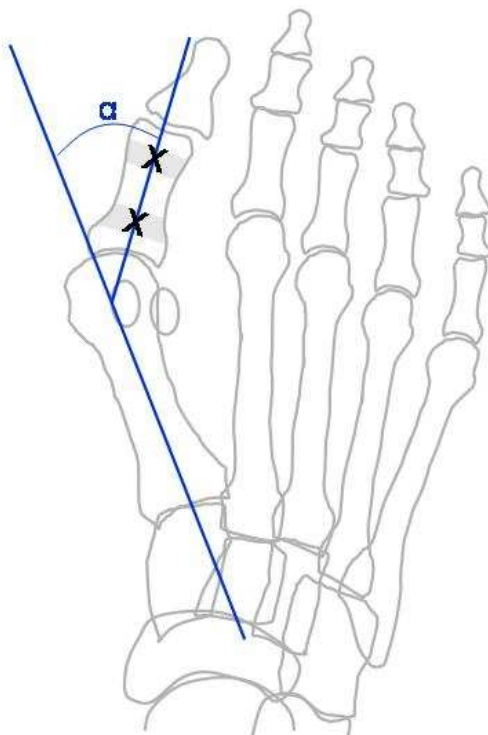


Figura 9. Ángulo metatarsofalángico del primer dedo o ángulo HAV.

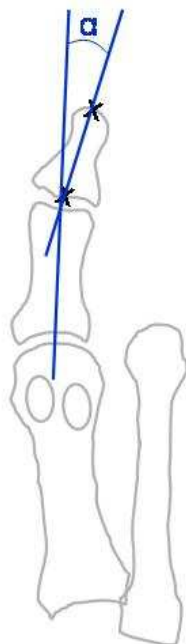


Figura 10. Ángulo interfalángico del primer dedo o ángulo HIF.

4.10.5. Ángulo del metatarsus primus varus (ángulo MPV)

Whitney¹⁹⁹ describe el ángulo cuneometatarsal como aquel que está formado por el eje longitudinal del I metatarsiano y el eje longitudinal de la 1ª cuña (figura 11). El eje longitudinal de la 1ª cuña se traza, según Scott y colaboradores¹³⁰, mediante una línea que conecta el punto medio de la superficie articular distal con el punto medio de la superficie articular proximal. Houghton y Dickson¹²⁸ lo utilizaron en su estudio y lo denominaron ángulo del metatarsus primus varus. El inconveniente que presenta este ángulo es el trazado del eje longitudinal de la 1ª cuña, ya que es un segmento que suele tener los bordes lateral y medial irregulares.

El valor normal que Whitney¹⁹⁹ proporciona para este ángulo es de 22°, mientras que Houghton y Dickson¹²⁸ obtuvieron un valor de 18° para este ángulo en el grupo control. Por otra parte, Scott y colaboradores¹³⁰ también utilizaron este ángulo en su trabajo, obteniendo un valor de 16° en el grupo control. Nosotros, considerando a estos autores, hemos establecido como valor normal del ángulo MPV un rango que va de 16° a 22°.

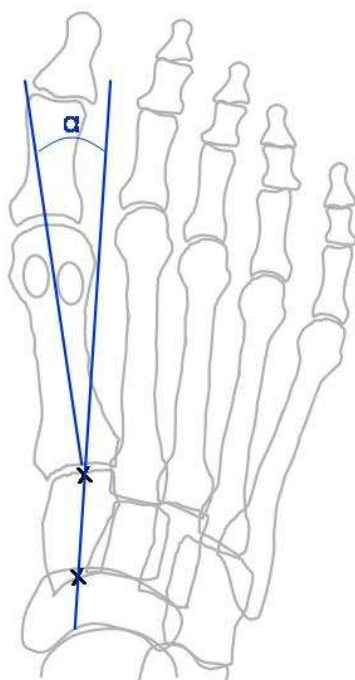


Figura 11. Ángulo de metatarsus primus varus o ángulo MPV.

4.10.6. Ángulo de oblicuidad de la primera articulación cuneometatarsal

Kilmartin y colaboradores¹²¹ describieron un ángulo para medir la oblicuidad de la primera articulación cuneometatarsal (figura 12). Este ángulo lo forman el eje longitudinal del I metatarsiano y una línea tangente a la superficie articular distal de la 1ª cuña (ángulo OBL 1). Estos autores no dan valores normales de dicho ángulo. Saragas y Becker¹⁵⁴ lo utilizaron en su estudio y obtuvieron un valor de $91,19^\circ$ en el grupo de pies normales. Este ángulo tiene un inconveniente, y es que si el aumento de la oblicuidad de esta articulación conlleva una desviación del I metatarsiano en adducción, su valor será similar en casos en los que la articulación cuneometatarsal sea anormalmente oblicua y en los casos en que sea normal, porque varían las dos líneas que forman el ángulo al unísono. En el trabajo de Saragas y Becker¹⁵⁴, el valor obtenido en el grupo de pies con HAV fue de $91,30^\circ$, y no encontraron diferencia significativa entre éste grupo y el grupo control.

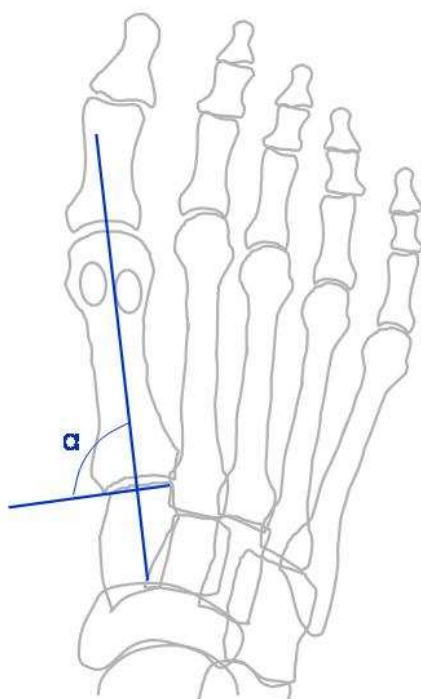


Figura 12. Ángulo entre el eje del I metatarsiano y la superficie articular distal de la 1ª cuña o ángulo OBL1.

Scranton Jr y Rutkowski²⁰³ utilizaron para medir la oblicuidad cuneometatarsal en un estudio realizado en 1980, un ángulo formado por una línea que conecta el extremo medial y el lateral de la superficie articular distal de la 1ª cuña, y por el eje del II metatarsiano (ángulo OBL 2) (figura 13). En el grupo de pies normales este ángulo tuvo un valor de 104°. El inconveniente de este ángulo es que su valor se reducirá si aumenta la adducción del antepié en el plano transverso, es decir, si aumenta el ángulo MA. Y por consiguiente, su valor aumentará si el ángulo MA disminuye. Este ángulo está influido por el grado de adducción del antepié, ya que el eje del II metatarsiano representa el eje longitudinal del metatarso.

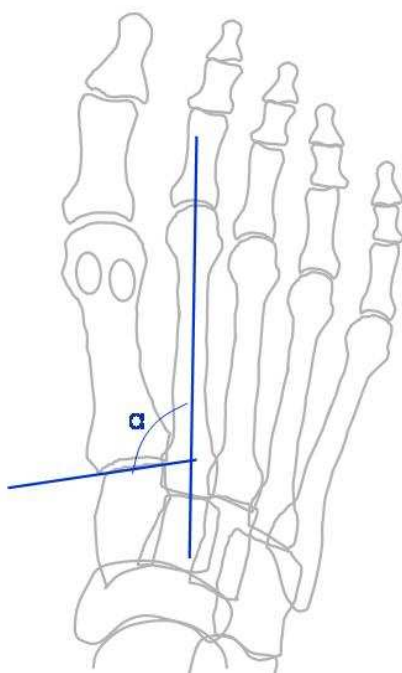


Figura 13. Ángulo entre el eje del II metatarsiano y la superficie articular distal de la 1ª cuña o ángulo OBL2.

La utilización de un eje que no variase con la adducción del I metatarsiano ni del antepié permitiría formar un ángulo con la carrilla articular distal de la 1ª cuña que no se vería influenciado por la orientación de los

metatarsianos. Con esta idea hemos utilizado un ángulo formado por la línea que conecta el extremo medial y el lateral de la superficie articular distal de la 1ª cuña, y el eje longitudinal del tarso menor (ángulo OBL 3) (figura 14).

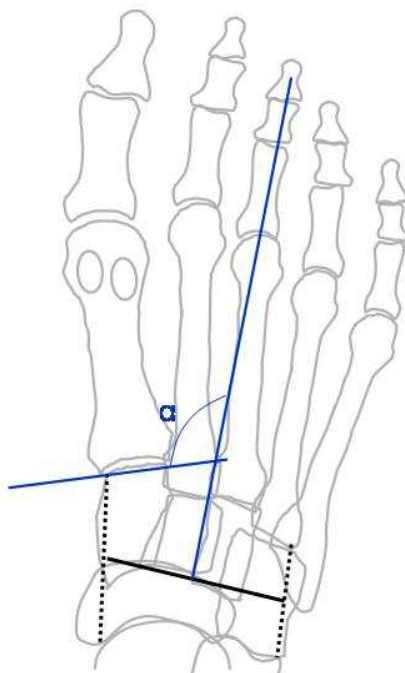


Figura 14. Ángulo entre el eje longitudinal del tarso menor y la superficie articular distal de la 1ª cuña o ángulo OBL3.

Otra posibilidad sería utilizar un ángulo en cuyo trazado sólo influya la 1ª cuña. Brage y colaboradores¹⁸⁴ analizaron la oblicuidad de la 1ª articulación cuneometatarsal con un ángulo que consiste en una línea que conecta el extremo medial y el lateral de la superficie articular distal de la 1ª cuña, y una línea perpendicular a otra que es paralela al borde medial de este hueso. Sanicola y colaboradores¹⁸³ opinan que el aspecto medial de la 1ª cuña tiende a ser bastante variable en cuanto a forma, tamaño y prominencia, por lo que el ángulo que utilizaron en su estudio fue el formado por una tangente a la carilla articular distal y otra a la cara lateral de la 1ª cuña. Según estos autores, este método es más consistente puesto que el aspecto lateral de este hueso es más aplanado debido a su articulación con la 2ª cuña (figura 15). El inconveniente

que presenta es que la superposición de la 1ª y 2ª cuña hace difícil la localización de los puntos necesarios para trazar la tangente lateral de la 1ª cuña. No obstante, también lo hemos incluido como medida para valorar la oblicuidad cuneometatarsal (ángulo OBL 4). En total se utilizan cuatro medidas para valorar la oblicuidad de esta articulación, con el objetivo de proporcionar una cuantificación adicional a un parámetro tan poco documentado.

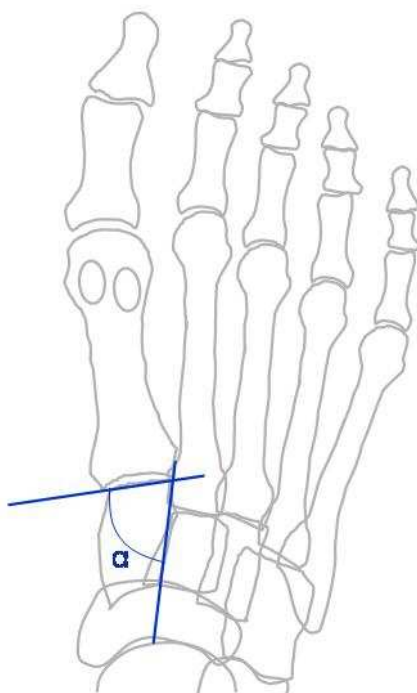


Figura 15. Ángulo entre la cara lateral de la 1ª cuña y la superficie articular distal de la 1ª cuña o ángulo OBL4.

4.10.7. Protusión relativa entre el I y el II metatarsianos

Morton¹⁴⁰ fue el primer autor en opinar sobre la importancia de la longitud metatarsal relativa. Este autor describió un método que consiste en trazar el eje longitudinal del II metatarsiano, y posteriormente trazar una línea perpendicular a éste eje que tocara la parte más distal del II metatarsiano. Midiendo la distancia entre ésta perpendicular y la parte más distal del I metatarsiano se podía saber la diferencia de longitud entre el I y el II metatarsianos.

Harris y Beath²⁰⁴ propusieron un método diferente al de Morton, ya que consideraron que el método de Morton se prestaba a error porque se veía influido por la posición en varo o valgo de los metatarsianos¹³⁹. El método propuesto por Harris y Beath consiste en trazar dos arcos que pasen por la parte más distal de las cabezas metatarsales primera y segunda, cuyo centro es común y se encuentra en el punto más posterior del calcáneo.

Hardy y Clapham⁸⁷ consideran poco preciso el método de Morton porque un ángulo I-II excesivo podría dar una falsa impresión de I metatarsiano corto. Estos autores también desecharon el método de Harris y Beath porque el punto más posterior del calcáneo en ocasiones es de difícil localización en radiografías dorsoplantares. Consideran que el método adecuado para medir la longitud relativa entre el I y el II metatarsianos es medir la distancia entre dos arcos de círculo que, pasando por la parte más distal de las cabezas del I y el II metatarsianos, tuvieran su centro en la intersección de los ejes de estos dos metatarsianos. Pero debido a que encontraron el inconveniente de que en pies con ángulos I-II leves dicha intersección se produciría fuera de la placa radiográfica, diseñaron otro método. Este método consiste en trazar una línea transversa en el tarso, que une el punto más posterior del tubérculo del escafoides y el punto más lateral y distal del calcáneo¹⁰⁹. En el punto donde el eje del II metatarsiano intersecciona con esta línea tienen su centro dos arcos de circunferencia que pasan por los puntos más distales de las cabezas del I y II metatarsianos (figura 3, página 49). La longitud relativa entre estos dos metatarsianos se obtiene midiendo la distancia entre esos dos arcos. En el presente estudio se utiliza este método por ser el que recomienda la AOFAS¹¹⁰.

El valor normal aportado por los autores que describen el método⁸⁷ es de +2 mm, es decir, el I metatarsiano se proyecta distalmente 2 mm más que el II.

4.10.8. Distancia de los sesamoideos medial y lateral al borde distal de la cabeza del I metatarsiano

La distancia del sesamoideo medial y del sesamoideo lateral al espacio articular metatarsofalángico se ha cuantificado con el objetivo de detectar posibles retracciones de la musculatura intrínseca plantar del 1º dedo^{67,149}. Calculando la proximidad de estos pequeños huesos a la 1ª AMTF se podría estimar el grado de retracción de estos tejidos (figura 16). Son varios los autores que afirman que un excesivo desplazamiento proximal del aparato sesamoideo puede estar relacionado con la deformidad de HL^{67,81,146,165}.

Prieskorn y colaboradores¹⁶² miden la distancia del borde distal y proximal de los dos sesamoideos a una línea perpendicular al eje del I metatarsiano que pasa por el punto más distal de su cabeza. Este método presenta el inconveniente de que se trata de una línea recta y por tanto no puede representar la forma del espacio articular. Hetherington y colaboradores⁵⁷ obtienen esta medida calculando la distancia entre el punto más distal del sesamoideo tibial a la porción más distal de la cabeza del I metatarsiano, en radiografías laterales.

El método que se ha utilizado en este estudio es una adaptación del método de Hetherington y colaboradores⁵⁷ a radiografías dorsoplantares. Se ha medido en milímetros la distancia existente entre el punto más distal de cada sesamoideo al borde distal de la cabeza del I metatarsiano, en una dirección paralela al eje del mismo.

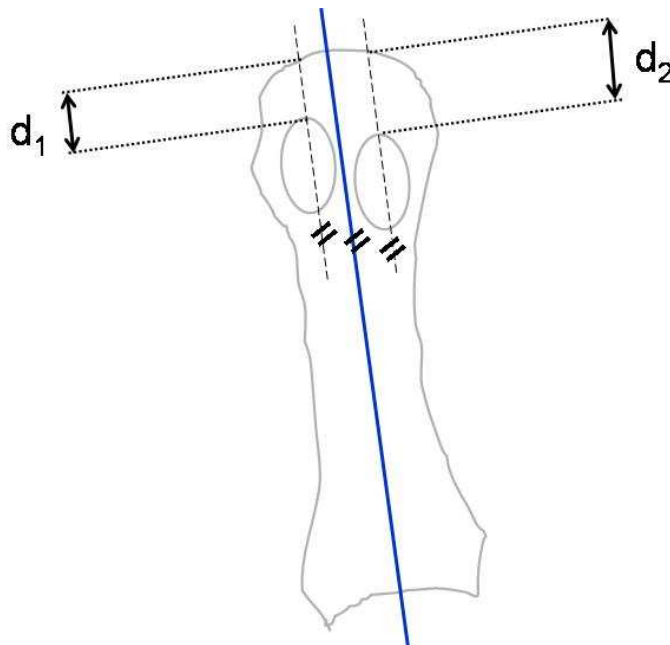


Figura 16. Distancia entre el sesamoideo medial (d_1) o el sesamoideo lateral (d_2), y el espacio articular metatarsofalángico.

4.10.9. Longitud de los sesamoideos

Puesto que a la elongación de los sesamoideos también se le ha atribuido un papel etiológico en el desarrollo del HL^{65,67} se ha cuantificado la longitud del sesamoideo medial (en adelante, longitud SM) y del sesamoideo lateral (en adelante, longitud SL) según el método utilizado por Prieskorn y colaboradores¹⁶² (figura 17).

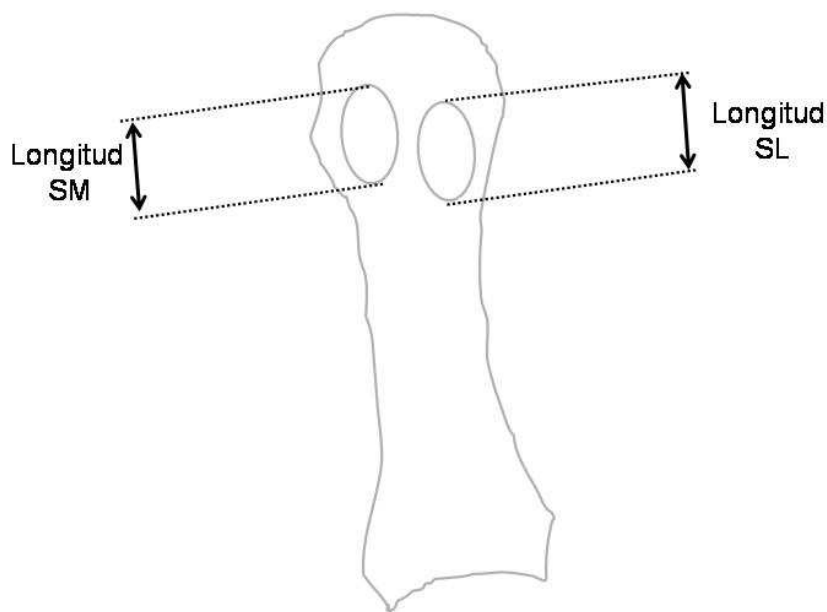


Figura 17. Longitud de los sesamoideos medial y lateral. Corresponde a la distancia entre el punto más proximal y el punto más distal de cada sesamoideo.

4.10.10. Longitud y anchura de los metatarsianos primero y segundo

El método de medición de la longitud de los metatarsianos I y II es el que utilizaron Heden y Sorto¹²⁹ en 1981. Este método consiste en determinar la distancia entre el punto más distal de la cabeza de cada metatarsiano y la bisección de sus respectivas bases. El punto que estos autores identifican como bisección de la base del metatarsiano es el punto de intersección del eje longitudinal del metatarsiano con una línea que conecta el extremo proximal-medial y el extremo proximal-lateral de la base de los metatarsianos I y II.

Una medida bidimensional podría resultar inadecuada para una estructura tridimensional. Este es un inconveniente que presenta la medición de la longitud de los metatarsianos en una radiografía. Con el objetivo de subsanar este inconveniente, Davitt y colaboradores¹⁴⁸ compararon la longitud del I y II

metatarsianos obtenida en radiografías con aquellas realizadas en tomografías computerizadas, y no encontraron diferencias significativas.

Para medir la anchura se ha utilizado un método usado previamente por otros autores^{147,205}. Se trata de medir la anchura del hueso en la mitad de la longitud del mismo. En este caso se ha hecho mediante una línea perpendicular al eje del metatarsiano, justo en el punto correspondiente a la mitad de su longitud (figura 18).

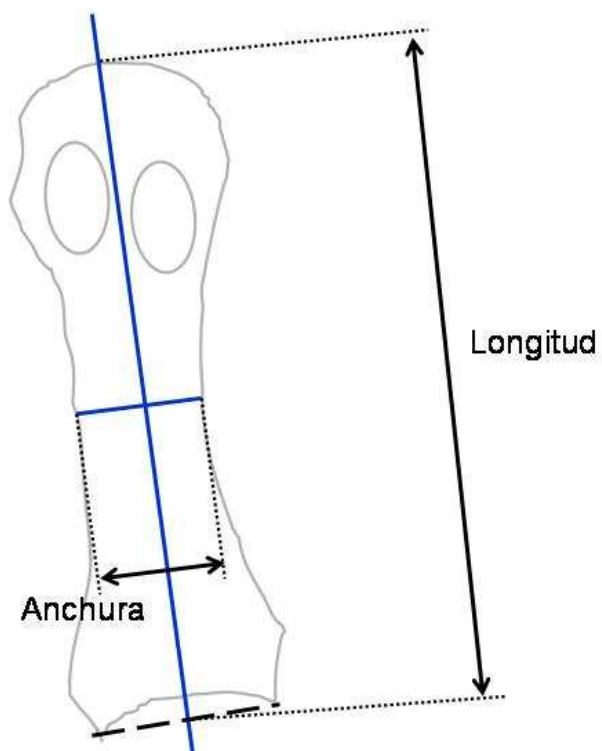


Figura 18. Longitud y anchura del I metatarsiano.

4.10.11. Longitud y anchura de las falanges proximales de los dedos primero y segundo

Para determinar la longitud de las falanges proximales de los dos primeros dedos se procede de la siguiente forma (figura 19). Se localiza el punto más distal y medial, y el punto más distal y lateral, de la cabeza de la falange. Se unen mediante una línea y se calcula el punto medio de la misma (punto A). Se localiza ahora el punto más proximal y medial, y el punto más proximal y lateral, de la base de la falange. Se unen mediante otra línea y se calcula el punto medio de la misma (punto B). La unión de los puntos A y B determinan la línea que se ha usado para medir la longitud de las falanges proximales de los dos primeros dedos. Este método ha sido utilizado previamente por otros autores²⁰⁶.

Para medir la anchura se ha utilizado el mismo método que para medir la anchura de los metatarsianos I y II.

