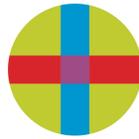


Universidad CEU – San Pablo
CEINDO – CEU Escuela Internacional de
Doctorado



CEU

*Escuela Internacional
de Doctorado*

**Cirugía percutánea de la
metatarsalgia aislada y asociada a
Hallux Valgus.
Resultados clínicos de un estudio
multicentrico**

TESIS DOCTORAL

Presentada por:
Julia de Prado Ripoll

Dirigida por:
Francisco Forriol Campos

MADRID

2022



Señor director del Departamento de Ciencias Médicas Básicas

Por la presente te comunico que, como director de la Tesis Doctoral de D^ª. Julia de Prado Ripoll, titulada “Cirugía Percutánea de la metatarsalgia aislada y asociada a Hallux Valgus. Resultados clínicos de un estudio multicéntrico”, considero que el trabajo realizado ha sido satisfactorio y solicito que se proceda a tramitar su presentación, lectura y defensa dentro del Departamento de Ciencias Médicas Básicas, siguiendo las normas establecidas para el caso.

En Madrid, a 15 de febrero de 2022

Fdo.: Francisco Forriol Campos

A mi familia

Agradecimientos

Antes de comenzar quiero agradecer a la Universidad CEU-San Pablo y a mi director de Tesis, el profesor Francisco Forriol Campos las facilidades que me han dado para desarrollar este trabajo, sin su ayuda nunca hubiera sido posible.

En mi caso, desde que terminé mis estudios y me he dedicado a la podología como profesión siempre me ha interesado el problema que aquí planteamos, por eso quiero agradecer las posibilidades que me ha ofrecido el doctor Mariano de Prado y todas sus enseñanzas que quedarán para siempre en mi tarea profesional.

El trabajo personal de revisión y estudio de pacientes nunca se puede hacer en solitario, este además es un estudio multicéntrico, por eso quiero agradecer, en primer lugar al doctor Lafenetre, por su amabilidad a abrirme sus registros y acceso a sus pacientes, así como ha todo el personal del hospital San Carlos de Murcia, gracias a los cuales he podido coordinar este trabajo.

Por último, agradecer a los que he tenido más cerca y he incordiado con mis idas y venidas, a Sergio, mis hijas y a mis padres, gracias por vuestro apoyo.

Índice	11
Resumen	15
Abstract	25
Introducción	35
Definición y terminología	37
Anatomía y biomecánica del antepie	39
Biomecánica del antepie durante la marcha	43
El apoyo plantar durante el paso	47
Baropodometría	48
Hallux valgus	49
Clasificación y etiología de las metatarsalgias	51
Clínica de la metatarsalgia	59
Diagnóstico por la imagen	66
Tratamiento de las metatarsalgias	69
Cirugía del hallux valgus	77
Hipótesis y objetivos	81
Material y metodología	85
Población y metodología	87
Diagnóstico clínico y radiográfico	91
Técnica en “chevron”: procedimiento quirúrgico	93
Técnica de “scarf”: procedimiento quirúrgico	94
Técnica de Reverdin-Isham: procedimiento quirúrgico	96
Cirugía de la metatarsalgia: Osteotomía distal percutánea del metatarsiano	97
Técnica quirúrgica: osteotomías distales metafisarias (DMMO)	98
Recogida de datos	101
Estudio estadístico	101
Resultados	103
Resultados generales	105
Resultados en función de la edad	116
Resultados de