Utilizando las longitudes y anchuras del I y II metatarsianos, y las de las falanges proximales del 1º y 2º dedos, se ha calculado un índice *longitud : anchura* para cada uno de estos segmentos, con el objetivo de comparar el tamaño global del hueso entre los tres grupos.

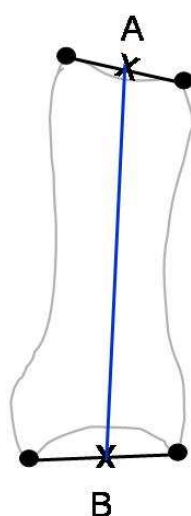


Figura 19. Longitud de la falange proximal del primer dedo.

4.10.12. Longitud de la falange distal del primer dedo

Para medir la longitud de la falange distal del 1º dedo se ha dibujado una línea que une el punto más distal de este segmento con el punto medio de su superficie articular, siguiendo el método propuesto por Coughlin y Shurnas⁹¹ para medir el ángulo HIF (figura 20).

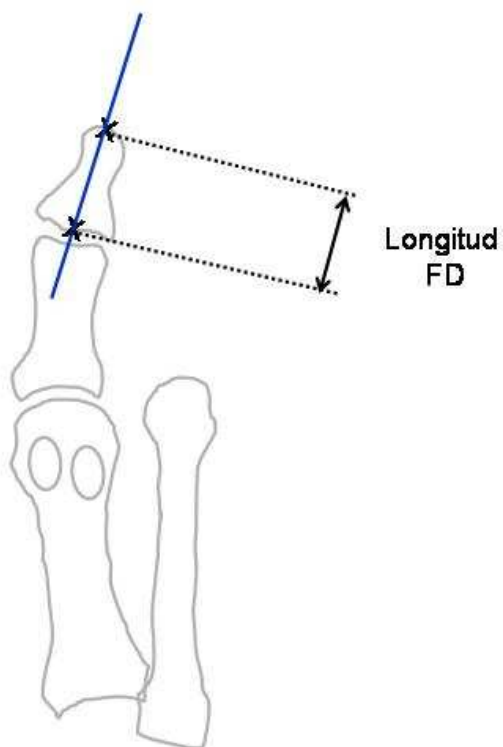


Figura 20. Longitud de la falange distal del primer dedo.

4.10.13. Longitud del primer dedo

La longitud del 1º dedo se ha calculado mediante la suma de las longitudes de las falanges proximal y distal.

Para estandarizar las medidas de longitud de los metatarsianos I y II, de las falanges proximales del primer y segundo dedo, de la falange distal del primer dedo, y del primer dedo en conjunto, dichas medidas se han expresado también en porcentaje de la longitud total del II metatarsiano. Este procedimiento ya ha sido realizado por otros autores anteriormente con el mismo fin^{16,99}. La distancia de los sesamoideos al cartílago articular de la cabeza del I metatarsiano, y la longitud de los sesamoideos se expresan, en cambio, en porcentaje de la longitud del I metatarsiano. Y las anchuras se expresan en porcentaje de la longitud del segmento correspondiente (por ejemplo, la anchura del I metatarsiano viene expresada también en porcentaje de la longitud del I metatarsiano; la de la falange proximal del 1º dedo, en porcentaje de la longitud de dicha falange; etc). A estas variables se les ha denominado “relativas”, para diferenciarlas de los valores absolutos.

4.10.14. Forma de la cabeza del I metatarsiano

Se trata de un valor cualitativo, por lo tanto no tiene un rango numérico de normalidad. La cabeza del I metatarsiano se clasifica tradicionalmente en redonda, cuadrada y cuadrada con cresta central^{102,109,111} (figura 6, página 59). Son varios los estudios que se han llevado a cabo con el objetivo de evaluar cuantitativamente la forma de la cabeza del I metatarsiano^{89,159,160}. Algunos de estos estudios utilizan como puntos de referencia aquellos que delimitan el área de cartílago articular útil de la cabeza del I metatarsiano, lo cual supone que la identificación de estos puntos está sujeta a cierta inexactitud, ya que el cartílago articular no es un tejido visible en una radiografía. Además, creemos que la metodología utilizada en estas investigaciones permitiría obtener valores diferentes en las formas redonda y cuadrada de la cabeza del I metatarsiano, pero no para la forma cuadrada con cresta central. Por ello, consideramos fallidos los intentos que, hasta la actualidad, se han realizado para cuantificar la forma de la cabeza del I metatarsiano.

Uno de los estudios realizado en la última década sobre factores morfológicos que influyen en el HAV es el de Gutiérrez y colaboradores¹⁵⁸ en el que se clasificó mediante observación la forma de la cabeza del I metatarsiano de 147 pies en redonda, plana o cuadrada. El método de observación ha sido el que se ha utilizado en el presente estudio. La cabeza del I metatarsiano se ha clasificado en normal, redonda, cuadrada o cuadrada con cresta central. Previamente a la visualización de las radiografías, las imágenes fueron retocadas mediante un programa que permite recortarlas hasta dejar únicamente el área correspondiente a la cabeza del metatarsiano. Esto se hizo para que la observación de la presencia de signos radiológicos relacionados con la deformidad de HL o HAV no influyera en la decisión a la hora de clasificarla. Asimismo, las imágenes no se mostraron agrupadas según los tres grupos del estudio, sino que se colocaron de forma aleatoria a priori para que este factor tampoco influyera en la clasificación.

4.11. Análisis Estadístico

Los datos se han analizado con el paquete informático SPSS 12.0 para Windows (SPSS Science, Chicago, Illinois).

4.11.1. Fiabilidad de las medidas

Para comprobar si el procedimiento de medición que se ha llevado a cabo en este trabajo es fiable y reproducible se ha estudiado el coeficiente de correlación intraclase. Se escogieron 10 casos al azar de cada grupo. En cada caso se midieron todas las variables tres veces, con un intervalo de separación de una semana entre cada medición.

4.11.2. Análisis descriptivo

Se describe la edad, sexo y lateralidad de la muestra total, del grupo control, del grupo HAV y del grupo HL. Se describe el número de pies y el número de individuos que forman los grupos.

Se aporta la media, desviación típica e intervalo de confianza al 95% para cada una de las variables cuantitativas por grupos. La forma de la cabeza del I metatarsiano se muestra mediante una tabla de contingencia.

4.11.3. Pruebas de contraste

La comparación se ha realizado utilizando el ANOVA de un factor. En caso de obtener diferencias significativas, las comparaciones múltiples se han efectuado mediante el test de Bonferroni.

La comparación de la forma de la cabeza del I metatarsiano entre los tres grupos se ha llevado a cabo mediante la prueba de Chi-cuadrado, comparando los grupos dos a dos.

5. RESULTADOS

5. RESULTADOS

5.1. Fiabilidad de las medidas

El valor del coeficiente de correlación intraclase ha sido superior a 0,90 para todas las variables medidas, excepto para el ángulo OBL 4 que ha sido de 0,882. Todos los coeficientes se pueden considerar muy altos¹⁷⁶, incluido este último valor. Estos resultados demuestran que la reproducibilidad de las mediciones con los métodos utilizados es aceptable^{207,208}.

5.2. Descripción de la muestra

5.2.1. Descripción de la muestra global

La muestra para este estudio se compone de 373 pies de 208 individuos, 118 hombres y 90 mujeres, de edades comprendidas entre los 20 y los 29 años (media $23,49 \pm 2,75$). Se han estudiado 210 pies de hombres y 163 de mujeres, de los cuales 194 han sido pies izquierdos y 179 pies derechos (tabla I).

Pies	Distribución por sexo		Individuos			Edad	Lateralidad	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Total		Izquierdos	Derechos
373	Hombres	210	118	90	208	$23,49 \pm 2,75$	Izquierdos	194
	Mujeres	163					Derechos	179

Tabla I. Descripción de la muestra global

5.2.2. Descripción del grupo control

El grupo control se compone de 177 pies de 114 individuos, 59 hombres y 55 mujeres, de edades comprendidas entre los 20 y los 29 años (media $23,40 \pm 2,77$). Se han estudiado 87 pies de hombres y 90 de mujeres, de los cuales 94 han sido pies izquierdos y 83 pies derechos (tabla II).

Pies	Distribución por sexo		Individuos			Edad	Lateralidad	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Total		Izquierdos	Derechos
177	Hombres	87	59	55	114	$23,40 \pm 2,77$	Izquierdos	94
	Mujeres	90					Derechos	83

Tabla II. Descripción del grupo control

5.2.3. Descripción del grupo HAV

El grupo HAV se compone de 98 pies de 68 individuos, 31 hombres y 37 mujeres, de edades comprendidas entre los 20 y los 29 años (media $23,50 \pm 2,67$). Se han estudiado 41 pies de hombres y 57 de mujeres, de los cuales 49 han sido pies izquierdos y 49 pies derechos (tabla III).

Pies	Distribución por sexo		Individuos			Edad	Lateralidad	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Total		Izquierdos	Derechos
98	Hombres	41	31	37	68	$23,50 \pm 2,67$	Izquierdos	49
	Mujeres	57					Derechos	49

Tabla III. Descripción del grupo HAV

5.2.4. Descripción del grupo HL

El grupo HL se compone de 98 pies de 59 individuos, 48 hombres y 11 mujeres, de edades comprendidas entre los 20 y los 29 años (media $23,62 \pm 2,83$). Se han estudiado 82 pies de hombres y 16 de mujeres, de los cuales 51 han sido pies izquierdos y 47 pies derechos (tabla IV).

Pies	Distribución por sexo		Individuos			Edad	Lateralidad	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Total		Izquierdos	Derechos
98	Hombres	82	48	11	59	$23,62 \pm 2,83$	Izquierdos	51
	Mujeres	16					Derechos	47

Tabla IV. Descripción del grupo HL

5.3. Análisis descriptivo de las variables

La media, desviación típica y el intervalo de confianza al 95% para cada uno de los tres grupos por separado, se muestran en las tablas V, VI y VII. Estos datos corresponden a las variables cuantitativas en valores absolutos.

Grupo control	Media \pm DT	Intervalo de confianza al 95 %	
		Límite superior	Límite inferior
Extensión 1ª AMTF	73,80 \pm 8,12	72,60	75,01
Ángulo MA	14,05 \pm 4,02	13,45	14,65
Ángulo I-II	8,49 \pm 1,84	8,21	8,76
Ángulo HAV	9,90 \pm 3,63	9,36	10,44
Ángulo HIF	15,88 \pm 5,38	15,07	16,68
Ángulo MPV	18,85 \pm 3,54	18,32	19,37
Ángulo OBL 1	93,40 \pm 4,63	92,71	94,09
Ángulo OBL 2	101,89 \pm 4,87	101,16	102,61
Ángulo OBL 3	115,90 \pm 6,02	115,01	116,80
Ángulo OBL 4	65,60 \pm 5,78	64,75	66,46
Ángulo PASA	2,55 \pm 3,90	1,97	3,13
Ángulo DASA	6,37 \pm 2,86	5,94	6,79
Protusión I-II	1,33 \pm 3,11	0,87	1,80
Longitud I MTT	66,26 \pm 4,91	65,53	66,99
Anchura I MTT	12,75 \pm 1,42	12,54	12,96
Longitud II MTT	78,42 \pm 6,51	77,45	79,39
Anchura II MTT	7,95 \pm 1,19	7,77	8,13
Longitud FP 1º	33,53 \pm 3,20	33,06	34,01
Anchura FP 1º	11,80 \pm 1,31	11,60	12,00
Longitud FP 2º	29,02 \pm 2,65	28,62	29,41
Anchura FP 2º	5,22 \pm 0,90	5,08	5,35
Longitud FD 1º	24,31 \pm 2,86	23,88	24,74
Longitud hallux	57,85 \pm 5,53	57,03	58,67
Distancia SM-C	4,68 \pm 1,94	4,39	4,97
Longitud SM	11,47 \pm 1,56	11,24	11,70
Distancia SL-C	6,14 \pm 1,72	5,88	6,39
Longitud SL	11,10 \pm 1,44	10,89	11,32

Tabla V. Media, desviación típica e intervalo de confianza al 95% de las variables cuantitativas en valores absolutos para el grupo control.

La extensión metatarsofalángica y los ángulos se expresan en grados. El resto de variables en milímetros.

Grupo HAV	Media \pm DT	Intervalo de confianza al 95 %	
		Límite superior	Límite inferior
Extensión 1ª AMTF	63,93 \pm 12,06	61,44	66,43
Ángulo MA	16,11 \pm 4,74	15,16	17,06
Ángulo I-II	9,66 \pm 2,13	9,24	10,09
Ángulo HAV	19,87 \pm 3,26	19,21	20,52
Ángulo HIF	15,12 \pm 3,87	14,34	15,90
Ángulo MPV	21,49 \pm 4,05	20,68	22,30
Ángulo OBL 1	92,03 \pm 3,68	91,29	92,77
Ángulo OBL 2	101,55 \pm 3,96	100,76	102,34
Ángulo OBL 3	117,71 \pm 5,52	116,61	118,82
Ángulo OBL 4	63,82 \pm 5,46	62,72	64,91
Ángulo PASA	8,48 \pm 4,38	7,60	9,36
Ángulo DASA	6,69 \pm 3,36	6,02	7,37
Protusión I-II	3,06 \pm 3,24	2,41	3,71
Longitud I MTT	67,48 \pm 4,85	66,51	68,45
Anchura I MTT	13,34 \pm 1,31	13,08	13,60
Longitud II MTT	78,61 \pm 5,91	77,43	79,80
Anchura II MTT	8,18 \pm 1,11	7,95	8,40
Longitud FP 1°	34,62 \pm 2,52	34,12	35,13
Anchura FP 1°	12,08 \pm 1,33	11,81	12,35
Longitud FP 2°	29,54 \pm 2,19	29,10	29,98
Anchura FP 2°	5,27 \pm 0,78	5,11	5,43
Longitud FD 1°	24,53 \pm 2,69	23,98	25,08
Longitud hallux	59,20 \pm 4,86	58,21	60,19
Distancia SM-C	4,84 \pm 2,36	4,36	5,31
Longitud SM	12,71 \pm 2,43	12,22	13,20
Distancia SL-C	7,03 \pm 1,87	6,64	7,42
Longitud SL	11,55 \pm 1,65	11,22	11,88

Tabla VI. Media, desviación típica e intervalo de confianza al 95% de las variables cuantitativas en valores absolutos para el grupo HAV.

La extensión metatarsofalángica y los ángulos se expresan en grados. El resto de variables en milímetros.

Grupo HL	Media \pm DT	Intervalo de confianza al 95 %	
		Límite superior	Límite inferior
Extensión 1ª AMTF	48,28 \pm 6,86	46,90	49,65
Ángulo MA	14,79 \pm 4,32	13,92	15,65
Ángulo I-II	7,78 \pm 2,19	7,34	8,21
Ángulo HAV	9,04 \pm 4,41	8,16	9,93
Ángulo HIF	16,32 \pm 4,13	15,47	17,17
Ángulo MPV	19,56 \pm 3,40	18,88	20,24
Ángulo OBL 1	92,53 \pm 4,10	91,71	93,35
Ángulo OBL 2	100,36 \pm 4,63	99,43	101,29
Ángulo OBL 3	115,15 \pm 6,07	113,94	116,37
Ángulo OBL 4	64,86 \pm 5,30	63,79	65,92
Ángulo PASA	2,18 \pm 4,51	1,28	3,09
Ángulo DASA	6,06 \pm 3,09	5,44	6,68
Protusión I-II	2,44 \pm 2,75	1,89	2,99
Longitud I MTT	70,34 \pm 4,97	69,34	71,33
Anchura I MTT	14,34 \pm 1,50	14,04	14,64
Longitud II MTT	82,57 \pm 5,98	81,37	83,77
Anchura II MTT	8,69 \pm 1,23	8,44	8,94
Longitud FP 1°	36,07 \pm 3,00	35,47	36,67
Anchura FP 1°	13,39 \pm 1,41	13,11	13,68
Longitud FP 2°	31,58 \pm 2,35	31,11	32,05
Anchura FP 2°	5,86 \pm 0,82	5,69	6,02
Longitud FD 1°	25,72 \pm 2,37	25,23	26,20
Longitud hallux	61,76 \pm 4,73	60,80	62,73
Distancia SM-C	4,70 \pm 1,89	4,32	5,08
Longitud SM	12,93 \pm 1,77	12,57	13,29
Distancia SL-C	6,41 \pm 1,64	6,08	6,74
Longitud SL	12,85 \pm 1,63	12,53	13,18

Tabla VII. Media, desviación típica e intervalo de confianza al 95% de las variables cuantitativas en valores absolutos para el grupo HL.

La extensión metatarsofalángica y los ángulos se expresa, en grados. El resto de variables en milímetros.

La distribución de la forma de la cabeza del I metatarsiano en normal, redonda, cuadrada y cuadrada con cresta central entre los tres grupos se muestra en la tabla VIII.

	Control	HAV	HL	TOTAL
Normal	64 36,4%	31 31,6%	32 32,7%	127 34,1%
Redonda	35 19,9%	51 52%	5 5,1%	91 24,5%
Cuadrada	49 27,8%	8 8,2%	36 36,7%	93 25,0%
Cuadrada con cresta central	28 15,9%	8 8,2%	25 25,5%	61 16,4%
TOTAL	176 100%	98 100%	98 100%	372 100%

Tabla VIII. Distribución por grupos de la forma de la cabeza del I metatarsiano.

5.4. Comparaciones

Para una exposición ordenada de los resultados, las variables se han dividido en medidas lineales y medidas angulares. Entre las primeras se encuentran las longitudes y anchuras de los distintos segmentos óseos, la protusión I-II, y la distancia de los sesamoideos a la 1ª AMTF. Las medidas angulares las constituyen todos los ángulos que se han medido. La forma de la cabeza del I metatarsiano no queda englobada dentro de ninguno de estos grupos, por lo que se expone de forma independiente.

Si se compara la protusión metatarsal del I y II metatarsianos entre los tres grupos, observamos que el I metatarsiano protuye más que el II, es decir, se prolonga más distalmente que el II (tabla IX). En la figura 21 se advierte que los valores de la media y el intervalo de confianza al 95% de la protusión I-II para los grupos HAV y HL están por encima de estos mismos valores para el grupo control, sin mostrar áreas de coincidencia.

	Media ± DT	Significación (P)		
		Control vs HAV	Control vs HL	HAV vs HL
Protusión I-II				
Control	1,33 ± 3,11	0,000**	0.013*	0,474
HAV	3,06 ± 3,24			
HL	2,44 ± 2,75			

* La diferencia entre las medias es significativa al nivel $P < 0,05$

** La diferencia entre las medias es significativa al nivel $P < 0,0005$

Tabla IX. Comparación de la protusión metatarsal I-II entre los tres grupos mediante el ANOVA de un factor con la corrección de Bonferroni.

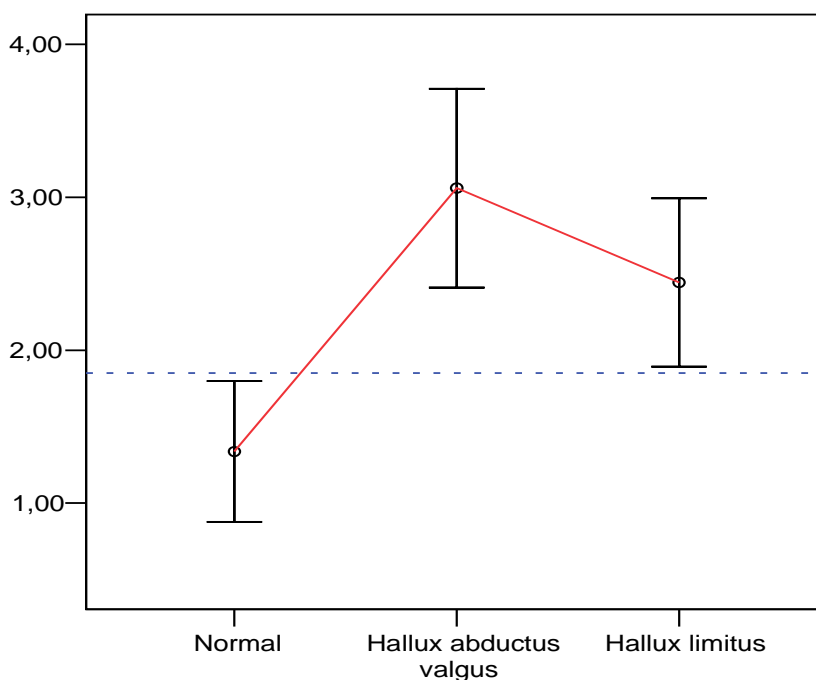


Figura 21. Gráfico de barras de error en el que se representa la media e intervalo de confianza al 95%, para la protusión I-II entre los tres grupos. La línea de referencia (línea discontinua) está situada en la posición 1,85 mm. Los valores del eje de ordenadas están expresados en milímetros.

Para comparar el tamaño global de los metatarsianos I y II, y de las falanges proximales del 1º y 2º dedos entre los tres grupos, se han utilizado los índices *longitud : anchura*. Los resultados de la comparación de estos índices entre los tres grupos aparecen en la tabla X.

	Media ± DT	Significación (P)		
		Control vs HAV	Control vs HL	HAV vs HL
Índice I MTT				
Control	5,23 ± 0,47	0,031*	0,000**	0,054
HAV	5,09 ± 0,46			
HL	4,93 ± 0,41			
Índice II MTT				
Control	9,99 ± 1,09	0,222	0,037*	1,000
HAV	9,74 ± 1,15			
HL	9,64 ± 1,15			
Índice FP 1º				
Control	2,86 ± 0,33	1,000	0,000**	0,000**
HAV	2,89 ± 0,29			
HL	2,71 ± 0,27			
Índice FP 2º				
Control	5,69 ± 0,88	1,000	0,104	0,126
HAV	5,71 ± 0,83			
HL	5,47 ± 0,66			

* La diferencia entre las medias es significativa al nivel $P < 0,05$

** La diferencia entre las medias es significativa al nivel $P < 0,0005$

Tabla X. Comparación de los índices *longitud : anchura* entre los tres grupos mediante el ANOVA de un factor con la corrección de Bonferroni.

De estos resultados se puede deducir que el I metatarsiano es más grande en el grupo HAV y en el grupo HL, que en el grupo control. Igualmente podemos observar que en el grupo HL el II metatarsiano es más grande que en el grupo control, y la falange proximal del 1º dedo es más grande que en los otros dos grupos. La falange proximal del 2º dedo, en cambio, no muestra diferencias significativas en cuanto al tamaño entre ninguno de los tres grupos.

Cuando el valor de uno de estos índices aparece menor en un grupo que en otro, quiere decir que, o el numerador es más pequeño, o el denominador es más grande, o ambas cosas a la vez. Dicho en otras palabras, puede que esa diferencia se deba a que el segmento óseo en cuestión sea muy corto, o sea muy ancho, o que sea muy corto y muy ancho a la vez. De la misma forma, si el valor de cualquiera de estos índices es más grande, es porque dicho segmento es muy largo, o muy estrecho, o ambas cosas a la vez. Para saber si es la longitud, la anchura, o ambas cosas lo que se diferencia de un grupo con respecto a otros, nos podemos ayudar de la comparación de la longitud y anchura de estos segmentos entre los tres grupos. Con el objetivo de que estas variables no se vean influidas por la estatura de la persona o el tamaño global del pie, dicha comparación se ha efectuado utilizando las longitudes y anchuras relativas. Los resultados de esta comparación se muestran en la tabla XI.

En las figuras 22, 23, 24 y 25 se expone gráficamente la longitud y anchura del I metatarsiano y la falange proximal del 1º dedo para los tres grupos. Observamos que el I metatarsiano es más largo en el grupo HAV. En el grupo HL, aunque el valor medio de la longitud del I metatarsiano es mayor que en el grupo control, no existe diferencia estadísticamente significativa. En cambio, la anchura del I metatarsiano es significativamente mayor en el grupo HL. En el grupo HAV predomina la longitud sobre la anchura con respecto al grupo control, y en el grupo HL predomina la anchura sobre la longitud.

En cuanto a la falange proximal del 1º dedo, observamos en las gráficas que en el caso de la longitud, los valores de la media y el intervalo de confianza al 95% son claramente superiores a los del grupo control. Como ocurre con el I metatarsiano, la longitud de la falange proximal del 1º dedo en el grupo HAV es también mayor que en el grupo HL, pero la anchura es significativamente más grande en el grupo HL. De nuevo, en el grupo HAV predomina la longitud sobre la anchura con respecto al grupo control, y en el grupo HL predomina la anchura sobre la longitud, aunque en este caso la longitud también es significativamente diferente con respecto al grupo control.

	Media \pm DT	Significación (P)		
		Control vs HAV	Control vs HL	HAV vs HL
Longitud I MTT relativa				
Control	84,60 \pm 2,93	0,001**	0,269	0,318
HAV	85,92 \pm 3,36			
HL	85,23 \pm 2,60			
Anchura I MTT relativa				
Control	19,25 \pm 1,72	0,034*	0,000***	0,051
HAV	19,80 \pm 1,78			
HL	20,40 \pm 1,68			
Longitud II MTT				
Control	78,42 \pm 6,51	1,000	0,000***	0,000***
HAV	78,61 \pm 5,91			
HL	82,57 \pm 5,98			
Anchura II MTT relativa				
Control	10,12 \pm 1,06	0,159	0,017*	1,000
HAV	10,40 \pm 1,15			
HL	10,52 \pm 1,25			
Longitud FP 1º relativa				
Control	42,80 \pm 2,77	0,000***	0,019***	0,827
HAV	44,12 \pm 2,57			
HL	43,71 \pm 2,48			
Anchura FP 1º relativa				
Control	35,25 \pm 4,20	1,000	0,000***	0,000***
HAV	34,93 \pm 3,46			
HL	37,25 \pm 3,91			
Longitud FP 2º relativa				
Control	37,05 \pm 2,47	0,115	0,000***	0,140
HAV	37,64 \pm 2,15			
HL	38,29 \pm 1,97			
Anchura FP 2º relativa				
Control	18,03 \pm 2,97	1,000	0,384	0,271
HAV	17,89 \pm 2,63			
HL	18,55 \pm 2,28			

* La diferencia entre las medias es significativa al nivel $P < 0,05$; ** La diferencia entre las medias es significativa al nivel $P < 0,005$; *** La diferencia entre las medias es significativa al nivel $P < 0,0005$

Tabla XI. Comparación de las longitudes y anchuras relativas de los metatarsianos I y II, y las falanges proximales del 1º y 2º dedos entre los tres grupos, mediante el ANOVA de un factor con la corrección de Bonferroni. La longitud del II metatarsiano se expresa en milímetros, porque se considera el 100% para el resto de longitudes.

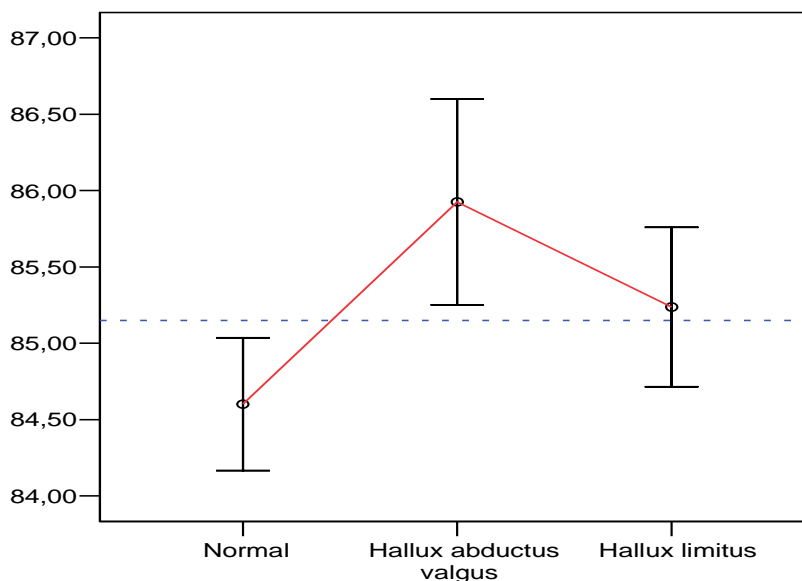


Figura 22. Gráfico de barras de error en el que se representa la media e intervalo de confianza al 95% para la longitud relativa del I metatarsiano entre los tres grupos. La línea de referencia (línea discontinua) está situada en la posición 85,15. Los valores del eje de ordenadas se expresan en porcentaje de la longitud del II metatarsiano.

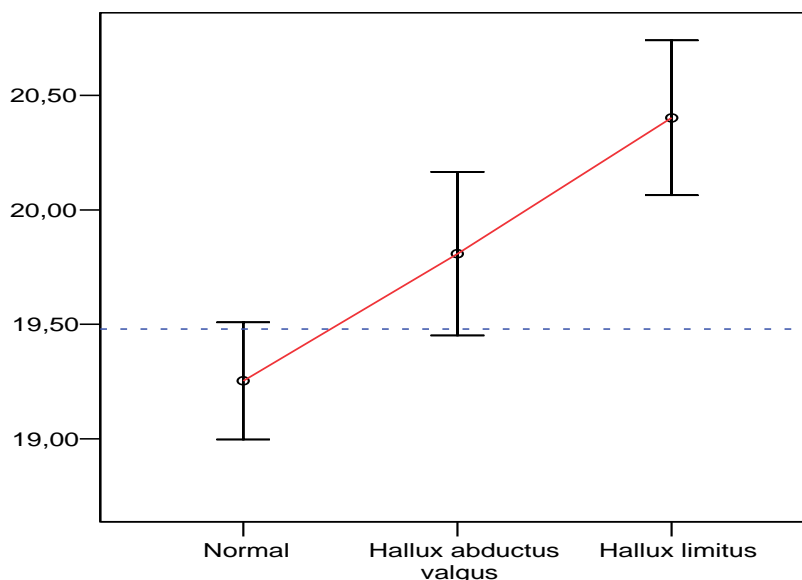


Figura 23. Gráfico de barras de error en el que se representa la media e intervalo de confianza al 95% para la anchura relativa del I metatarsiano entre los tres grupos. La línea de referencia (línea discontinua) está situada en la posición 19,48. Los valores del eje de ordenadas se expresan en porcentaje de la longitud del I metatarsiano.

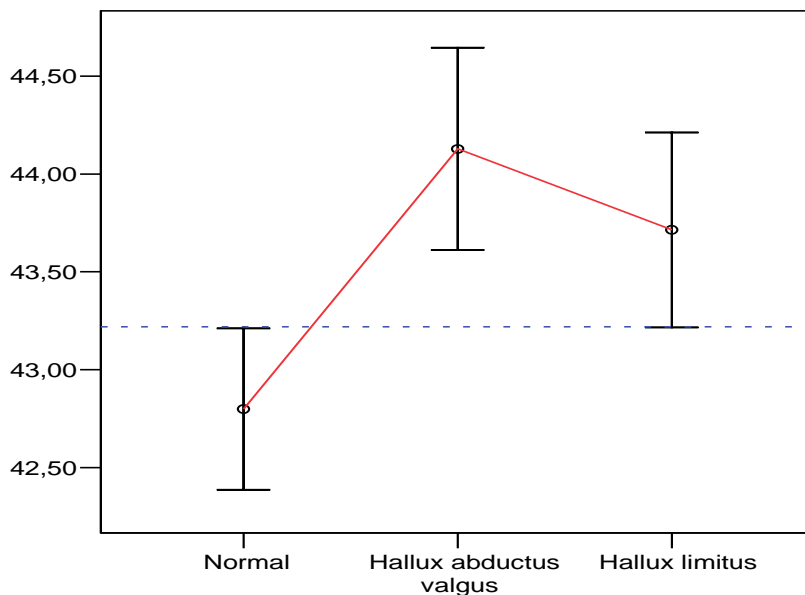


Figura 24. Gráfico de barras de error en el que se representa la media e intervalo de confianza al 95% para la longitud relativa de la falange proximal del 1º dedo entre los tres grupos. La línea de referencia (línea discontinua) está situada en la posición 43,22. Los valores del eje de ordenadas se expresan en porcentaje de la longitud del II metatarsiano.

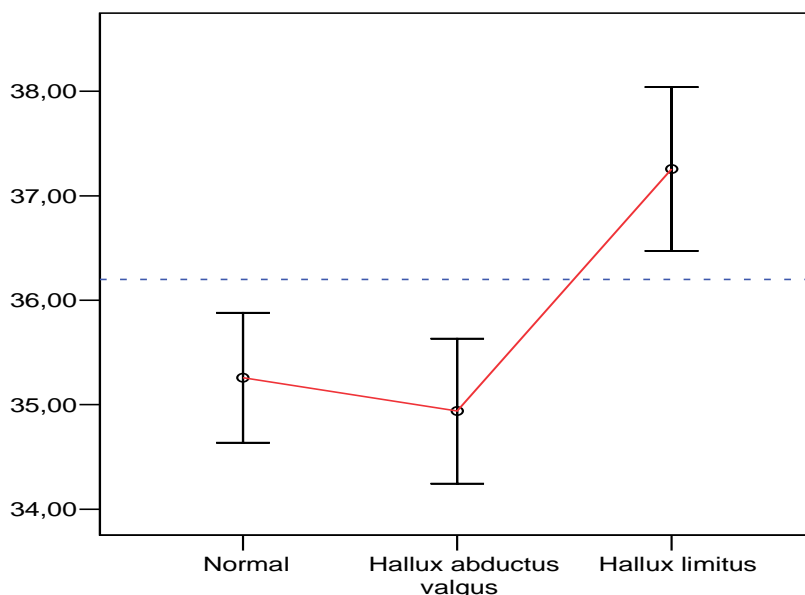


Figura 25. Gráfico de barras de error en el que se representa la media e intervalo de confianza al 95% para la anchura relativa de la falange proximal del 1º dedo entre los tres grupos. La línea de referencia (línea discontinua) está situada en la posición 36,20. Los valores del eje de ordenadas se expresan en porcentaje de la longitud de la falange proximal del 1º dedo.

En la tabla anterior (tabla XI) se puede observar que la falange proximal del 1º dedo es mayor en los grupos HAV y HL que en el grupo control. Para saber si el exceso de longitud de este segmento se compensa con un acortamiento de la falange distal, con lo que la longitud global del 1º dedo no sería excesiva, se ha comparado la longitud de la falange distal entre los tres grupos (figura 26), y también la longitud global del 1º dedo (figura 27), resultado de sumar la longitud de la falange proximal y de la falange distal (tabla XII). Ambas variables se expresan en porcentaje de la longitud del II metatarsiano para estandarizar las medidas. Como se puede ver en la figura 26, la longitud de la falange distal se presenta similar en los tres grupos. Sin embargo, el 1º dedo es más largo en los grupos HAV y HL, que en el grupo control, por lo que podemos decir que cuando el 1º dedo tiene una longitud mayor a la normal, se debe a que solamente la falange proximal tiene una longitud excesiva.

	Media \pm DT	Significación (P)		
		Control vs HAV	Control vs HL	HAV vs HL
Longitud FD 1º relativa				
Control	30,99 \pm 2,59	1,000	1,000	1,000
HAV	31,12 \pm 2,44			
HL	31,30 \pm 2,41			
Longitud hallux relativa				
Control	73,78 \pm 4,25	0,022*	0,033*	1,000
HAV	75,20 \pm 4,23			
HL	75,13 \pm 3,79			

* La diferencia entre las medias es significativa al nivel $P < 0,05$

Tabla XII. Comparación de la longitud de la falange distal del 1º dedo, y de la longitud global relativa del 1º dedo entre los tres grupos mediante el ANOVA de un factor con la corrección de Bonferroni.

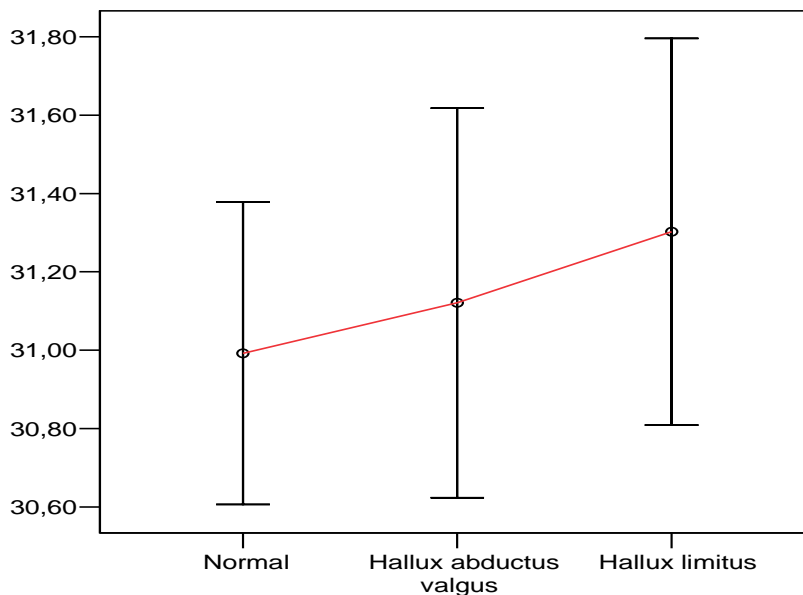


Figura 26. Media e intervalo de confianza al 95% para la longitud relativa de la falange distal del 1º dedo entre los tres grupos. Los valores del eje de ordenadas se expresan en porcentaje de la longitud del II metatarsiano.

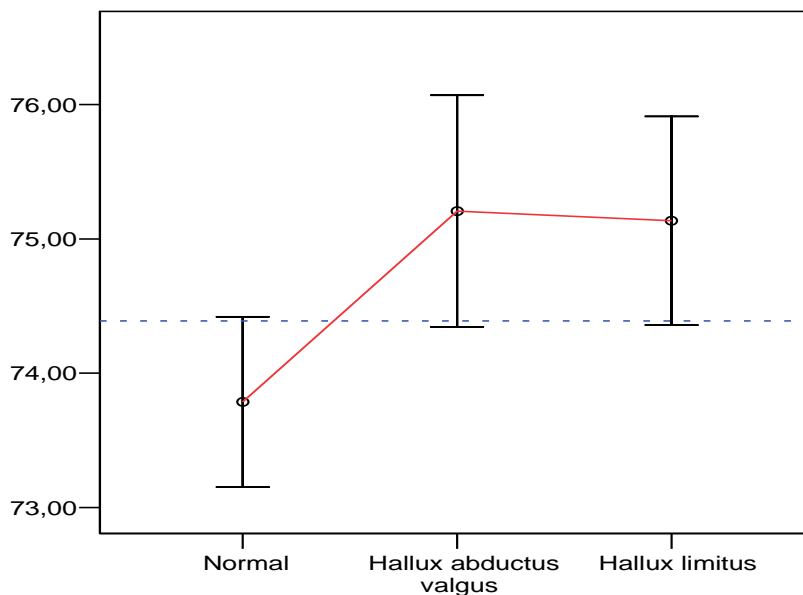


Figura 27. Media e intervalo de confianza al 95% para la longitud global relativa del 1º dedo entre los tres grupos. La línea de referencia (línea discontinua) está situada en la posición 74,39. Los valores del eje de ordenadas se expresan en porcentaje de la longitud del II metatarsiano.

Otras medidas lineales son la longitud del sesamoideo medial y la longitud del sesamoideo lateral, y la distancia entre cada uno de éstos y el espacio articular metatarsofalángico. En la tabla XIII se muestran la media y desviación típica de estas medidas en porcentaje de la longitud del I metatarsiano, y el resultado de comparar estas variables entre los tres grupos.

	Media \pm DT	Significación (P)		
		Control vs HAV	Control vs HL	HAV vs HL
Longitud SM relativa				
Control	17,34 \pm 2,24	0,000**	0,003*	0,760
HAV	18,82 \pm 3,17			
HL	18,40 \pm 2,35			
Longitud SL relativa				
Control	16,75 \pm 1,71	0,397	0,000**	0,000**
HAV	17,13 \pm 2,24			
HL	18,24 \pm 2,10			
Distancia SM-C relativa				
Control	7,11 \pm 3,01	1,000	0,982	0,708
HAV	7,25 \pm 3,67			
HL	6,72 \pm 2,73			
Distancia SL-C relativa				
Control	9,31 \pm 2,67	0,003*	1,000	0,002*
HAV	10,46 \pm 2,89			
HL	9,14 \pm 2,38			

* La diferencia entre las medias es significativa al nivel $P < 0,005$

** La diferencia entre las medias es significativa al nivel $P < 0,0005$

Tabla XIII. Comparación de la longitud de los sesamoideos medial y lateral, y de la distancia de éstos al espacio articular, entre los tres grupos mediante el ANOVA de un factor con la corrección de Bonferroni.

Los resultados de la comparación de las medidas angulares entre los tres grupos se muestran en la tabla XIV.

	Media \pm DT	Significación (P)		
		Control vs HAV	Control vs HL	HAV vs HL
Ángulo HAV				
Control	9,90 \pm 3,63	0,000*	0,208	0,000*
HAV	19,87 \pm 3,26			
HL	9,04 \pm 4,41			
Ángulo I-II				
Control	8,49 \pm 1,84	0,000*	0,016*	0,000*
HAV	9,66 \pm 2,13			
HL	7,78 \pm 2,19			
Ángulo HIF				
Control	15,88 \pm 5,38	0,626	1,000	0,242
HAV	15,12 \pm 3,87			
HL	16,32 \pm 4,13			
Ángulo MA				
Control	14,05 \pm 4,02	0,000*	0,526	0,094
HAV	16,11 \pm 4,74			
HL	14,79 \pm 4,32			
Ángulo MPV				
Control	18,85 \pm 3,54	0,000*	0,363	0,001*
HAV	21,49 \pm 4,05			
HL	19,56 \pm 3,40			
Ángulo OBL 1				
Control	93,40 \pm 4,63	0,033*	0,316	1,000
HAV	92,03 \pm 3,68			
HL	92,53 \pm 4,10			
Ángulo OBL 2				
Control	101,89 \pm 4,87	1,000	0,025*	0,208
HAV	101,55 \pm 3,96			
HL	100,36 \pm 4,63			
Ángulo OBL 3				
Control	115,90 \pm 6,02	0,046*	0,940	0,008*
HAV	117,71 \pm 5,52			
HL	115,15 \pm 6,07			
Ángulo OBL 4				
Control	65,60 \pm 5,78	0,034*	0,864	0,577
HAV	63,82 \pm 5,46			
HL	64,86 \pm 5,30			

* La diferencia entre las medias es significativa al nivel $P < 0,05$

Tabla XIV. Comparación entre los tres grupos de las variables angulares mediante el ANOVA de un factor con la corrección de Bonferroni.

Al comparar la forma de la cabeza del I metatarsiano se obtienen diferencias significativas entre los tres grupos entre sí (tabla XV y figura 28). La forma redonda ha sido más frecuente en el grupo HAV y menos en el grupo HL (52% y 5,1% respectivamente); y las formas cuadrada y cuadrada con cresta central aparecen en pocos casos en el grupo HAV (16,4%), en comparación con el grupo HL, en el que la presencia de estas dos formas ha sido de 62,2%. El grupo control ha tenido una distribución algo más uniforme, predominando la forma que en este estudio se ha denominado “normal”.

	Normal	Redonda	Cuadrada	Cuadrada con cresta central	Significación (P)
CONTROL vs HAV	64 (36,4%)	35 (19,9%)	49 (27,8%)	28 (15,9%)	0,000
	31 (31,6%)	51 (52,0%)	8 (8,2%)	8 (8,2%)	
CONTROL vs HL	64 (36,4%)	35 (19,9%)	49 (27,8%)	28 (15,9%)	0,003
	32 (32,7%)	5 (5,1%)	36 (36,7%)	25 (25,5%)	
HAV vs HL	31 (31,6%)	51 (52,0%)	8 (8,2%)	8 (8,2%)	0,000
	32 (32,7%)	5 (5,1%)	36 (36,7%)	25 (25,5%)	

Tabla XV. Comparación de la forma de la cabeza del I metatarsiano entre los tres grupos mediante el test de Chi-cuadrado. Los porcentajes están ordenados por filas.

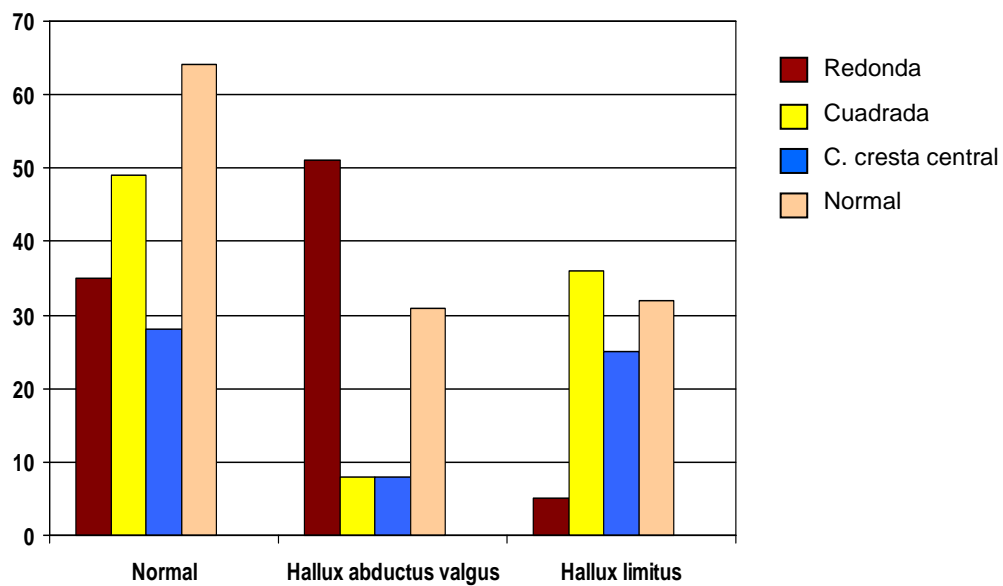


Figura 28. Representación gráfica de la frecuencia de la forma de la cabeza del I metatarsiano entre los tres grupos. En el eje de ordenadas se expresan los valores absolutos.

6. DISCUSIÓN

6. DISCUSIÓN

Según los resultados de este estudio, en la etiología de las deformidades de HAV y HL, además del componente biomecánico de base, existen factores morfológicos o estructurales del primer segmento metatarso-digital que muestran diferencias significativas con respecto a la normalidad (grupo control) en la fase incipiente de las mismas. Hemos considerado oportuno organizar dichos factores por grupos para proceder a la discusión de los resultados. Estos grupos son: tamaños, oblicuidad cuneometatarsal, sesamoideos, forma de la cabeza del I metatarsiano, y otras variables.

6.1. Tamaños

6.1.1. Primer metatarsiano

A lo largo de los años se ha asociado el aumento de la protusión del I metatarsiano con respecto al II, a la deformidad de HAV^{87,113,124,127,129,142,209}, a la deformidad de HL^{78,138,146}, o a ambas^{77,102,112}. Los resultados de nuestro estudio están en concordancia con aquellos autores que relacionan un aumento de la protusión del I metatarsiano con ambas patologías. El rango de normalidad para la protusión relativa entre I y II metatarsianos se considera que va desde -2 mm hasta +2 mm^{102,110,112,206}. Por tanto, según nuestros resultados, en la fase inicial de las patologías de HAV y HL se observa un aumento de la protusión relativa del I metatarsiano (3,06 mm y 2,44 mm respectivamente).

El hecho de que la protusión del I metatarsiano aparezca aumentada, no necesariamente significa que el I metatarsiano sea más largo de lo normal, sino que se proyecta más distalmente de lo normal con respecto al II metatarsiano. De hecho, en estudios como los de Lundberg y Sulja¹²⁷ se aporta que en pies con HAV, el I metatarsiano no tiene más longitud absoluta que el II, pero sí más protusión relativa. Nuestros resultados contrastan con esta afirmación ya que

hemos observado que el I metatarsiano en pies con HAV, no solo tiene más protusión, sino que es más largo que en pies normales ($P = 0,001$). Tanaka y colaboradores¹⁶, de los cuales hemos adoptado la técnica de calcular la longitud del I metatarsiano en porcentaje del II, obtuvieron los mismos resultados. Sin embargo, Saragas y Becker¹⁵⁴ defienden que la longitud del I metatarsiano no juega ningún papel en el desarrollo de HAV.

En el caso del grupo HL, la longitud del I metatarsiano no ha mostrado diferencia significativa con respecto al grupo HAV ($P = 0,318$), por lo que se podría pensar que también en los pies con HL el I metatarsiano es más largo de lo habitual. Sin embargo, el hecho de que tampoco se haya encontrado diferencia significativa entre el grupo HL y el grupo control ($P = 0,269$), impide la formulación de esta teoría. La tendencia general es que el I metatarsiano en el grupo HL es ligeramente más largo que en el grupo control, y ligeramente más corto que en grupo HAV.

Por otro lado, haciendo referencia a los índices que relacionan la longitud con la anchura del I metatarsiano, éstos han resultado ser menores en los grupos HAV y HL con respecto al grupo control, y la diferencia ha sido significativa en ambos casos ($P = 0,031$ y $P < 0,0005$, respectivamente). Esto quiere decir que, o bien el I metatarsiano es más corto (el numerador sería menor), o bien es más ancho (el denominador sería mayor), o bien se dan las dos condiciones. Ya se ha visto que el I metatarsiano es significativamente más largo en el grupo HAV, y ligeramente más largo en el grupo HL, con respecto al grupo control, por lo que el hecho de que este índice sea menor en ambos grupos no se debe a un numerador pequeño, sino a un denominador grande. Dicho en otras palabras, el I metatarsiano es más ancho de lo habitual en los pies con HAV y en los pies con HL, y la diferencia de anchura con respecto a los pies normales es significativa ($P = 0,034$ y $P < 0,0005$, respectivamente). De manera que, en los 373 pies estudiados el I metatarsiano ha resultado ser significativamente más largo y más ancho de lo normal en el caso de la deformidad de HAV, y ligeramente más largo pero significativamente más ancho en el caso de la deformidad de HL.

Por tanto, nos mostramos de acuerdo con aquellos autores que, a lo largo de los años, han afirmado que el I metatarsiano, además de proyectarse más distalmente de lo habitual con respecto al II, es globalmente más grande en pies con HAV y en pies con HL, que en pies normales. Esto nos lleva a no estar en concordancia con la opinión de autores como Viladot¹⁴³, Scranton Jr y McDermott¹⁴⁴, Younger y colaboradores¹⁴⁵, Morton¹⁴⁰, Mann y colaboradores⁹⁰ o Hetherington y colaboradores¹⁵⁰, quienes defienden que estas dos patologías se asocian a un I metatarsiano corto.

6.1.2. Falange proximal del primer dedo

Pocas referencias son las que hemos encontrado en relación a la asociación de la longitud de la falange proximal del 1º dedo con alguna de las dos patologías que se estudian. La mayoría de los autores hablan de la longitud del primer dedo, no de la falange proximal. Tanaka y colaboradores¹⁶ aseguran que en pacientes con HAV, la longitud de esta falange es mayor que en pacientes sin HAV. Lamur y colaboradores¹³³, en cambio, no encuentran en su estudio una relación directa entre la longitud de este segmento y el ángulo HAV. Scranton Jr y McDermott¹⁴⁴ incluyen en su listado de etiologías posibles del HAV la excesiva longitud de la falange proximal del 1º dedo, pero sólo la observan en 4 pacientes de los 42 que incluyen en su estudio. Aycart y González⁸⁰ relacionan la excesiva longitud de este segmento con el HL.

En el presente estudio hemos encontrado que la longitud de la falange proximal del 1º dedo es mayor en pies con HAV y con HL que en pies normales. En ambos casos la diferencia es significativa ($P < 0,0005$ y $P = 0,019$, respectivamente), y en cambio entre el HAV y el HL no existe tal diferencia ($P = 0,827$).

Cuando se compara el índice *longitud : anchura* de la falange proximal del 1º dedo entre los tres grupos, encontramos que su valor es similar en los HAV y los normales, y sin embargo es menor en los HL. Este resultado no se debe a que el numerador sea bajo, porque la longitud de este segmento en el

HL es mayor que en los otros tipos de pies, sino a un denominador alto, es decir, una mayor anchura de la falange proximal. De hecho, si comparamos la anchura de la falange proximal del 1º dedo entre los tres grupos se obtiene diferencia significativa entre el grupo HL y el grupo control ($P < 0,0005$), y entre el grupo HL y el grupo HAV ($P < 0,0005$), pero no entre el grupo control y el HAV ($P = 1,000$). Por lo que se puede afirmar que en los pies con HAV, la falange proximal del 1º dedo es más larga de lo normal, y en los pies con HL es en general más grande (más larga y más ancha) de lo normal.

La longitud de la falange proximal del 2º dedo se ha medido con la intención de observar si el aumento de la longitud de la falange proximal del 1º dedo es algo que afecta sólo al 1º dedo, o también a los demás. Para ello, hemos considerado a la falange proximal del 2º dedo como representativa de la del resto de los dedos. Si la falange proximal del 1º dedo es significativamente más grande en un grupo patológico en comparación con el grupo control, pero la del 2º dedo no presenta diferencias de tamaño, podríamos pensar que el tamaño aparece aumentado de forma específica en la falange del 1º dedo. En cambio, si la falange proximal del 1º dedo muestra diferencia significativa en cuanto al tamaño entre un grupo patológico y el grupo control, y esto también ocurre en la falange proximal del 2º dedo, podríamos pensar que en ese grupo determinado todos los dedos son significativamente más grandes de lo normal.

En el caso del grupo HAV, la falange proximal del 2º dedo ha mostrado una longitud similar a la del grupo control ($P = 0,115$). En cambio, en el grupo HL dicha falange sí tiene más longitud que en el grupo control ($P < 0,0005$). Por tanto, podríamos decir que en los pies con HAV es sólo la falange proximal del 1º dedo la que presenta un tamaño mayor de lo habitual, mientras que en el grupo HL este fenómeno afecta también a los demás dedos.

Por tanto, y de acuerdo con Roukis y colaboradores¹³⁷, pensamos que si un pie presenta un 1º dedo más largo con respecto al 2º será propenso a desarrollar HAV, mientras que si ambos dedos, a pesar de ser excesivamente largos, tienen un tamaño similar, será más probable que ese pie desarrolle HL.

6.1.3. Primer dedo

A la longitud global del 1º dedo se le ha prestado más atención en la literatura científica que a la de la falange proximal de forma independiente. Un exceso de longitud del 1º dedo se ha relacionado tanto con la deformidad de HAV^{16,129,151}, como con la deformidad de HL^{50,152}. Roukis y colaboradores¹³⁷ observaron que, de su muestra de 166 pies con HAV, en 109 pies (66%) el primer dedo era más largo que el segundo, en 23 pies (14%) era más corto, y en 34 (20%) eran iguales. También encontramos autores que desechan la posibilidad de que un 1º dedo muy largo se relacione con patologías como el HAV¹²⁷. Los resultados de nuestro estudio muestran que el primer dedo es más largo en los pies con HAV y HL que en los pies normales ($P = 0,022$ y $P = 0,033$, respectivamente).

Para hallar la longitud del 1º dedo se ha sumado la longitud de la falange proximal y la longitud de la falange distal. Teniendo en cuenta que la falange distal no ha mostrado diferencias significativas de longitud entre los tres grupos ($P = 1,000$ para las tres comparaciones), nuestro resultado obedece a que el aumento de longitud encontrado en el 1º dedo se debe exclusivamente a la excesiva longitud de la falange proximal del 1º dedo. Es por ello que creemos que cuando en la literatura científica se reporta que un 1º dedo excesivamente largo puede tener relación con la etiología del HAV o del HL, posiblemente el elemento que verdaderamente tiene importancia en cuanto a longitud excesiva es la falange proximal solamente, no la falange proximal y la falange distal.

6.2. Oblicuidad cuneometatarsal

Una 1ª articulación cuneometatarsal oblicua se suele relacionar con la etiología del HAV en muchas ocasiones⁹². El problema surge cuando se intenta evaluar la oblicuidad cuneometatarsal mediante radiografías dorsoplantares. Esta evaluación puede resultar difícil debido a la superposición de los contornos de esta articulación. Sanicola y colaboradores¹⁸³, y Brage y colaboradores¹⁸⁴, pusieron de manifiesto en sendos estudios que la oblicuidad de la 1ª articulación

cuneometatarsal puede variar bastante según la posición del I metatarsiano, o según la orientación del tubo de rayos X.

Con el objetivo de intentar valorar dicha oblicuidad, en este estudio, además del protocolo de radiología estándar utilizado, hemos optado por realizar esta medida con los ángulos que conocemos descritos en la literatura científica para tal fin. Además, para subsanar algunos de los inconvenientes que presentan estas técnicas, en este trabajo hemos diseñado un ángulo que está constituido por el eje longitudinal del tarso menor y la carilla articular distal de la 1ª cuña (ángulo OBL 3). En nuestra opinión, este ángulo es el que mejor refleja la oblicuidad de esta articulación, por la poca dificultad que presenta la localización de los puntos que se necesitan para trazarlo en una radiografía dorsoplantar, y porque el eje longitudinal del tarso menor permite obtener un valor evitando la influencia de la orientación del I ó II metatarsianos, como ya hemos comentado en el apartado 4.10.6 del Capítulo 4.

El ángulo MPV fue utilizado por Houghton y Dickson¹²⁸ para valorar la desviación medial del I metatarsiano con respecto a la 1ª cuña, y obtuvieron un valor de 18,1° en pies normales y 20,7° en pies con HAV. La diferencia no fue estadísticamente significativa ($P > 0,05$). Por el contrario, Scott y colaboradores¹³⁰ observaron que este ángulo se presentaba con una amplitud media de 16° en pies normales y 22° en pies con HAV. En este caso la diferencia sí fue significativa ($P < 0,001$). En el presente estudio hemos obtenido un valor de $21,49^\circ \pm 4,05$ en pies con HAV, $18,85^\circ \pm 3,54$ en pies normales, y $19,56^\circ \pm 3,40$ en pies con HL. La diferencia ha resultado significativa al comparar el grupo HAV con el grupo control ($P < 0,0005$) y con el grupo HL ($P = 0,001$). Por tanto, nuestros resultados están más en concordancia con los de Scott y colaboradores¹³⁰ que con los de Houghton y Dickson¹²⁸, a pesar de que la diferencia entre los valores medios del grupo control y de los grupos patológicos es menor en el presente trabajo que en el de estos últimos autores.

El ángulo formado por el eje del I metatarsiano y la carilla articular distal de la 1ª cuña (ángulo OBL 1) sólo ha mostrado diferencia significativa entre el

grupo control y el HAV ($P = 0,033$). Pero, en contra de lo que se podría pensar, según los resultados de la medición de este ángulo, la 1ª articulación cuneometatarsal es más oblicua en pies normales que en pies con HAV. En nuestra opinión, este ángulo no reproduce de manera fidedigna la oblicuidad cuneometatarsal porque cuando varía la orientación de la carilla articular distal de la 1ª cuña, varía necesariamente la orientación del I metatarsiano, por lo que el ángulo tenderá a ser similar en articulaciones más oblicuas y en articulaciones menos oblicuas. En el trabajo de Saragas y Becker¹⁵⁴, el valor obtenido en el grupo de pies con HAV fue de $91,30^\circ$, y en el grupo control fue de $91,19^\circ$. Estos autores no encontraron diferencia significativa entre ambos grupos ($P = 0,925$).

Scranton Jr y Rutkowski²⁰³ utilizaron un ángulo formado por la superficie articular distal de la 1ª cuña y por el eje del II metatarsiano (ángulo OBL 2). Estos autores aportan valores de dicho ángulo para pies con degeneración de la articulación metatarsosésamoidea ($107,3^\circ \pm 6$) y en pies normales ($104,0^\circ \pm 3$), pero no realizan un análisis comparativo entre los dos grupos. En nuestro estudio obtenemos un valor de $101,89^\circ \pm 4,87$ para el grupo control, $101,55^\circ \pm 3,96$ para el grupo HAV, y $100,36^\circ \pm 4,63$ para el grupo HL. La única diferencia significativa se da entre los grupos control y HL ($P = 0,025$), siendo la 1ª articulación cuneometatarsal más oblicua de nuevo en el grupo control. Pensamos que el inconveniente que presenta este ángulo es que está influenciado por la orientación del antepié. Un antepié con tendencia a la adducción en el plano transversal ocasionará que el valor de este ángulo sea similar al de un pie normal, aunque exista oblicuidad cuneometatarsal.

El ángulo que forman la cara lateral de la 1ª cuña y la superficie articular distal de la misma, muestra la oblicuidad de esta carilla articular sin la influencia de la orientación del I metatarsiano ni del antepié. El principal problema que plantea esta técnica, en nuestra opinión, es la localización de los puntos que forman la línea tangente a la cara lateral de la cuña, debido a su superposición con la 2ª cuña en las radiografías dorsoplantares. De hecho, en este estudio es la variable con el coeficiente de correlación intraclase más bajo. No obstante, al

comparar el valor de este ángulo entre los tres grupos, se ha obtenido diferencia significativa entre el grupo control y el grupo HAV solamente ($P = 0,034$).

El ángulo que proponemos, el formado por el eje longitudinal del tarso menor y la carilla articular distal de la 1ª cuña, es el único que ha mostrado al grupo HAV diferente de los otros dos grupos a la vez ($P = 0,046$ respecto al grupo control, y $P = 0,008$ respecto al grupo HL).

La oblicuidad cuneometatarsal en el HAV puede ser el resultado de una adaptación ósea a las fuerzas retrógradas que el I metatarsiano desviado medialmente imprime sobre la 1ª cuña. Así lo afirman Haines y McDougall¹³, quienes apuntan que no hay evidencias convincentes sobre el hecho de que dicha oblicuidad pueda ser causa o consecuencia del HAV. En concordancia con estos autores, pensamos que las diferencias que hemos encontrado en la oblicuidad cuneometatarsal pueden deberse a cambios adaptativos de esta articulación a las fuerzas a las que se ve sometida. Algo que hemos observado clínicamente en múltiples casos es que la oblicuidad de esta articulación aumenta a medida que progresa la deformidad de HAV (figura 29). La desviación lateral del 1º dedo favorece la desviación medial del I metatarsiano. Esto hace que la articulación cuneometatarsal reciba más presión en su zona medial que en la lateral, ocasionando así la oblicuidad articular a la que nos referimos.

Además, debemos tener en cuenta que la mayoría de los estudios dirigidos a esclarecer esta cuestión están basados en radiografías, por lo que aún no hay evidencias de que la oblicuidad cuneometatarsal pueda estar relacionada con el desarrollo de HAV, por la dudosa fiabilidad que supone clasificar la forma de esta articulación mediante la imagen radiográfica que proporciona. En nuestra opinión, sería necesario estudiar longitudinalmente la orientación de esta articulación en pacientes con HAV, haciendo un seguimiento de la evolución de la deformidad en los mismos pacientes a lo largo del tiempo. Aunque esto se hiciera mediante radiografías, si se sigue siempre el mismo protocolo radiológico, se podría observar si la oblicuidad de la 1ª articulación

cuneometatarsal aumenta conjuntamente con la desviación medial del I metatarsiano y con la desviación lateral del 1º dedo.



Figura 29. A.- radiografía del pie de una paciente, con HAV leve (ángulo HAV = 19°; ángulo I-II = 8°; ángulo OBL 3 = 107°; ángulo MPV = 17°). B.- radiografía del pie de la misma paciente, 8 años después (ángulo HAV = 24°; ángulo I-II = 10°; ángulo OBL 3 = 120°; ángulo MPV = 19°). Obsérvese cómo la oblicuidad de la 1ª articulación cuneometatarsal aumenta a medida que la deformidad progresa.

6.3. Sesamoideos

Existen varios estudios en los que se ha valorado la distancia entre los sesamoideos y el espacio articular de la 1ª AMTF. Ya en 1949, Harris y Beath¹³⁹ manifestaron que en la mayoría de los casos los sesamoideos se encontraban a una distancia de entre 12,5 y 16,5 mm del borde distal del I metatarsiano. Yoshioka y colaboradores¹¹, sin llegar a dar valores concretos, afirman que el

sesamoideo tibial se encuentra más cerca del espacio articular metatarsal que el sesamoideo peroneo. Prieskorn y colaboradores¹⁶² midieron la distancia que había entre el extremo distal de ambos sesamoideos hasta una línea tangente al borde distal del I metatarsiano, perpendicular a su eje longitudinal. Obtuvieron que la distancia correspondiente al sesamoideo tibial fue de $4,9 \pm 1,8$ mm, y la del lateral $7,6 \pm 1,9$ mm. Hetherington y colaboradores⁵⁷ evaluaron radiográficamente 30 sujetos sin patología en los pies y determinaron una distancia media del sesamoideo tibial al espacio articular de $5,7 \pm 2,3$ mm. Los datos obtenidos en nuestro estudio ($4,68$ mm \pm $1,94$ para el sesamoideo medial, y $6,14$ mm \pm $1,72$ para el sesamoideo lateral) se asemejan más a los de Prieskorn y colaboradores¹⁶², y a los de Hetherington y colaboradores⁵⁷, que a los de Yoshioka y colaboradores¹¹, coincidiendo con éstos últimos en lo referente a la mayor proximidad del sesamoideo medial que del sesamoideo lateral al espacio articular metatarsal.

Roukis y colaboradores¹⁴⁶, en un estudio sobre pies con HR obtuvieron que la distancia sesamoideo tibial - espacio articular era de $5,8 \pm 1,8$ mm, y la distancia sesamoideo peroneo - espacio articular era de $8,0 \pm 2,0$ mm. Estos autores llegaron a la conclusión de que parecía haber un ligero incremento de la migración proximal de los sesamoideos comparando los valores de su estudio con los valores normales obtenidos por Hetherington y colaboradores⁵⁷ y los de Prieskorn y colaboradores¹⁶². Según nuestro conocimiento, quizás sean Roukis y colaboradores¹⁴⁶ los únicos autores que han comparado los valores de dicha distancia obtenida a partir de pies con HR con aquellos obtenidos a partir de pies normales. Sin embargo, estos valores normales no han sido obtenidos por ellos mismos, sino por otros autores. Harris y Beath¹³⁹ dan valores normales mucho mayores a los aportados por Roukis y colaboradores¹⁴⁶, por lo que si se hace la comparación con estos datos no se podría llegar a la misma conclusión.

En nuestro trabajo esta distancia se ha calculado en relación con la longitud del I metatarsiano, ya que, por ejemplo, no tendría el mismo significado que un sesamoideo se localice a 10 mm del espacio articular en un metatarsiano que mida 70 mm que en uno que mida 60 mm. De forma que

dicha medida se expresa en porcentaje de la longitud del I metatarsiano. Al realizar la comparación entre los grupos control y HL no se ha encontrado diferencia significativa para la distancia de los sesamoideos al espacio articular (Grupo control: sesamoideo medial $7,11 \pm 3,01$; sesamoideo lateral $9,31 \pm 2,67$. Grupo HL: sesamoideo medial $6,72 \pm 2,73$; sesamoideo lateral $9,14 \pm 2,38$. $P=0,982$ para el sesamoideo medial y $P=1,000$ para el lateral). Por tanto, si como apunta Camasta⁶⁵, la posición excesivamente proximal de los sesamoideos refleja una retracción o espasmo del flexor corto del 1º dedo, no podríamos hablar de que exista tal retracción en la fase inicial del HL, y por consiguiente, no podríamos afirmar que ésta sea un factor causal del HL.

Sin embargo, no podemos asegurar que dicha retracción no se produzca en estadios más avanzados de la deformidad. El HL se caracteriza porque la falange proximal adopta una posición en flexión con respecto a la cabeza del I metatarsiano. Esta posición mantenida durante mucho tiempo puede llevar a una retracción de la musculatura flexora del 1º dedo que, al englobar en sus tendones a los sesamoideos, puede dar lugar a una posición más retrasada de lo normal de éstos. Al igual que ocurre con la oblicuidad cuneometatarsal en el HAV, creemos que para poder afirmar esto último sería necesario estudiar la distancia de los sesamoideos al espacio articular en pacientes con HL en fase inicial, haciendo seguimiento de la evolución de la deformidad en estos mismos pacientes, y observando si esta distancia aumenta o no con la progresión del HL.

En cambio, en el grupo HAV se ha observado que el sesamoideo lateral se localiza en una situación más proximal que en el grupo control y en el grupo HL ($P = 0,003$ y $P = 0,002$ respectivamente). Pensamos que este hecho podría estar relacionado con un desequilibrio en la musculatura intrínseca del primer segmento metatarso-digital. Si la musculatura que discurre lateral al eje vertical de esta articulación predomina sobre la musculatura que discurre medial a dicho eje, el sesamoideo lateral se desplazaría en dirección proximal-externa, ya que es esa dirección la que tiene la línea de tracción de dicha musculatura. Esta diferencia podría estar reflejando el inicio del desplazamiento lateral que

experimentan los sesamoideos en la patología de HAV, el cual es mayor cuanto más avanzada está la deformidad^{2,13,73,210}. El sesamoideo medial no ha mostrado diferencia entre el grupo HAV y el grupo control o el grupo HL ($P = 1,000$ y $P = 0,708$ respectivamente).

En cuanto al tamaño de los sesamoideos, son pocos los autores que conocemos que hayan contemplado la longitud de los mismos en sus estudios. Oloff y Schulhofer¹⁶³ afirman que el sesamoideo medial es más grande y el lateral más redondo. Yoshioka y colaboradores¹¹ están de acuerdo en que el sesamoideo medial es más grande que el lateral. Estos últimos encuentran que la longitud de ambos sesamoideos en pies normales, según su estudio, es de 10,6 mm la del medial, y 10,1 mm la del lateral. Aper y colaboradores²¹¹ sólo referencian la longitud del sesamoideo lateral, señalando que es de 13,61 mm. En nuestro estudio la longitud hallada de los sesamoideos en el grupo control ha sido de 11,47 mm \pm 1,56 para el sesamoideo medial (el 17,34% \pm 2,24 de la longitud del I metatarsiano), y de 11,10 mm \pm 1,44 para el sesamoideo lateral (el 16,75% \pm 1,71 de la longitud del I metatarsiano). Estos resultados muestran que el sesamoideo medial es ligeramente más largo que el lateral.

La asociación de sesamoideos excesivamente largos con la etiología del HL ya ha sido postulada con anterioridad^{65,67}. Durrant y Siepert⁶⁷ defienden que la excesiva longitud de los sesamoideos limita la capacidad de plantarflexión del I metatarsiano, lo cual limita la extensión metatarsofalángica. Hasta el momento no conocemos estudios que hayan comparado la longitud de los sesamoideos entre pies normales y pies con HAV o HL. Según nuestros resultados, tanto el sesamoideo medial ($P = 0,003$) como el lateral ($P < 0,0005$) son más largos en pies con HL que en pies normales.

La asociación entre la hipertrofia de los sesamoideos con estados avanzados de HL ha sido descrita en la literatura científica con anterioridad⁸¹. Este aumento de tamaño se ha atribuido a la excesiva tracción que ejerce el flexor corto retraído sobre estos huesos. En nuestro caso, si consideramos que el espasmo o retracción del flexor corto no se ha producido aún, porque, como

ya hemos comentado anteriormente, la distancia entre los sesamoideos y el espacio articular es normal, pensamos que la excesiva longitud de los sesamoideos sí podría relacionarse con la etiología del HL.

En el grupo HAV sólo ha resultado significativamente más grande con respecto al grupo control el sesamoideo medial ($P < 0,0005$). En la literatura científica no encontramos ninguna relación etiológica entre el tamaño de los sesamoideos y el HAV. En cambio, es ampliamente conocido el desplazamiento lateral que experimentan estos elementos óseos a medida que progresa la deformidad. Debido a este desplazamiento, la imagen de los sesamoideos proyectada en la placa radiográfica puede variar. Por ello, con los resultados del presente trabajo, no podemos asegurar que este hallazgo está en relación con la etiología del HAV, o por el contrario la diferencia observada se debe al cambio de posición del sesamoideo bajo la cabeza del I metatarsiano.

6.4. Forma de la cabeza del I metatarsiano

La asociación entre la forma redonda de la cabeza del I metatarsiano con la patología de HAV, y de la forma cuadrada o cuadrada con cresta central con la patología de HL, es defendida por multitud de autores^{59,60,77,87,88,102,109,142,153,156-159,161,203}. Los resultados de nuestro estudio están en concordancia con estos autores. La forma de la cabeza del I metatarsiano ha mostrado diferencias significativas cuando se han comparado los tres grupos entre sí ($P < 0,005$ en todos los casos). En el grupo HAV hay una mayor proporción de cabezas de forma redonda que en el grupo control, pero, sobre todo, esta proporción es mayor cuando se compara con el número de cabezas de forma redonda que hay en el grupo HL. Asimismo, en el grupo HL predominaron las cabezas de forma cuadrada y cuadrada con cresta central frente a la redonda o a la normal cuando se compara con el grupo control, pero, esencialmente, cuando se compara con el grupo HAV. En el grupo control observamos un número mayor de cabezas con forma normal; sin embargo, ninguno de los tres tipos restantes predominó especialmente sobre los otros.

De los tres tipos de forma de la cabeza del I metatarsiano descritos en la literatura científica, la cuadrada contribuye a dar estabilidad a la articulación impidiendo la desviación en abducción de la falange proximal, pero la cuadrada con prominencia central es aún más estable⁸⁶. Pensamos que cuando la cabeza del I metatarsiano es redonda, es menos estable que una cabeza más plana a la hora de resistir fuerzas abductoras, opinión en la que coincidimos con Brahm⁸⁹. De forma que una cabeza plana o cuadrada no permite la desviación lateral de la falange proximal en la articulación metatarsofalángica, y ante una disfunción biomecánica del pie, se produce un aumento de las fuerzas compresivas, lo que generará un HL. Por el contrario, la cabeza redonda sí permite la desviación lateral de la falange, lo cual hace que pueda evitar la compresión excesiva, pero sin embargo crea una desviación angular de la articulación.

6.5. Otras variables

El resto de las variables medidas que no se han comentado hasta el momento son aquellas a las que, en el ámbito científico actual, no se les atribuye papel etiológico en ninguna de las dos alteraciones que se estudian. Sin embargo, pensamos que podrían ayudar a confirmar algunos de los datos que se han venido trabajando a lo largo de los años, y también algunos de los hallazgos observados en esta investigación.

La extensión metatarsofalángica ha sido diferente entre los tres grupos con una significación de $P < 0,0005$ para todas las comparaciones. Resultados parecidos han sido obtenidos previamente en otros estudios utilizando métodos de medición similares^{59,76,212}. Al ser uno de los criterios de inclusión entre el grupo control y el grupo HL, era de esperar que la diferencia fuese significativa entre los mismos. En el grupo HAV la extensión metatarsofalángica media ha sido de $63,93^\circ \pm 12,06$, resultado similar al de otros estudios²¹². El rango de extensión metatarsofalángica en el HAV puede variar mucho en función del estadio en que se encuentre²¹⁰. Teniendo en cuenta que los individuos que han participado en nuestro trabajo tienen una media de edad que ronda los 23 años,

y que el grado de HAV que presentan es leve, no se han producido aún limitaciones importantes en la movilidad de esta articulación. Estos datos sugieren que, a pesar de la desviación del dedo con respecto al metatarsiano, la pérdida de movilidad supone un elemento agravante importante de la deformidad en estadios iniciales.

El ángulo I-II mide la desviación medial del I metatarsiano con respecto al II. Aunque tradicionalmente se ha atribuido un carácter etiológico a este factor en el desarrollo del HAV^{78,134,135}, investigaciones más recientes han demostrado que la desviación medial del I metatarsiano no juega un papel importante en la etiología del HAV^{100,131,136}. A pesar de que ha mostrado diferencia significativa cuando se comparan los tres grupos entre sí, los valores medios obtenidos en este estudio, en los tres grupos, se hallan dentro de la normalidad para la mayoría de los autores que ofrecen rangos de normalidad de dicho ángulo^{87,102,109,111,112,119,124,130,177,201,202,206}. A medida que el 1º dedo se desvía lateralmente, va aumentando la separación del I metatarsiano con respecto al II. Por ello, consideramos que es normal encontrar valores más altos en el ángulo I-II cuanto mayor es la desviación lateral del 1º dedo. Nos mostramos, por tanto, en concordancia con diversos estudios en los que se ha cuantificado dicho ángulo en pies con HAV de carácter más grave^{16,87,128,130,132,213,214}. En ellos se ha comprobado que en pacientes de mayor edad y con un nivel más avanzado de la deformidad, la diferencia del ángulo I-II entre el grupo control y el grupo de HAV es bastante mayor¹³⁶.

El ángulo HIF mide la desviación lateral de la falange distal del 1º dedo con respecto a la falange proximal. Varios autores han estudiado este parámetro en pies con HAV y pies con HL, y la conclusión siempre es la misma: la desviación lateral de la falange proximal con respecto al I metatarsiano y la desviación lateral de la falange distal con respecto a la proximal muestran una correlación inversa^{91,113,124,129,176,215}. Si la 1ª AMTF es estable en el plano transversal, las fuerzas retrógradas que tienden a desviar el 1º dedo (presión del calzado, acción muscular, por ejemplo) encontrarán más resistencia a la desviación lateral en la metatarsofalángica, por lo que dicha desviación se

producirá a nivel de la interfalángica, aumentando el ángulo HIF⁹¹. Sin embargo, si la metatarsofalángica es inestable en el plano transversal, dichas fuerzas tendrán ventaja mecánica para producir la desviación en esta articulación, en lugar de en la interfalángica²¹⁶. Los resultados de este estudio han mostrado valores similares para el ángulo HIF en los tres grupos, aunque el valor medio más alto de los tres es el del grupo HL. Según esto, pensamos que el hecho de que no haya existido diferencia significativa entre los tres grupos responde a que la desviación lateral de la falange distal se produce en estados más avanzados de la deformidad de HL. No obstante, la tendencia de nuestros datos es a corroborar la correlación inversa comentada anteriormente, ya que el valor más bajo lo ha presentado el grupo HAV, y el valor más alto, el grupo HL.

El ángulo MA mide la orientación del antepié en el plano transversal. Los autores que defienden la existencia de una asociación entre el antepié adductus y el HAV son varios^{87,114-120}, pero los estudios que hemos encontrado en los que se compara dicho ángulo entre pacientes con y sin HAV ó HL son pocos. Ferrari y Manone-Lee¹¹⁵ estudiaron este parámetro en pies con HAV y pies sin HAV, y encontraron diferencias significativas entre la prevalencia de metatarsus adductus en el grupo control y en el grupo de pies con HAV (19% y 55%, respectivamente; P = 0,002). Griffiths y Palladino¹¹⁶, y Banks y colaboradores¹³¹ no comparan un grupo control con un grupo con HAV, pero estudian la correlación existente entre el ángulo MA y el ángulo HAV, y encuentran que existe una correlación directa significativa entre estas dos medidas. No encuentran esa relación Kilmartin y colaboradores¹²¹, Coughlin y Shurnas¹²³, o Munuera y colaboradores¹²². Tampoco observaron dicha relación Bryant y colaboradores¹²⁴, quienes en un estudio en el que compararon diversas medidas radiológicas (entre ellas el ángulo MA) en pies normales, pies con HAV y pies con HL, no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los tres grupos. Por otro lado, Coughlin y Shurnas⁹¹, detectaron mayor incidencia de metatarsus adductus en una serie de pacientes con HR, que en la población general. Estos autores sostienen la hipótesis de que una inclinación medial del antepié en el plano transversal podría posiblemente aumentar la presión sobre la parte medial de la 1ª AMTF, aumentando el riesgo

de estos pacientes a desarrollar HR. Los resultados de nuestro estudio muestran diferencia significativa entre el grupo control y el grupo HAV ($P < 0,0005$), pero no entre el grupo HAV y el grupo HL ($P = 0,094$). Por lo tanto, podríamos decir que un ligero aumento del ángulo MA es un elemento que puede facilitar el desarrollo de HAV junto con otros factores. Sin embargo, no podemos afirmar que sea un factor que discrimine entre las dos patologías, puesto que la diferencia entre los dos grupos patológicos no ha sido significativa.

Existen dos variables que se utilizan con bastante frecuencia en la valoración clínica del HAV, y que no han sido contempladas en este trabajo. Son los ángulos PASA y DASA, que cuantifican la desviación de la superficie articular proximal y la distal de la 1ªAMTF, respectivamente. Uno de los motivos por los que no los hemos incluido es que, desde el momento en que se necesita delimitar el área de cartílago articular efectiva para trazarlos, estos ángulos se vuelven medidas poco fiables^{109,217,218}, ya que en una radiografía no se visualiza el cartílago hialino de las articulaciones. Otro motivo deriva del acuerdo existente en la comunidad científica a cerca de que la desviación de las superficies de la metatarsofalángica es una consecuencia del desarrollo de la deformidad de HAV^{2,73}.

6.6. Factores que intervienen en el mecanismo de producción del HAV

Según los resultados de este estudio, podemos corroborar el aspecto multifactorial del origen de esta deformidad. No existe un único factor morfológico que influya en la instauración de esta patología, sino que son varios los que interactúan, no sólo entre ellos, sino también con otros factores externos. El papel que juega el calzado, por ejemplo, sería motivo de otra investigación. Aunque existe controversia sobre la importancia del calzado en la etiología del HAV, lo que sí está claro es que, cuando menos, es un factor a tener en cuenta desde el momento en que el pie humano en los países desarrollados funciona dentro de un zapato la mayor parte del día, ya que en

poblaciones que habitualmente van descalzas, la prevalencia de HAV es menor^{219,220}.

En el Capítulo 2 se ha explicado cómo la insuficiencia del primer radio, que a su vez puede estar producida por varias causas, inicia las deformidades de HAV y HL. De estas dos deformidades, en la que hemos observado una mayor protusión del I metatarsiano, una mayor longitud del I metatarsiano, y una mayor longitud de la falange proximal del 1º dedo, ha sido en el HAV. Este exceso de longitud del primer segmento metatarso-digital ha de compensarse de algún modo. Si la palanca constituida por el I metatarsiano y el 1º dedo resulta excesivamente larga, una forma de acortarla funcionalmente es produciendo desviaciones segmentarias en el plano transversal. Pensamos que se trata de un mecanismo similar al comportamiento de las extremidades inferiores cuando existe diferencia de longitud entre las dos extremidades del mismo individuo. Generalmente, durante la exploración clínica de un paciente con diferencia de longitud de los miembros inferiores, no es infrecuente observar que la extremidad más larga adopta compensaciones como genu valgo, genu flexum, valgo de retropié o aplanamiento del arco plantar^{1,221-223}. De esta manera se reduce el desnivel que la disimetría causaría en la pelvis, y las consecuencias que ello desarrollaría en el sistema músculo-esquelético a nivel pélvico, lumbar, dorsal y cervical. Desgraciadamente, estas compensaciones que solucionan problemas a nivel proximal, producen otros a niveles más distales, consecuencia de las posiciones adoptadas por la extremidad inferior en esta compensación.

Las desviaciones segmentarias que deben producirse a nivel del primer radio y 1º dedo para compensar el exceso de longitud, necesitan de articulaciones que permitan movimiento en el plano transversal que actúen a modo de bisagras. Cuando el exceso de longitud se combina con una forma redondeada de la cabeza del I metatarsiano, la desviación se produce a nivel de la articulación metatarsofalángica. La excesiva protusión del I metatarsiano y el 1º dedo se reduce con abducción del 1º dedo y adducción del I metatarsiano¹¹³. Heden y Sorto¹²⁹ aseguran que en presencia de inestabilidad de la 1ª AMTF en

el plano transversal, la presión que ejerce el zapato lateralmente sobre un 1º dedo más largo de lo normal favorecerá el aumento del ángulo HAV. El nivel articular en el que primero se produzca la desviación será en aquella articulación donde se permita mayor cantidad de movimiento en el plano transversal, es decir, en la metatarsofalángica. El dedo se mueve en abducción porque en condiciones normales ya se encuentra ligeramente en esta posición¹⁰⁰. Además, como hemos visto en los resultados de las mediciones de este estudio, la posición fisiológica del antepié es una posición ligeramente adducida, al igual que la del I metatarsiano, y la orientación fisiológica de la 1ª articulación cuneometatarsal es ligeramente oblicua en sentido medial.

La desviación del dedo en abducción genera fuerzas retrógradas que desvían al I metatarsiano en adducción^{94,224}. A mayor desviación lateral del 1º dedo, mayor será la desviación medial del I metatarsiano¹²⁹. Una adducción del antepié mayor a la normal, o una oblicuidad cuneometatarsal mayor a la normal, son factores que facilitarían la acomodación del exceso de longitud del primer segmento metatarso-digital, y que por tanto facilitarían el desarrollo de HAV. Sin embargo, en nuestra opinión, no son los principales factores etiológicos del HAV ya que, aunque han mostrado diferencias estadísticamente significativas con respecto a los pies normales, las diferencias clínicamente más significativas se han observado en la longitud del primer segmento metatarso-digital.

Se deriva de los resultados de este trabajo que el exceso de longitud del I metatarsiano, junto con el aumento de su protusión con respecto al II, la longitud excesiva del 1º dedo, y la forma redondeada de la cabeza del I metatarsiano, son los principales factores morfológicos que determinan la instauración de la deformidad de HAV en presencia de insuficiencia del primer radio. Corroboramos, por tanto, aquellas teorías que han relacionado a lo largo de los años el aumento de longitud del primer segmento metatarso-digital y la forma redonda de la cabeza del I metatarsiano, con el HAV. Esto nos lleva a desestimar, por el momento, el papel etiológico del resto de variables contempladas, aunque, como ya hemos comentado con anterioridad, sería

necesario estudiar algunas de estas variables de forma distinta a como se ha hecho en el presente trabajo.

6.7. Factores que intervienen en el mecanismo de producción del HL

Según nuestros resultados, en el caso de la deformidad de HL encontramos que el I metatarsiano muestra tendencia a ser ligeramente más largo de lo normal, pero esta diferencia no es significativa. Sin embargo, la protusión del I metatarsiano con respecto al II y la excesiva longitud de la falange proximal del 1º dedo, hacen que el primer segmento metatarso-digital funcione como una palanca muy larga.

En la literatura científica se encuentran diversas referencias de autores que relacionan el aumento de la carga que soportaría un I metatarsiano largo con la producción de HL^{2,50,69,77-80,225}. No hay que olvidar que el factor biomecánico que conduce al desencadenamiento de esta deformidad es la insuficiencia del primer radio. Por tanto, no parece lógico atribuir un exceso de carga al I metatarsiano si es insuficiente, aunque su longitud o su protusión sean mayores de lo normal. Un primer radio insuficiente, ante el aumento de carga bajo la cabeza del I metatarsiano se elevará por encima del plano del resto de los metatarsianos^{103,226}, por lo que difícilmente se sobrecargará.

El problema se origina a partir de la presencia de un primer segmento metatarso-digital de mayor longitud de la habitual que no puede compensarse mediante desviaciones segmentarias. Los resultados demuestran que en el HL la protusión del I metatarsiano es mayor que en los pies normales. Para que la extensión del 1º dedo se produzca de manera adecuada, debe existir cierta diferencia entre la protusión del II metatarsiano con respecto al I, para que mientras que el II metatarsiano está cargando peso, el I pueda plantarflexionarse y producir la traslación del eje de giro de la articulación en dirección posterior^{2,146}. Un I metatarsiano largo con respecto al II no se plantarflexionará en la fase propulsiva de la marcha, el eje de giro metatarsofalángico no migrará posteriormente, y el 1º dedo no se extenderá en

su totalidad⁸¹. Además, también hemos visto que tanto el sesamoideo lateral como el medial han presentado una longitud mayor de lo normal en los pies con HL, a lo cual se le atribuye una acción inhibidora de la plantarflexión del primer radio⁶⁷.

A su vez, la falange proximal del 1º dedo ha resultado ser de un tamaño mayor de lo normal. Esto, junto con la mayor protusión del I metatarsiano con respecto al II, hacen que la palanca del primer segmento metatarso-digital sea muy larga. Nuestros resultados también demuestran que el tipo de cabeza del I metatarsiano que predomina en estos pies es la más estable, es decir, cuadrada o cuadrada con cresta central. En el caso de la deformidad de HAV, este exceso de longitud se compensa a nivel metatarsofalángico desviando el dedo lateralmente, porque la forma de la cabeza del metatarsiano hace que la articulación permita un mayor movimiento en el plano transversal. Sin embargo, pensamos que ante una articulación metatarsofalángica muy estable en el plano transversal, el impedimento de compensar el exceso de longitud causa excesiva compresión en la articulación, de ahí la disminución del espacio interarticular que se observa en estos casos⁷⁹. En los casos más severos pueden verse involucradas en este proceso degenerativo también la articulación interfalángica y la 1ª articulación cuneometatarsal⁸¹.

Al aumento de la compresión articular metatarsofalángica contribuye también la acción de la musculatura intrínseca del 1º dedo, que se encuentra especialmente activa en la fase de despegue^{44,68}. Cuando el primer radio es inestable en la fase propulsiva, la excesiva acción de la musculatura intrínseca del 1º dedo desarrollará una desviación en abducción del mismo, si la articulación metatarsofalángica lo permite. Si esta desviación no se puede producir, el resultado de la actividad de la musculatura intrínseca será una actitud en flexión de la falange proximal y un aumento de la compresión en la articulación metatarsofalángica⁸¹. Esta situación se va instaurando con el tiempo, y la 1ª AMTF cada vez pierde más capacidad de movimiento. De modo que una forma de compensar el exceso de longitud en el primer segmento

metatarso-digital es desviando lateralmente la falange distal⁹¹, ya que es un segmento que gana movilidad a medida que se pierde en la 1ª AMTF^{19,227}.

Teniendo en cuenta los resultados del estudio, y lo anteriormente expuesto, creemos que el exceso de longitud del I metatarsiano con respecto al II y el excesivo tamaño de la falange proximal del 1º dedo, junto con la forma estable de la cabeza del I metatarsiano, son los principales factores morfológicos que determinan la instauración de la deformidad de HL en presencia de insuficiencia del primer radio. Concordamos, por tanto, con aquellos autores que han defendido, a lo largo de los años, que el excesivo tamaño del primer segmento metatarso-digital y la forma cuadrada de la cabeza del I metatarsiano podrían tener relación con el inicio de esta patología. Esto nos lleva a desestimar el resto de variables contempladas como factores causales de esta patología. No obstante, para confirmar esta teoría con mayor rotundidad, consideramos necesario estudiar algunas de esas variables, como por ejemplo las relacionadas con los sesamoideos, mediante otro tipo de investigaciones.

6.8. Limitaciones del estudio

En términos generales, podríamos considerar limitaciones de esta investigación las siguientes:

- La utilización de imágenes en dos dimensiones para valorar elementos tridimensionales. Hemos intentado disminuir en lo posible el riesgo de errores relacionados con este aspecto siguiendo un protocolo radiológico estandarizado y riguroso. En otras investigaciones ya se ha demostrado que, siempre que las radiografías se realicen con el mismo protocolo, las diferencias con la realidad pueden llegar a no ser significativas, al menos en cuanto al primer segmento metatarso-digital¹⁴⁸.
- La no inclusión de radiografías laterales. Como ya hemos comentado en el apartado 4.8 del Capítulo 4, existen estudios que han comparado

ciertos parámetros radiológicos referentes al primer segmento metatarso-digital en radiografías laterales, entre pies normales y pies con HAV o HL, y no han obtenido datos relevantes^{105,106,124}. Además, al utilizar sólo una proyección, disminuimos la exposición a la radiación de los sujetos de la muestra. No obstante, queda abierta la posibilidad de incluir el estudio de otras variables en radiografías laterales para futuras investigaciones relacionadas con estas patologías.

- El carácter transversal del estudio. Es posible que el seguimiento de la evolución del HAV o el HL a lo largo del tiempo, desde sus fases iniciales, contribuyera a aclarar más aún algunas dudas que se pueden derivar de este trabajo, en cuanto al comportamiento de determinadas variables. La oblicuidad cuneometatarsal, la longitud de los sesamoideos, y la distancia entre los sesamoideos y el espacio articular, son ejemplos de variables que pueden ser candidatas a este tipo de investigaciones.
- La omisión de otros factores etiológicos del HAV y del HL. Otros factores que pueden tener relación con el desarrollo de estas alteraciones y que no han sido objetivo de este estudio son, por ejemplo, el embarazo, el calzado habitual, la actividad deportiva, los traumatismos, las enfermedades sistémicas, la actividad laboral o el factor hereditario. Cada uno de ellos, de forma independiente o interrelacionados entre sí, podría ser motivo de futuros estudios. No hay que olvidar que estas dos patologías son de origen multifactorial. Por ello, consideramos oportuno resaltar que los factores estudiados en el presente trabajo, aunque parece ser que contribuyen de manera importante al desarrollo de estas patologías, no son los únicos que determinen el origen de las mismas.

7. CONCLUSIONES

7. CONCLUSIONES

Según los resultados de este trabajo, el principal factor morfológico que influye en el origen del HAV y del HL es el tamaño del primer segmento metatarso-digital, tanto el tamaño absoluto, como la protusión del I metatarsiano relativa al segundo.

El principal factor morfológico que determina cuál de estas dos patologías se desarrollará es la forma de la cabeza del I metatarsiano. Si es redonda, la 1ª AMTF permitirá más movimiento en el plano transversal, por lo que el exceso de longitud se compensará con desviación a ese nivel articular principalmente: el dedo se desvía en abducción y el metatarsiano en adducción. Si es cuadrada o cuadrada con cresta central, la 1ª AMTF será más estable en el plano transversal, es decir, no permite la desviación en abducción de la falange proximal, y por consiguiente, no se produce la desviación en adducción del I metatarsiano. Esto hace que se reduzca el espacio articular, que tanto la cabeza del metatarsiano como la base de la falange proximal vayan ensanchándose, y que comiencen a producirse cambios degenerativos en la articulación.

Además del tamaño del primer segmento metatarso-digital y la forma de la cabeza del I metatarsiano, existen factores que pueden favorecer la instauración de HAV, como por ejemplo, un ligero aumento de la adducción del antepié, o una articulación cuneometatarsal más oblicua de lo habitual. Al igual que existen factores que pueden favorecer la instauración de HL, como por ejemplo, un ligero aumento de longitud de los sesamoideos. No obstante, consideramos que para poder afirmar estas teorías con mayor rigor, sería necesario abrir nuevas líneas de investigación que contemplen la evolución de estos factores en el tiempo, relacionándolos con la progresión de la deformidad.

La contribución de los factores morfológicos debe entenderse como parte importante de los elementos etiológicos que influyen en el desarrollo del HAV y el HL. Pero no hay que olvidar que estas dos patologías tienen una etiología multifactorial, y que por tanto también intervienen en su instauración otros factores que no han sido incluidos en este estudio, y que deberán ser motivo de futuras investigaciones, como son, el componente biomecánico, el factor socio-ambiental, o el factor hereditario entre otros.

El programa AutoCAD® ha sido el instrumento utilizado para la realización de las mediciones en este estudio. Según los resultados del coeficiente de correlación intraclase, la fiabilidad y reproducibilidad de las medidas utilizando este programa son totalmente válidas. Por tanto, hemos encontrado que el manejo de este software es una herramienta válida y fiable para la medición en radiografías de algunos de los parámetros que normalmente se utilizan en la práctica clínica para la evaluación del HAV y el HL. Asimismo, consideramos que el uso de este programa ha constituido un elemento innovador en la investigación en Podología, y pensamos que se presenta como un recurso útil y de fácil manejo para futuros estudios.

Con este estudio aportamos a la comunidad científica los valores normales de los parámetros radiográficos estudiados, que hemos hallado en una muestra de 177 pies normales, con edades comprendidas en la tercera década de la vida. Asimismo, contribuimos a esclarecer qué factores morfológicos están en relación con la etiología del HAV y del HL, y cuál de ellos es el que determina que sea una u otra patología la que se instaure en el pie, teniendo en cuenta que ambas comparten una etiología común que es una disfunción biomecánica en el pie.

Estos hallazgos ayudarán a pronosticar el tipo de patología que se podría presentar en un futuro en el primer segmento metatarso-digital, en aquellos pacientes con unas características patomecánicas concretas, o que, por el motivo que sea, reúnan las condiciones propicias para desarrollar patología a este nivel.

8. RESUMEN

8. RESUMEN

En una muestra de 373 pies de 208 individuos, 118 hombres y 90 mujeres, de edades comprendidas en la tercera década de la vida, se han estudiado una serie de factores morfológicos del primer segmento metatarso-digital relacionados con las patologías de hallux abductus valgus (HAV) y hallux limitus (HL). Los objetivos del trabajo han sido estudiar cuáles de estos factores influyen en la etiología de estas dos deformidades, y comprobar si existe algún factor morfológico que determine la instauración de una u otra patología. Para ello se han formado tres grupos: pies normales, pies con HAV y pies con HL. En los dos grupos de pies patológicos se han incluido únicamente aquellos casos de HAV o HL que estuvieran en fase inicial. Estos factores se han estudiado en radiografías dorsoplantares en carga, sobre las que se han efectuado una serie de mediciones lineales y angulares mediante la utilización del programa AutoCAD®. Los resultados han desvelado diferencias significativas de diversas variables lineales y angulares entre los tres grupos. Las diferencias más importantes se han dado en aquellas variables que expresan tamaño del primer segmento metatarso-digital, entre los dos grupos patológicos y el grupo control. La forma de la cabeza del primer metatarsiano ha mostrado diferencias significativas entre los tres grupos entre sí. Todo ello pone de manifiesto que en la aparición de estas dos patologías influye el tamaño del primer metatarsiano y del primer dedo, y que la forma de la cabeza del primer metatarsiano es el factor morfológico que determina cuál de ellas se desarrollará en la primera articulación metatarsofalángica. Finalmente se propone una teoría a cerca de la aparición de HAV y de HL en función de los resultados de este trabajo, teniendo en cuenta que estas alteraciones tienen una etiología multifactorial, y que hay factores cuyo análisis no ha sido objeto de esta tesis.

9. BIBLIOGRAFÍA

9. BIBLIOGRAFÍA

1. **Michaud TC.** *Foot Orthoses and Others Forms of Conservative Foot Care.* Massachusetts: Williams and Wilkins; 1996. p. 27-56.
2. **Root ML, Orien WP, Weed JH.** *Normal and abnormal function of the foot, vol 2.* Los Angeles: Clinical Biomechanics Corp; 1977.
3. **Wernick J, Volpe RG.** Lower extremity function and normal mechanics. En: **Valmassy RL.** *Clinical Biomechanics of the Lower Extremities.* Missouri: Mosby; 1996. p. 8-23.
4. **Soames RW.** Sistema Esquelético. En: **Williams PL, Bannister LH, Berry MM, Collins P, Dyson M, Dussek JE, Ferguson MWJ.** *Anatomía de Gray, tomo I, 38ª edición.* Madrid: Ediciones Harcourt; 1998. p. 425-736.
5. **Brenner E.** *Insertion of the Tendon of the Tibialis Anterior Muscle in Feet with and without Hallux Valgus.* Clin Anat 2002; 15: 217-223.
6. **Ebisui JM.** *The First Ray Axis and the First Metatarsophalangeal Joint. An Anatomical and Pathomechanical Study.* J Am Podiatr Assoc 1968; 58(4): 160-168.
7. **Samojla BG.** Normal Anatomy of the Forefoot. En: **Hetherington VJ. (editor).** *Hallux Valgus and Forefoot Surgery.* New York: Churchill Livingstone; 1994. p. 7-38.
8. **Sarrafian SK.** *Anatomy of the Foot and Ankle: Descriptive, Topographic, Functional. 2ª edición.* Philadelphia: J.B. Lippincott Company; 1993.
9. **Le Minor JM, Winter M.** *The Intermetatarsal Articular Facet of the First Metatarsal Bone in Humans: a Derived Trait Unique within Primates.* Ann Anat 2003; 185: 359-365.

10. **Novick A.** Anatomía y Biomecánica. En: **Hunt GC.** *Fisioterapia del Pie y del Tobillo.* Barcelona: Editorial Jims; 1990. p. 1-42.
11. **Yoshioka Y, Siu DW, Cooke DV, Bryant JT, Wyss U.** *Geometry of the First Metatarsophalangeal Joint.* J Orthop Res 1988; 6(6): 878-885.
12. **Latarjet M, Ruiz Liard A.** *Anatomía Humana, vol I, 3ª edición.* Madrid: Editorial Médica Panamericana; 1997. p. 729-958.
13. **Haines RW, McDougall A.** *The Anatomy of Hallux Valgus.* J Bone Joint Surg 1954; 36B(2): 272-293.
14. **Dykyj D, Ateshian GA, Trepal MJ, MacDonald LR.** *Articular Geometry of the Medial Tarsometatarsal Joint in the Foot: Comparison of Metatarsus Primus Adductus and Metatarsus Primus Rectus.* J Foot Ankle Surg 2001; 40(6): 357-365.
15. **Hyer CF, Philbin TM, Berlet GC, Lee TH.** *The Obliquity of the First Metatarsal Base.* Foot Ankle Int 2004; 25(10): 728-732.
16. **Tanaka Y, Takakura Y, Kumai T, Samoto N, Tamai S.** *Radiographic Analysis of Hallux Valgus. A Two-Dimensional Coordinate System.* J Bone Joint Surg 1995; 77A(2): 205-213.
17. **Mizel MS.** *The Role of the Planter First Metatarsal First Cuneiform Ligament in Weightbearing on the First Metatarsal.* Foot Ankle 1993; 14(2): 82-84.
18. **Glasoe WM, Yack HL, Saltzman CL.** *Anatomy and Biomechanics of the First Ray.* Phys Ther 1999; 79(9): 854-859.

-
19. **Phillips RD, Law EA, Ward ED.** *Funcional Motion of the Medial Column Joints of the Foot during Propulsion.* J Am Podiatr Med Assoc 1996; 86(10): 474-486.
 20. **Rosenbaum de Britto S.** *The First Metatarso-Sesamoid Joint.* Int Orthop 1982; 6: 61-67.
 21. **Viladot A.** *Patología del Antepié, 4ª edición.* Barcelona: Ediciones Springer; 2001. p. 1-26.
 22. **Hicks JH.** *The Mechanics of the Foot. Part II: The Plantar Aponeurosis and the Arch.* J Anat 1954; 88: 25-31.
 23. **Jahss MH.** *The Sesamoids of the Hallux.* Clin Orthop 1981; 157: 88-97.
 24. **Bojsen-Möller F, Lamoreux L.** *Significance of Free Dorsiflexion of the Toes in Walking.* Acta Orthop Scand 1979; 50: 471-479.
 25. **Salmons S.** Músculo. En: **Williams PL, Bannister LH, Berry MM, Collins P, Dyson M, Dussek JE, Ferguson MWJ.** *Anatomía de Gray, tomo I, 38ª edición.* Madrid: Ediciones Harcourt; 1998. p. 737-900.
 26. **Bojsen-Möller F, Flagstad KE.** *Plantar Aponeurosis and Internal Architecture of the Ball of the Foot.* J Anat 1976; 121(3): 599-611.
 27. **Boissonnault W, Donatelli R.** *The Influence of Hallux Extension on the Foot during Ambulation.* J Orthop Sports Phys Ther 1984; 5(5): 240-242.
 28. **Hicks JH.** *The Mechanics of the Foot. Part I: The Joints.* J Anat 1953; 87: 345-357.
 29. **Peterson F, Kendall E, Geise P.** *Kendall's. Músculos: pruebas, funciones y dolor postural, 4ª edición.* Madrid: Marban Libros; 2000. p. 177-234.

-
30. **Sarrafian SK, Topouzian LK.** *Anatomy and Physiology of the Extensor Apparatus of the Toes.* J Bone Joint Surg 1969; 51A(4): 669-679.
 31. **Tate R, Pachnik RL.** *The Accessory Tendon of Extensor Hallucis Longus: Its Occurrence and Function.* J Am Podiatr Assoc 1976; 66(12): 899-907.
 32. **Bibbo C, Arangio G, Patel DV.** *The Accessory Extensor Tendon of the First Metatarsophalangeal Joint.* Foot Ankle Int 2004; 25(6): 387-390.
 33. **Clarke H, Kitaoka H, Ehman R.** *Peroneal Tendon Injuries.* Foot Ankle Int 1998; 19(5): 280-288.
 34. **Johnson CH, Christensen JC.** *Biomechanics of the First Ray: Part I. The Effects of the Peroneus Longus Function: a Three-dimensional Kinematic Study on a Cadaver Model.* J Foot Ankle Surg 1999; 38(5): 313-321.
 35. **Arakawa T, Tokita K, Miki A, Terashima T.** *Anatomical Study of Human Adductor Hallucis Muscle With Respect to Its Origin and Insertion.* Ann Anat 2003; 185: 585-592.
 36. **Munuera PV, Domínguez G, Palomo IC, Gordillo LM.** *Rango de Movimiento de la Primera Articulación Metatarsofalángica.* Rev Esp Podol 2004; 15(1): 14-20.
 37. **Roukis TS, Landsman AS.** *Hypermobility of the First Ray: A Critical Review of the Literature.* J Foot Ankle Surg 2003; 42(6): 377-390.
 38. **Root ML, Orien WP, Weed JH, Hughes RJ.** *Biomechanical Examination of the Foot, vol 1.* Los Angeles: Clinical Biomechanics Corp; 1971.
 39. **Kelso SF, Richie Jr DH, Cohen IR, Weed JH, Root M.** *Direction and Range of Motion of the First Ray.* J Am Podiatr Assoc 1982; 72(12): 600-605.

40. **Ouzounian T, Shereff M.** *In Vitro Determination of Midfoot Motion.* Foot Ankle 1989; 10(3): 140-146.
41. **Wanivenhaus A, Pretterklieber M.** *First Tarsometatarsal Joint: Anatomical Biomechanical Study.* Foot Ankle 1989; 9(4): 153-157.
42. **Fritz GR, Prieskorn D.** *First Metatarsocuneiform Motion: A Radiographic and Statistical Analysis.* Foot Ankle Int 1995; 16(3): 117-123.
43. **Louwerens JW, van Linge B, de Klerk LW, Mulder PG, Snijders C.** *Peroneus Longus and Tibialis Anterior Muscle Activity in the Stance Phase.* Acta Orthop Scand 1995; 66(6): 517-523.
44. **Mann R, Inman V.** *Phasic Activity of Intrinsic Muscles of the Foot.* J Bone Joint Surg 1964; 46A(3): 469-481.
45. **Mann RA, Hagy JL.** *The Function of the Toes in Walking, Jogging and Running.* Clin Orthop 1979 ; (142) : 24-29.
46. **Phillips RD, Phillips RL.** *Quantitative Analysis of the Locking Position of the Midtarsal Joint.* J Am Podiatr Assoc 1983; 73(10): 518-522.
47. **Seibel MO.** *Función del Pie. Texto programado.* Madrid: Ortocen Editores; 1994.
48. **Perry J.** *Gait Analysis: Normal and Pathologic Function.* Thorofare: Slack Inc; 1992.
49. **Manter JT.** *Movements of the Subtalar and Transverse Tarsal Joints.* Anat Rec 1941; 80: 397-410.

-
50. **Rueda M.** *Podología. Desequilibrios del pie.* Barcelona: Editorial Paidotribo; 2004.
51. **Cavanagh PR, Rodgers MM, Liboshi A.** *Pressure Distribuion under Symptom-Free Feet durin Barefoot Standing.* Foot Ankle 1987, 7(5): 262-276.
52. **Munuera PV, Domínguez G, Palomo IC, Martínez L, Castillo JM.** *Patomecánica y tratamiento de la insuficiencia del músculo peroneo largo.* Rev Esp Podol 2001; 12(4): 248-255.
53. **Buell T, Green DR, Risser J.** *Measurement of the First Metatarsophalangeal Joint Range of Motion.* J Am Podiatr Med Assoc 1988; 78(9): 439-448.
54. **Dananberg HJ.** *Gait Style as an Etiology to Chronic Postural Pain. Part I. Functional Hallux Limitus.* J Am Podiatr Med Assoc 1993; 83(8): 433-441.
55. **Gerbert J.** Hallux Limitus/Rigidus. En: **Gerbert J.** *Textbook of Bunion Surgery, 2ª edición.* New York: Futura Publishing Company; 1991. p. 455-459.
56. **Grady JF, Axe TM, Zager EJ, Sheldon LA.** *A Retrospective Analysis of 772 Patients with Hallux Limitus.* J Am Podiatr Med Assoc 2002; 92(2): 102-108.
57. **Hetherington VJ, Carnelt J, Patterson B.** *Motion of the First Metatarsophalangeal Joint.* J Foot Surg 1989; 28(1): 13-19.
58. **Hopson MM, McPoil TG, Cornwall MW.** *Motion of the Metatarsophalangeal Joint: Reliability and Validity of Four Measurement Techniques.* J Am Podiatr Med Assoc 1995; 85(4): 198-204.
59. **Joseph J.** *Range of movement of the great toe in men.* J Bone Joint Surg 1954; 36B(3): 450-457.
-

60. **Lichniak JE.** *Hallux Limitus in the Athlete.* Clin Podiatr Med Surg 1997; 14(3): 407-427.
61. **Payne C, Chuter V, Miller K.** *Sensitivity and Specificity of the Functional Hallux Limitus Test to Predict Foot Function.* J Am Podiatr Med Assoc 2002; 92(5): 269-271.
62. **Dananberg HJ.** *Sagittal Plane Biomechanics.* J Am Podiatr Med Assoc 2000; 90(1): 47-50.
63. **Davies-Colley M.** *Contraction of the Metatarso-Phalangeal Joint of the Great Toe.* Br Med J 1887; 1: 728.
64. **Cotterill JM.** *Stiffness of the Great Toe in Adolescents.* Br Med J 1888; 1: 1158-1162.
65. **Camasta CA.** *Hallux Limitus and Hallux Rigidus. Clinical Examination, Radiographic Findings, and Natural History.* Clin Podiatr Med Surg 1996; 13(3): 423-448.
66. **Stuck RM, Moore JW, Patwardhan AG, Sartori M.** *Forces under the hallux rigidus foot with surgical and orthotic intervention.* J Am Podiatr Med Assoc 1988; 78(9): 465-468.
67. **Durrant MN, Siepert KK.** *Role of Soft Tissue Structures as an Etiology of Hallux Limitus.* J Am Podiatr Med Assoc 1993; 83(4): 173-180.
68. **Gray EG, Basmajian JV.** *Electromyography and Cinematography of Leg and Foot ("Normal" and Flat) during Walking.* Anat Rec 1968; 161(1): 1-16.
69. **Goodfellow J.** *Aetiology of Hallux Rigidus.* Proc Roy Soc Med 1966; 59: 821-824.

-
70. **Lapidus PW.** *"Dorsal Bunion": Its Mechanics and Operative Correction.* J Bone Joint Surg 1940; 22A(3): 627-637.
71. **Fuller EA.** *The Windlass Mechanism of the Foot. A Mechanical Model to Explain Pathology.* J Am Podiatr Med Assoc 2000; 90(1): 35-46.
72. **Harton FM, Weiskopf SA, Goecker RM.** *Sectioning the Plantar Fascia. Effect on First Metatarsophalangeal Joint Motion.* J Am Podiatr Med Assoc 2002; 92(10): 532-536.
73. **Phillips D.** Biomechanics. En: **Hetherington VJ. (editor).** *Hallux Valgus and Forefoot Surgery.* New York: Churchill Livingstone; 1994. p. 39-66.
74. **Lambrinudi C.** *Metatarsus Primus Elevatus.* Proc Roy Soc Med 1938; 31(2): 1273.
75. **Jack EA.** *The Aetiology of Hallux Rigidus.* Br J Surg 1940; 27(107): 492-497.
76. **Shereff MJ, Bejjani FJ, Kummer FJ.** *Kinematics of the First Metatarsophalangeal Joint.* J Bone Joint Surg 1986; 68A(3): 392-398.
77. **Nilsonne H.** *Hallux Rigidus and Its Treatment.* Acta Orthop Scand 1930; 1: 295-303.
78. **Bonney G, Macnab I.** *Hallux Valgus and Hallux Rigidus. A Critical Survey of Operative Results.* J Bone Joint Surg 1952; 34B(3) : 366-385.
79. **Hanft JR, Mason ET, Landsman AS, Kashuk KB.** *A New Radiographic Classification for Hallux Limitus.* J Foot Ankle Surg 1993; 32(4): 397-404.
80. **Aycart J, González M.** *Técnica de Valenti para el Tratamiento del Hallux Limitus o Rigidus.* Rev Esp Podol 1997; 8(3): 284-288.

-
81. **Camasta CA.** Role of the Sesamoid Apparatus in Hallux Limitus/Rigidus. En: **Camasta CA, Vickers NS, Carter SD. Editores.** *Reconstructive Surgery of the Foot and Leg: Update '95.* Tucker, GA: The Podiatry Institute; 1995. p. 196-205.
 82. **Banks AS, McGlamry ED.** Hallux limitus and rigidus. En: **McGlamry ED, Banks AS, Downey MS.** *Comprehensive Textbook of Foot Surgery, vol 1, 2ª edición.* Baltimore: Williams & Wilkins; 1992. p. 600-616.
 83. **Moreno M.** *Hallux Limitus y Hallux Rigidus.* Rev Esp Podol 1996; 7(4): 185-193.
 84. **Scranton PE, Rutkowski R.** *Anatomic Variations in the First Ray: Part II. Disorders of the Sesamoids.* Clin Orthop 1980; 151: 256-264.
 85. **Sussman RE, Piccora R.** *The Metatarsal Sesamoid Articulation and First Metatarsophalangeal Joint Function.* J Am Podiatr Med Assoc 1985, 75(6): 327-33.
 86. **Muscarella VJ, Hetherington VJ.** Hallux Limitus and Hallux Rigidus. En: **Hetherington VJ.** *Hallux Valgus and Forefoot Surgery.* New York: Churchill Livingstone Inc; 1994. p. 313-326.
 87. **Hardy RH, Clapham JC.** *Observations on Hallux Valgus.* J Bone Joint Surg 1951; 33B(3): 376-391.
 88. **Mercado OA.** *Atlas de Cirugía del Pie, vol I. Cirugía del Antepié.* Madrid: Federación Española de Podólogos; 1995. p. 185-273.
 89. **Brahm SM.** *Shape of the First Metatarsal Head in Hallux Rigidus and Hallux Valgus.* J Am Podiatr Med Assoc 1988; 78(6): 300-304.

-
90. **Mann RA, Coughlin MJ, Duvries HL.** *Hallux Rigidus. A Review of the Literature and a Method of Treatment.* Clin Orthop 1979; 142: 57-63.
91. **Coughlin MJ, Shurnas PS.** *Hallux Rigidus: Demographics, Etiology, and Radiographic Assessment.* Foot Ankle Int 2003; 24(10): 731-743.
92. **Mann RA, Coughlin MJ.** *Hallux Valgus: Etiology, Anatomy, Treatment and Surgical Considerations.* Clin Orthop 1981; 157: 31-41.
93. **Hutton WC, Dhanendran M.** *The Mechanics of Normal and Hallux Valgus Feet. A Quantitative Study.* Clin Orthop 1981; 157: 7-13.
94. **Sanders AP, Snijders CJ, van Linge B.** *Medial Deviation of the First Metatarsal Head as a Result of Flexion Forces in Hallux Valgus.* Foot Ankle 1992; 13(9): 515-521.
95. **Iida M, Basmajian JV.** *Electromyography of Hallux Valgus.* Clin Orthop 1974; 101: 220-224.
96. **Miller JW.** *Acquired Hallux Varus: A Preventable and Correctible Disorder.* J Bone Joint Surg 1975; 57A(2): 183-188.
97. **Shereff MJ.** *Pathophysiology, Anatomy, and Biomechanics of Hallux Valgus.* Orthopedics 1990; 13(9): 939-945.
98. **Eustace S, Byrne JO, Beausang O, Codd M, Stack J, Stephens MM.** *Hallux Valgus, First Metatarsal Pronation and Collapse of the Medial Longitudinal Arch. A Radiological Correlation.* Skeletal Radiol 1994; 23: 191-194.
99. **Tanaka Y, Takakura Y, Takaoka T, Akiyama K, Fujii T, Tamai S.** *Radiographic Analysis of Hallux Valgus in Women on Weightbearing and Nonweightbearing.* Clin Orthop 1997; 336: 186-194.
-

-
100. **Piggott H.** *The Natural History of Hallux Valgus in Adolescence and Early Adult Life.* J Bone Joint Surg 1960; 42B(4): 749-760.
101. **Montagne J, Chevrot A, Galmiche JM.** *Atlas de Radiología del Pie.* Barcelona: Masson; 1984.
102. **Palladino SJ:** Preoperative Evaluation of the Bunion Patient: Etiology, Biomechanics, Clinical and Radiographic Assessment. En: **Gerbert J.** *Textbook of bunion surgery, 2ª edición.* New York: Futura Publishing Company; 1991. p. 1-87.
103. **Myerson MS, Badekas A.** *Hypermobility of the First Ray.* Foot Ankle Clin 2000; 5(3): 469-484.
104. **Viladot A.** *The Metatarsals.* En : Jahss MH. *Disorders of the Foot, Vol I:* Philadelphia: WB Saunders; 1982. p. 659-710.
105. **Meyer JO, Nishon LR, Weiss L, Docks G.** *Metatarsus Primus Elevatus and the Etiology of Hallux Rigidus.* J Foot Surg 1987; 26(3): 237-241.
106. **Horton GA, Park YW, Myerson MS.** *Role of Metatarsus Primus Elevatus in the Pathogenesis of Hallux Rigidus.* Foot Ankle Int 1999; 20(12): 777-780.
107. **Bryant A, Mahoney B, Tinley P.** *Lateral Intermetatarsal Angle: A Useful Measurement of Metatarsus Primus Elevatus?.* J Am Podiatr Med Assoc 2001; 91(5): 251-254.
108. **Potter H, Pavlov H, Abrahams T.** *The Hallux Sesamoid Revisited.* Skeletal Radiology 1992; 21(7): 437-444.
109. **LaPorta G, Melillo T, Olinsky D.** *X-ray Evaluation of Hallux Abducto Valgus Deformity.* J Am Podiatr Assoc 1974; 64(8): 544-566.

110. **Smith RW, Chairman P, Reynolds C, Stewart MJ.** *Hallux Valgus Assessment: Report of Research Committee of American Orthopaedic Foot and Ankle Society.* Foot Ankle 1984; 5(2): 92-103.
111. **Martin DE, Pontious J.** Introduction and Evaluation of Hallux Abducto Valgus. En: **Banks AS, Downey MS, Martin DE, Miller SJ.** *McGlamry's Comprehensive Textbook of Foot and Ankle Surgery, vol 1, 3ª edición.* Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001. p. 481-492.
112. **LaPorta DM, Melillo TV, Hetherington VJ.** Preoperative Assessment in Hallux Valgus. En: **Hetherington VJ (editor).** *Hallux Valgus and Forefoot Surgery.* New York: Churchill Livingstone; 1994. p. 107-123.
113. **Duke H, Newman LM, Bruskoff BL, Daniels R.** *Relative Metatarsal Length Patterns in Hallux Abducto Valgus.* J Am Podiatr Assoc 1982; 72(1): 1-5.
114. **Cicchinelli LD, Nakra A.** Juvenile Hallux Abducto Valgus Deformity. En: **Banks AS, Downey MS, Martin DE, Miller SJ (editores).** *McGlamry's Comprehensive Textbook of Foot and Ankle Surgery, vol 1, 3ª edición.* Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001. p. 609-622.
115. **Ferrari J, Malone-Lee J.** *A Radiographic Study of the Relationship Between Metatarsus Adductus and Hallux Valgus.* J Foot Ankle Surg 2003; 42(1): 9-14.
116. **Griffiths TA, Palladino SJ.** *Metatarsus Adductus and Selected Radiographic Measurements of the First Ray in Normal Feet.* J Am Podiatr Med Assoc 1992; 82(12): 616-622.
117. **LaReaux RL, Lee BR.** *Metatarsus Adductus and Hallux Abducto Valgus: Their Correlation.* J Foot Surg 1987; 26(4): 304-308.
-

-
118. **Pontious J, Mahan KT, Carter S.** *Characteristics of Adolescent Hallux Abducto Valgus. A Retrospective Review.* J Am Podiatr Med Assoc 1994; 84(5): 208-218.
119. **Sanner WH.** Foot Segmental Relationships and Bone Morphology. En: **Christman RA.** *Foot and Ankle Radiology.* Missouri: Churchill Livingstone; 2003. p. 272-302.
120. **Vito G, Kalish S.** Biomechanical Radiographic Evaluation. En: **Donatelli RA.** *The Biomechanics of the Foot and Ankle, 2ª edición.* Philadelphia: F.A. Davis Company; 1996. p. 137-167.
121. **Kilmartin TE, Barrington RL, Wallace WA.** *Metatarsus Primus Varus. A Statistical Study.* J Bone Joint Surg 1991; 73B(6): 937-940.
122. **Munuera PV, Domínguez G, Gordillo LM, Palomo IC, Lafuente G.** *El Ángulo Metatarsus Adductus en Pies con Hallux Valgus y Pies con Hallux Limitus.* Rev Esp Podol 2005; 16(3): 120-124.
123. **Coughlin MJ, Shurnas PS.** *Hallux Valgus in Men Part II: First Ray Mobility After Bunionectomy and Factors Associated with Hallux Valgus Deformity.* Foot Ankle Int 2003; 24(1): 73-78.
124. **Bryant A, Tinley P, Singer K.** *A Comparison of Radiographic Measurements in Normal, Hallux Valgus, and Hallux Limitus Feet.* J Foot Ankle Surg 2000; 39(1): 39-43.
125. **Coughlin MJ.** *Juvenile Hallux Valgus: Etiology and Treatment.* Foot Ankle Int 1995; 16(11): 682-697.
126. **Hardy RH, Clapham JCR.** *Hallux Valgus. Predisposing Anatomical Causes.* Lancet 1952; 14: 1180-1183.
-

-
127. **Lundberg BJ, Sulja T.** *Skeletal Parameters in the Hallux Valgus Foot.* Acta Orthop Scand 1972; 43: 576-582.
128. **Houghton GR, Dickson RA.** *Hallux Valgus in the Younger Patient. The Structural Abnormality.* J Bone Joint Surg 1979; 61B(2): 176-177.
129. **Heden RI, Sorto LA.** *The Buckle Point and the Metatarsal Protrusion's Relationship to Hallux Valgus.* J Am Podiatr Assoc 1981; 71(4): 200-208.
130. **Scott G, Wilson DW, Bentley G.** *Roentgenographic Assessment in Hallux Valgus.* Clin Orthop 1991; 267: 143-147.
131. **Banks AS, Hsu YS, Mariash S, Zirm R.** *Juvenile Hallux Abductus Valgus Association with Metatarsus Adductus.* J Am Podiatr Med Assoc 1994; 84(5): 219-224.
132. **Tanaka Y, Takakura Y, Sugimoto K, Kumai T, Sakamoto T, kadono K.** *Precise Anatomic Configuration Changes in the First Ray if the Hallux Valgus.* Foot Ankle Int 2000; 21(8): 651-656.
133. **Lamur KS, Huson A, Snijders CJ, Stoeckart R.** *Geometric Data of Hallux Valgus Feet.* Foot Ankle Int 1996; 17(9): 548-554.
134. **Truslow W.** *Metatarsus Primus Varus or Hallux Valgus?.* J Bone Joint Surg 1925; 7: 98-108.
135. **Jones AR.** *Hallux Valgus in the Adolescent.* Proc R Soc Med 1948; 41: 392-393.
136. **Munuera PV, Domínguez G, Polo J, Rebollo J.** *The Medial Deviation of the First Metatarsal in the Incipient Hallux Valgus Deformity.* Foot Ankle Int 2006; (en prensa).
-

137. **Roukis TS, Weil Jr LS, Weil Sr LS, Landsman AS.** *Predicting Articular Erosion in Hallux Valgus: Clinical, Radiographic, and Intraoperative Analysis.* J Foot Ankle Surg 2005; 44(1): 13-21.
138. **Besse JL, Maestro M, Berthonnaud E, Langlois F, Meloni A, Bouharoua M, et al. et al.** *Radiological Features of the Forefoot: "Normal" versus Hallux Rigidus versus Hallux Valgus.* J Bone Joint Surg 2004; 86B: 34 (Supl I).
139. **Harris RI, Beath T.** *The Short First Metatarsal. Its Incidence and Clinical Significance.* J Bone Joint Surg 1949; 31A(3): 553-565.
140. **Morton DJ.** *Metatarsus Atavicus: Identification of Distinctive Type of Foot Disorders.* J Bone Joint Surg 1927; 9: 531-544.
141. **Morton DJ.** *Structural Factors in Static Disorders of the Foot.* Am J Surg 1930; 9(2): 315-328.
142. **Mancuso JE, Abramow SP, Landsman MJ, Waldman M, Carioscia M.** *The Zero-Plus First Metatarsal and Its Relationship to Bunion Deformity.* J Foot Ankle Surg 2003; 42(6): 319-226.
143. **Viladot A.** *Metatarsalgia due to Biomechanical Alterations of the Forefoot.* Orthop Clin North Am 1973; 4(1): 65-78.
144. **Scranton Jr PE, McDermott JE.** *Prognostic Factors in Bunion Surgery.* Foot Ankle Int 1995; 16(11): 698-704.
145. **Younger A, Kokan P, Pinney S.** *Abnormal Radiographic Findings Outside the First Ray in Hallux Valgus.* Paper presented at American Orthopaedic Foot and Ankle society 2000 Annual Summer Meeting, Vail, CO, July 13, 2000.

-
146. **Roukis TS, Jacobs PM, Dawson DM, Erdmann BB, Ringstrom JB.** *A Prospective Comparison of Clinical, Radiographic, and Intraoperative Features of Hallux Rigidus.* J Foot Ankle Surg 2002; 41(2): 76-95.
147. **Camasta CA, Pontious J, Boyd RB.** *Quantifying Magnification in Pedal Radiographs.* J Am Podiatr Med Assoc 1991; 81(10): 545-548.
148. **Davitt JS, Kadel N, Sangeorzan BJ, Hansen Jr ST, Holt SK, Donaldson-Fletcher E.** *An Association Between Functional Second Metatarsal Length and Midfoot Arthrosis.* J Bone Joint Surg 2005; 87A(4): 795-800.
149. **Chang TJ, Camasta CA.** Hallux Limitus and Hallux Rigidus. En: **Banks AS, Downey MS, Martin DE, Miller SJ (editores).** *McGlamry's Comprehensive Textbook of Foot and Ankle Surgery, vol 1, 3ª edición.* Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001. p. 679-714.
150. **Hetherington VJ, Lehtinen J, Grill F.** The Pediatric Patient. En: **Levy LA, Hetherington VJ (editores).** *Principles and Practice of Podiatric Medicine.* New York: Churchill Livingstone Inc; 1990. p. 571-646.
151. **Giannestras NJ.** *Hallux Valgus y Hallux Rigidus.* En: **Giannestras NJ (editor).** *Trastornos del pie.* Barcelona: Salvat Editores SA; 1979. p. 345-401.
152. **Viladot A.** Anatomía y Biomecánica. En: **Viladot A y colaboradores.** *Quince lecciones sobre patología del pie.* Barcelona: Springer-Verlag Ibérica; 2000. p: 1-34.
153. **Martín de Pablos J, Gómez S, Sabaté J, del Boz J, Vázquez J.** *Factores Predisponentes del Hallux Valgus: Valoración Radiológica.* Rev Med Cir Pie 1995; 9: 21-26.

-
154. **Saragas KP, Becker PJ.** *Comparative Radiographic Analysis of Parameters in Feet With and Without Hallux Valgus.* Foot Ankle Int 1995; 16(3): 139-143.
155. **Ferrari J, Hopkinson DA, Linney AD.** *Size and Shape Differences between Male and Female Foot Bones. Is the Female Foot Predisposed to Hallux Abducto Valgus?.* J Am Podiatr Med Assoc 2004; 94(5): 434-452.
156. **Haas M.** Radiographic and Biomechanical Considerations in Bunion Surgery. En: **Gerber J (editor).** *Textbook of Bunion Surgery.* New York: Futura Publishing Company; 1981. p. 23-26.
157. **Spiegl PV, Seale KS.** Surgical Intervention. En: **Donatelli RA.** *The Biomechanics of the Foot and Ankle, 2ª edición.* Philadelphia: FA Davis Company; 1996. p. 352-376.
158. **Gutiérrez P, Sebastián E, Betoldi G.** *Factores Morfológicos que Influyen en el Hallux Valgus.* Rev Ortop Traumat 1998; 42: 356-362.
159. **Ferrari J, Malone-Lee J.** *The Shape of the Metatarsal Head as a Cause of Hallux Abductovalgus.* Foot Ankle Int 2002; 23(3): 236-242.
160. **Kilmartin TE, Wallace WA.** *First Metatarsal Head Shape in Juvenile Hallux Abducto Valgus.* J Foot Surg 1991; 30(5): 506-508.
161. **Fellner D, Milsom PB.** *Relationship between Hallux Valgus and First Metatarsal Head Shape.* J Brit Pod Med 1995; 50(4): 54-56.
162. **Prieskorn D, Graves SC, Smith RA.** *Morphometric Analysis of the Plantar Plate Apparatus of the First Metatarsophalangeal Joint.* Foot Ankle 1993; 14(4): 204-207.

-
163. **Oloff LM, Schulhofer D.** *Sesamoid Complex Disorders.* Clin Podiatr Med Surg 1996; 13(3): 497-513.
164. **Miller LF, Arendt J.** *Deformity of the First Metatarsal Head Due to Faulty Foot Mechanics.* J Bone Joint Surg 1940; 22(2): 349-353.
165. **Simón P, Concheiro L.** *El Consentimiento Informado: Teoría y Práctica (I).* Medicina Clínica 1993; 100(17): 659-663.
166. **Tribunal Internacional de Nüremberg.** *Código de Nüremberg.* 1946.
167. **Comisión Nacional para la Protección de Personas Objeto de Experimentación Biomédica y de la Conducta.** *Informe Belmont. Principios Éticos y Recomendaciones para la Protección de las Personas Objeto de Experimentación.* 1978.
168. **Simón P.** *La Fundamentación Ética de la Teoría del Consentimiento Informado.* Rev Cal Asis 1999; 14: 100-109.
169. **Gracia D.** *Fundamentos de Bioética.* Madrid: Eudema; 1989.
170. **Beauchamp TL, Childress JF.** *Principios de Ética Biomédica.* Barcelona: Masson; 1997.
171. **Feito L.** *Panorama Histórico de la Bioética.* Moralia 1997; 20: 465-494.
172. **Ley 14/1986 de 25 de abril, General de Sanidad.** (BOE n.º 101, de 29 abril de 1986).
173. **Consejo de Europa.** *Convenio para la Protección de los Derechos Humanos y la Dignidad del Ser Humano con respecto a las Aplicaciones de la Biología y la Medicina. Convenio relativo a los Derechos Humanos y la Biomedicina.* Madrid : Ministerio de Asuntos Exteriores; 1997.
-

-
174. **18ª Asamblea Médica Mundial.** *Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial. Principios Éticos para las Investigaciones Médicas en Seres Humanos.* Helsinki: World Medical Association; 1964.
175. **Ley 41/2002 de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica.** (BOE n.º 274, de 15 noviembre de 2002).
176. **Menz HB, Munteanu SE.** *Radiographic Validation of the Manchester Scale for the Classification of Hallux Valgus Deformity.* *Rheumatol* 2005; 44: 1061-1066.
177. **Tachdjian MO.** *The Child's Foot.* Philadelphia: WB Saunders Company; 1985.
178. **Lelièvre J, Lelièvre JF.** *Patología del pie, 4ª edición.* Barcelona: Masson; 1982. p. 1-6.
179. **Coughlin MJ, Saltzman CL, Nunley JA.** *Angular Measurements in the Evaluation of Hallux Valgus Deformities: A Report on the Ad Hoc Committee of the American Orthopaedic Foot and Ankle Society on Angular Measurements.* *Foot Ankle Int* 2002; 23(1): 68-74.
180. **Renton P.** Radiology of the Foot. En: **Klenerman L. Editor.** *The Foot and Its Disorders, 3ª edición.* Oxford: Blackwell Scientific Publications; 1991. p. 259-345.
181. **Perry MD, Mont MA, Einhorn TA, Waller JD.** *The Validity of Measurements Made on Standard Foot Orthoroentgenograms.* *Foot Ankle* 1992; 13(9): 502-507.

-
182. **Hlavac HF.** *Differences in X-ray Findings with Varied Positioning of the Foot.* J Am Podiatr Assoc 1967; 57(10): 465-471.
183. **Sanicola SM, Arnold TB, Osher L.** *Is the Radiographic Appearance of the Hallucal Tarsometatarsal Joint Representative of Its True Anatomical Structure?.* J Am Podiatr Med Assoc 2002; 92(2): 491-498.
184. **Brage ME, Holmes JR, Sangeorzan BJ.** *The Influence of X-Ray Orientation on the First Metatarsocuneiform Joint Angle.* Foot Ankle Int 1994; 15(9): 495-497.
185. **Bryant JA.** *A Comparison of Radiographic Foot Measurements Taken in Two Different Positions.* J Am Podiatr Med Assoc 2001; 91(5): 234-239.
186. **McCrea JD, Clark WD, Fann T, Venson J, Jones CL.** *Effects of Radiographic Technique on the Metatarsophalangeal Joints.* J Am Podiatr Assoc 1977; 67(12): 837-840.
187. **Venning P, Hardy RF.** *Sources of Error in the Production and Measurement of Standard Radiographs of the Foot.* Br J Radiol 1951; 24(277): 18-26.
188. **Gamble FO, Yale I.** *Roentgenología Clínica del Pie.* Malabar: Robert E. Krieger Publishing Co; 1981. p. 324-360.
189. **Saltzman CL, Brandser EA, Berbaum KS, DeGnore L, Holmes JR, Katcherian DA, et al.** *Reliability of Standard Foot Radiographic Measurements.* Foot Ankle Int 1994; 15(12): 661-665.
190. **Horsfield D.** Radiography of the Foot. En: **Klenerman L. Editor.** *The Foot and Its Disorders, 3rd edition.* Oxford: Blackwell Scientific Publications; 1991. p. 347-379.
-

-
191. **Christman RA, Flanigan KP, Sorrento DL, Stanich CC.** *Radiographic Analysis of Metatarsus Primus Elevatus. A Preliminary Study.* J Am Podiatr Med Assoc 2001; 91(6): 294-299.
192. **Demp PH.** *Podometric Radiology.* J Am Podiatr Med Assoc 1989; 79(5): 253-254.
193. **Kleiger B, Greenspan A, Norman A.** Roentgenographic Examination of the Normal Foot and Ankle. En: **Jahss MH. Editor.** *Disorders of the Foot, vol 1.* Philadelphia: WB Saunders; 1982. p. 116-138.
194. **Perlman PH, Dubois P, Siskind V.** *Validating the Process of Taking Lateral Foot X-rays.* J Am Podiatr Med Assoc 1996; 86(7): 317-321.
195. **Piqué C, Maled I, Arabi J, Vila J.** *Radiographic Angles in Hallux Valgus: Differences Between Measurements Made Manually and With a Computerized Program.* Foot Ankle Int 2006; 27(3): 175-180.
196. **Kilmartin TE, Barrington RL, Wallace WA.** *The X-ray Measurement of Hallux Valgus: An Inter- and Intra-observer Error Study.* Foot 1992; 2: 7-11.
197. **Butterworth R, Dockery GL.** *Atlas a Color y Texto de Cirugía del Antepié.* Madrid: Ortocén Editores; 1992. p. 195-236.
198. **Moreno JL.** *Podología General y Biomecánica.* Barcelona: Masson; 2003. p. 289-296.
199. **Whitney AK.** *Radiographic Charting Technic.* Philadelphia: Pennsylvania College of Podiatric Medicine; 1978.
200. **Weissman SD.** Biomechanically acquired foot types. En: **Weissman SD.** *Radiology of the Foot, 2ª edición.* Baltimore: Williams & Wilkins; 1989. p. 66-90.
-

-
201. **Valero J.** *Biomecánica y Patomecánica del Primer Radio (Apuntes I)*. Rev Esp Podol 1992; 3(4): 155-164.
202. **Gentili A, Mashih S, Yao L, Seeger LL.** *Pictorial Review: Foot Axes and Angles*. Br J Radiol 1996; 69: 968-974.
203. **Scranton Jr PE, Rutkowski R.** *Anatomic Variations in the First Ray : Part I. Anatomic Aspects Related to Bunion Surgery*. Clin Orthop 1980; 151: 244-255.
204. **Harris RI, Beath T.** *Report 15th, Army Foot Survey*. Ottawa: National Research Council of Canada; 1947.
205. **Camasta CA.** *Comparative Morphology of the Long Bones of the Foot: A Challenge to Classic Anatomy*. Pennsylvania: Stirling-Harford Honorary Anatomical Society. Pennsylvania College of Podiatric Medicine Archives; 1991. p. 11-48.
206. **Steel MW, Johnson KA, Dewitz MA, Ilstrup DM.** *Radiographic Measurements of the Normal Adult Foot*. Foot Ankle 1980; 1(3): 151-158.
207. **Condon F, Kaliszer M, Conhyea D, O'Donnell T, Shaju A, Masterson E.** *The First Intermetatarsal Angle in Hallux Valgus: An Analysis of Measurement Reliability and the Error Involved*. Foot Ankle Int 2002; 22(8): 717-721.
208. **Bryant A, Tinley P, Singer K.** *Radiographic Measurements and Planter Pressure Distribution in Normal, Hallux Valgus and Hallux Limitus Feet*. Foot 2000; 10: 18-22.
209. **Read L.** *The Structural Abnormality in Hallux Valgus: Is It the Same in All Age Groups?* J Bone Joint Surg 1983; 65B(3): 367.
-

210. **Edgar MA, Klennerman L.** Hallux Valgus and Hallux Limitus. En: **Klennerman L (editor).** *The Foot and Its Disorders, 3rd edition.* Oxford: Blackwell Scientific Publications; 1991. p. 57-92.
211. **Aper RL, Saltzman CL, Brown TD.** *The Effect of Hallux Sesamoid Resection on the Effective Moment of the Flexor Hallucis Brevis.* Foot Ankle Int 1994; 15(9): 462-470.
212. **Kernozeck TW, Elfessi A, Sterriker S.** *Clinical and Biomechanical Risk Factors of Patients Diagnosed with Hallux Valgus.* J Am Podiatr Med Assoc 2003, 93(2): 97-103.
213. **Grebing BR, Coughlin MJ.** *Evaluation of Morton's Theory of Second Metatarsal Hypertrophy.* J Bone Joint Surg 2004; 86A(7) : 1375-1386.
214. **King DM, Toolan BC.** *Associated Deformities and Hypermobility in Hallux Valgus: An Investigacion with Weightbearing Radiographs.* Foot Ankle Int 2004; 25(4): 251-255.
215. **Sorto LA, Balding MG, Weil LS, Smith SD.** *Hallux Abductus Interphalangeus. Etiology, X-ray Evaluation and Treatment.* J Am Podiatr Med Assoc 1992; 82(2): 85-97.
216. **Duke H, Newman LM, Bruskoff BL, Daniels R.** *Hallux Abductus Interphalangeus and Its Relationship to Hallux Abducto Valgus.* J Am Podiatr Assoc 1982, 72(12): 625-628.
217. **Sullivan BT, Robinson JB, Palladino SJ.** *Interevaluator Variability in the Measurement of Proximal Articular Set Angle.* J Foot Surg 1988; 27(5): 466-468.

-
218. **Evans RD, Lile LN.** *Proximal Articular Set Angle. Radiographic versus Intraoperative Measurement.* J Am Podiatr Med Assoc 2000, 90(4): 199-200.
219. **James CS.** *Footprints and Feet of Natives of the Solomon Islands.* Lancet 1939; 30: 1390-1393.
220. **Sim-Fook L, Hodgson AR.** *A Comparison of Foot Forms Among the Non-Shoe and Shoe-Wearing Chinese Population.* J Bone Joint Surg 1958, 40A(5): 1058-1062.
221. **Ducroquet R.** *Marcha normal y patológica.* Barcelona: Toray-Masson S.A.; 1972.
222. **Donatelli RA.** Abnormal Biomechanics. En: **Donatelli RA.** *The Biomechanics of the Foot and Ankle, 2ª edición.* Philadelphia: F.A. Davis Company; 1996. p. 34-72.
223. **Blustein SM, D'Amico JC.** *Limb Length Discrepancy. Identification, Clinical Significance, and Management.* J Am Podiatr Med Assoc 1985; 75(4): 200-206.
224. **Snijders CJ, Snijder JG, Philippens MM.** *Biomechanics of Hallux Valgus and Spread Foot.* Foot Ankle 1986; 7(1): 26-39.
225. **Hetherington VJ, Johnson RE, Albritton JS.** *Necessary dorsiflexion of the first metatarsophalangeal joint during gait.* J Foot Surg 1990, 29(3): 218-222.
226. **Clough JG.** *Functional Hallux Limitus and Lesser-Metatarsal Overload.* J Am Podiatr Med Assoc 2005; 95(6): 593-601.
227. **Cohn I, Kanat IO.** *Functional Limitation of Motion of the First Metatarsophalangeal Joint.* J Foot Surg 1984, 23(6): 477-484.
-

10. ANEXOS

10. ANEXOS

10.1. ANEXO I. Cálculo del tamaño de la muestra

The screenshot shows the nQuery Advisor software interface. The main window displays a table for a one-way analysis of variance (unequal n's) with 7 groups. The table includes parameters such as Test significance level, Number of groups, Variance of means, Common standard deviation, Effect size, Power, N as multiple of n, and Total sample size. A 'Power' panel on the right provides a definition of power, a suggestion to enter 80%, 90%, or 95%, and acceptable entries from 100α to 99%. The bottom status bar shows 'For Help, press F1', the file name '94_18274', and 'AUTO RECALC OFF'.

One-way analysis of variance (unequal n's)							
	1	2	3	4	5	6	7
Test significance level, α	0,050						
Number of groups, G	3						
Variance of means, $V = \sum r_i (\mu_i - \bar{\mu})^2 / (\sum r_i)$							
Common standard deviation, σ							
Effect size, $\Delta^2 = V/\sigma^2$	0,0500						
Power (%)	94						
N as multiple of n_i , $\sum r_i = \sum n_i/n_i$	2,100						
Total sample size, N	300						

Power
The power of the test is the probability of rejecting the null hypothesis when the specified alternative hypothesis is true.
Power = $100(1 - \text{Prob}(\text{Type II error})) = 100(1 - \beta)$.

Suggestion:
Enter 80%, 90% or 95%

Acceptable entries:
100α to 99%

Special feature:

USER NOTES for MGT0U-1

STORED STATEMENTS for MGT0U-1

For Help, press F1 94_18274 AUTO RECALC OFF

10.2. **ANEXO II.** Formulario de consentimiento informado

**CONSENTIMIENTO INFORMADO
PARA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

¡ATENCIÓN!

LEA ATENTAMENTE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE
DOCUMENTO ANTES DE FIRMARLO

ÁREA CLÍNICA DE PODOLOGÍA – UNIVERSIDAD DE SEVILLA

FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

ESTUDIO: *Factores morfológicos en la etiología del hallux limitus y el hallux abductus valgus*

I. INFORMACIÓN

Se le ha propuesto participar en un estudio científico relacionado con dos alteraciones de frecuente aparición en el primer dedo del pie (o dedo gordo), como son el hallux abductus valgus, comúnmente conocido como juanete, y el hallux limitus, que es una limitación del movimiento en este dedo.

Para que pueda comprender mejor cuáles son los objetivos de este estudio, a continuación se le explicará brevemente cómo se producen estas alteraciones. Se entiende por primer radio la unidad funcional que forman los dos huesos que están por detrás del dedo gordo del pie, es decir, el primer metatarsiano y la primera cuña (VER FOTO 1). Los huesos que componen el primer radio y los que componen el primer dedo del pie, pueden presentar distintas formas y tamaños tanto en el hueso en conjunto como en uno de sus extremos.

A lo largo de los años se ha discutido mucho sobre cómo afectan las variaciones de estos huesos en la producción del hallux abductus valgus y del hallux limitus, sin llegar a veces a conclusiones concretas. Aún no es posible saber si algunas de esas variaciones son causa o consecuencia de dichas patologías.

Con este estudio se pretende demostrar cuáles de estos factores son causa y cuáles son consecuencia de las dos alteraciones objetivo de esta investigación. Esto se realizará midiendo una serie de parámetros en las radiografías de los individuos que decidan participar en ella, y comparándolos posteriormente.



FOTO 1
Huesos que forman el primer radio

II. PROTOCOLO DE EXPLORACIÓN

Para obtener los datos necesarios para este estudio, se debe medir el movimiento del primer dedo del pie a cada individuo, se debe rellenar una ficha con datos personales del paciente (nombre, apellidos, fecha de nacimiento) y realizar una radiografía dorsoplantar en carga.

a) Para medir la extensión del primer dedo se le pedirá que se tumbe o que se sienta en una camilla de exploración. El instrumento que se utilizará para registrar los datos es el llamado goniómetro de dos ramas. Es un instrumento totalmente inofensivo. Consta de dos ramas de plástico unidas por uno de sus extremos en el cual tiene un medidor de ángulos (VER FOTO 2).

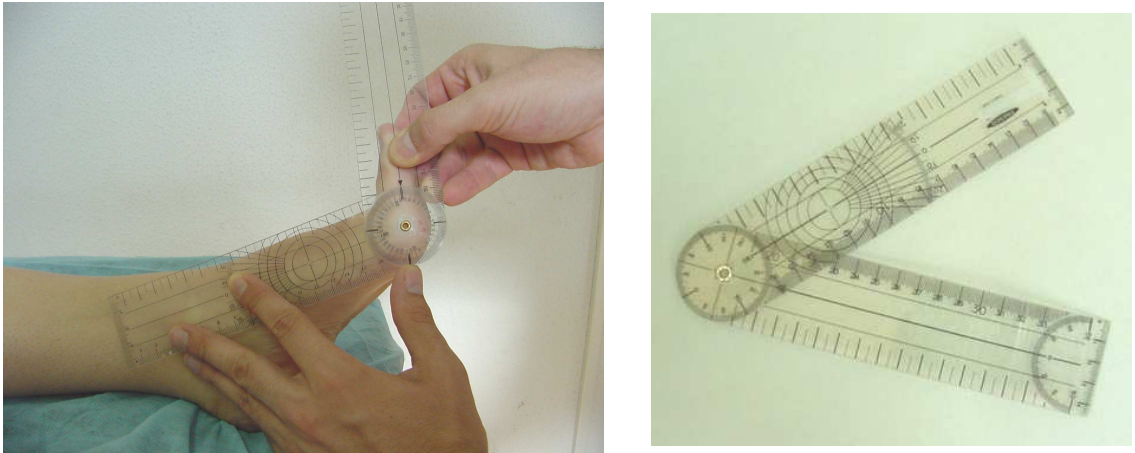


FOTO 2
Goniómetro de dos ramas

b) La radiografía dorsoplantar en carga es una radiografía que se hace con los dos pies juntos, estando usted de pie sobre el chasis que contiene la placa radiográfica. Se trata de una radiografía como la que usted observó en la foto 1 de este documento, pero de ambos pies. Aunque es una prueba que no conlleva ningún riesgo, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Si a usted se le han realizado múltiples radiografías a lo largo de su vida debe avisarnoslo, ya que el efecto de este tipo de radiación es acumulativo, y puede llegar a ser perjudicial para su salud.
- Si es usted mujer y existe la posibilidad de que esté embarazada, **NO** se someta a esta prueba, ya que este tipo de radiación podría dañar a su futuro hijo.

III. OTROS ASPECTOS QUE USTED DEBE CONOCER

Por último, creemos conveniente que tenga conocimiento sobre los siguientes aspectos:

- El estudio se llevará a cabo por el profesor D. Pedro V. Munuera Martínez, y quien él asigne como miembro de su equipo. En cualquier caso, siempre serán personas Diplomadas en Podología y, por lo tanto, conocedoras de todas las técnicas e instrumentos que se van a utilizar.
- Es posible que se tomen fotografías del pie durante la prueba. Éstas pueden ser vistas posteriormente por personal en formación de este u otro centro, o incluso por otros profesionales de la salud en distintos foros. En ningún caso se tomarán imágenes que pudieran revelar la identidad del sujeto de la foto.
- Los resultados obtenidos en este estudio podrán ser divulgados a la comunidad científica, bien en forma de comunicación, ponencia o conferencia, bien en forma de póster, o bien en forma de publicación en revista científica.
- Bajo ningún concepto se revelará la identidad de los sujetos que participen en el estudio.
- El tiempo que puede durar en total la realización de las pruebas tras su aceptación para participar en el estudio rondará, en condiciones normales, los 5 minutos aproximadamente.
- Tanto los datos recogidos en la exploración como las radiografías utilizadas para este estudio podrán servir para otros estudios de similares características, siempre respetando la privacidad de la identidad de cada sujeto.
- Si antes de firmar este documento desea más información, no dude en pedirla.

ÁREA CLÍNICA DE PODOLOGÍA – UNIVERSIDAD DE SEVILLA

FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

ESTUDIO: *Factores morfológicos en la etiología del hallux limitus y el hallux abductus valgus*

DECLARACIONES Y FIRMAS

Paciente:

D./D^a....., en calidad de paciente, declaro que el responsable del equipo de investigación me ha explicado de forma satisfactoria en qué consiste el estudio, cuáles son sus objetivos, cuáles son las pruebas a las que me tengo que someter y los posibles riesgos de las mismas. He comprendido perfectamente todo lo anterior y doy mi consentimiento para que el profesor D. Pedro V. Munuera Martínez, y el personal que designe como miembro de su equipo, me realicen la exploración necesaria para la consecución de los objetivos de este estudio.

Asimismo, se me ha informado sobre mi derecho a retirar este consentimiento cuando estime oportuno, sin necesidad de justificar mi voluntad, y sin que de ello se derive ninguna consecuencia adversa para mí.

Fdo.

Profesor:

Yo, D. Pedro V. Munuera Martínez, he informado a este paciente de la naturaleza y propósito de este estudio, así como de sus posibles riesgos.

Fdo.

En,, a.....de.....de.....

10.3. ANEXO III. Ficha para las mediciones radiográficas

PACIENTE				IZQUIERDO <input type="checkbox"/>	NORMAL	HAV	HL
				DERECHO <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fecha nacimiento				Ext MTF	Fecha placa		
ÁNGULOS		METATARSIANOS Y FALANGES		SESAMOIDEOS		CABEZA I METATARSIAIANO	
Mtt-Add		Protusión		Dist SM-Cart		Forma	
I-II		Long I mtt					
HAV		Anch I mtt		Long SM			
H IF		Long II mtt					
MPV		Anch II mtt		Bipartito <input type="checkbox"/>	OBSERVACIONES		
Obl 1		Long FP1°					
Obl 2		Anch FP1°		Dist SL-Cart			
Obl 3		Long FP2°					
Obl 4		Anch FP2°		Long SL			
PASA		Long FD					
DASA				Bipartito <input type="checkbox"/>			

10.4. ANEXO IV. Abreviaturas

HAV	Hallux abductus valgus
HL	Hallux limitus
HR	Hallux rigidus
1ª AMTF	Primera articulación metatarsofalángica
Grupo HAV	Grupo formado por pies con hallux abductus valgus
Grupo HL	Grupo formado por pies con hallux limitus
Ángulo MA	Ángulo del metatarsus adductus
Ángulo I-II	Ángulo intermetatarsal entre I y II metatarsianos
Ángulo HAV	Ángulo del hallux abductus valgus
Ángulo HIF	Ángulo del hallux interfalángico
Ángulo MPV	Ángulo del metatarsus primus varus
Ángulo OBL 1	Ángulo entre el eje del I metatarsiano y la superficie articular distal de la 1ª cuña
Ángulo OBL 2	Ángulo entre el eje del II metatarsiano y la superficie articular distal de la 1ª cuña
Ángulo OBL 3	Ángulo entre el eje longitudinal del tarso menor y la superficie articular distal de la 1ª cuña
Ángulo OBL 4	Ángulo entre las caras lateral y distal de la 1ª cuña
Ángulo PASA	Ángulo de orientación de la superficie articular distal del I metatarsiano
Ángulo DASA	Ángulo de orientación de la superficie articular proximal de la falange proximal del 1º dedo
Profusión I-II	Protusión relativa entre el I y el II metatarsianos
Longitud I MTT	Longitud del I metatarsiano

Abreviaturas (continuación)

Anchura I MTT	Anchura del I metatarsiano
Longitud II MTT	Longitud del II metatarsiano
Anchura II MTT	Anchura del II metatarsiano
Longitud FP 1º	Longitud de la falange proximal del primer dedo
Anchura FP 1º	Anchura de la falange proximal del primer dedo
Longitud FP 2º	Longitud de la falange proximal del segundo dedo
Anchura FP 2º	Anchura de la falange proximal del segundo dedo
Longitud FD 1º	Longitud de la falange distal del primer dedo
Longitud hallux	Longitud del primer dedo: suma de la longitud de las falanges proximal y distal del 1º dedo
Distancia SM-C	Distancia entre el sesamoideo medial y el cartílago articular de la cabeza del I metatarsiano
Longitud SM	Longitud del sesamoideo medial
Distancia SL-C	Distancia entre el sesamoideo lateral y el cartílago articular de la cabeza del I metatarsiano
Longitud SL	Longitud del sesamoideo lateral
Longitud I MTT relativa	Longitud del I metatarsiano en relación a la II longitud del II metatarsiano
Anchura I MTT relativa	Anchura del I metatarsiano en relación a la longitud del I metatarsiano
Anchura II MTT relativa	Anchura del II metatarsiano en relación a la longitud del II metatarsiano
Longitud FP 1º relativa	Longitud de la falange proximal del primer dedo en relación a la longitud del II metatarsiano
Anchura FP 1º relativa	Anchura de la falange proximal del primer dedo en relación a la longitud de la falange proximal del primer dedo
Longitud FP 2º relativa	Longitud de la falange proximal del segundo dedo en relación a la longitud del II metatarsiano
Anchura FP 2º relativa	Anchura de la falange proximal del segundo dedo en relación a la longitud de la falange proximal del segundo dedo

Abreviaturas (continuación)

Longitud FD 1º relativa	Longitud de la falange distal del primer dedo en relación a la longitud del II metatarsiano
Longitud hallux relativa	Longitud del primer dedo en relación a la longitud del II metatarsiano
Distancia SM-C relativa	Distancia entre el sesamoideo medial y el cartílago articular de la cabeza del I metatarsiano, en relación con la longitud del I metatarsiano
Longitud SM relativa	Longitud del sesamoideo medial en relación a la longitud del I metatarsiano
Distancia SL-C relativa	Distancia entre el sesamoideo lateral y el cartílago articular de la cabeza del I metatarsiano, en relación a la longitud del I metatarsiano
Longitud SL relativa	Longitud del sesamoideo lateral en relación a la longitud del I metatarsiano
Índice I MTT	Longitud del I metatarsiano dividida entre la anchura del I metatarsiano
Índice II MTT	Longitud del II metatarsiano dividida entre la anchura del II metatarsiano
Índice FP 1º	Longitud de la falange proximal del primer dedo dividida entre la anchura de la falange proximal del primer dedo
Índice FP 2º	Longitud de la falange proximal del segundo dedo dividida entre la anchura de la falange proximal del segundo dedo

FACTORES MORFOLÓGICOS EN LA ETIOLOGÍA DEL HALLUX LIMITUS Y EL HALLUX ABDUCTUS VALGUS

FE DE ERRATAS

MARCO TEÓRICO

- Página 11, segundo párrafo, 11º renglón, donde pone “especímenes”, debe poner “especímenes”.
- Página 16, tercer párrafo, 3º renglón, donde pone “intermusculares”, debe poner “intermusculares”.
- Página 41, segundo párrafo, 7º renglón, donde pone “menor densidad que los márgenes de ésta”, debe poner “menor densidad que los márgenes de éstas”.
- Página 60, primer párrafo, 2º renglón, donde pone “el aspecto proximal de éstos pueden restringir”, debe poner “el aspecto proximal de éstos puede restringir”.

MATERIAL Y MÉTODO

- Página 71, primer párrafo, donde pone “Con una estimación del tamaño del efecto de 0,05 unidades ...”, debe poner “Para un nivel de significación del 5%, con una estimación del tamaño del efecto de 0,05 unidades ...”.
- Página 72, cuarto párrafo, 2º renglón, donde pone “Ángulo HAV superior a 15º”, debe poner “Ángulo HAV superior a 15º e inferior a 30º”.
- Página 73, tercer párrafo, 10º renglón, donde pone “... que la posición relajada de la de la 1ª AMTF es de ...”, debe poner “... que la posición relajada de la 1ª AMTF es de ...”.
- Página 83, segundo párrafo, 2º renglón, donde pone “Con un ángulo HAV mayor 15º existe una desviación ...”, debe poner “Con un ángulo HAV mayor que 15º existe una desviación ...”.

RESULTADOS

- Páginas 104, 105 y 106, tablas V, VI y VII, suprimir los ángulos PASA y DASA.
- Página 111, tabla XI, valor correspondiente a la Longitud FP 1º relativa – Control vs HL, donde pone “0,019***”, debe poner “0,019*”.

DISCUSIÓN

- Página 121, tercer párrafo, 5º renglón, donde pone “... pero si más ...”, debe poner “... pero sí más ...”.
- Página 130, primer párrafo, 2º renglón, donde pone “metatarsfalángico”, debe poner “metatarsfalángico”.
- Página 143, último párrafo, último renglón, donde pone “... no son los únicos que determinen el origen de las mismas”, debe poner “... no son los únicos que determinan el origen de las mismas”.

ANEXOS

- Página 184, 14º fila de la tabla, donde pone “Longitud del I metatarsiano en relación a la II longitud del II metatarsiano”, debe poner “Longitud del I metatarsiano en relación a la longitud del II metatarsiano”.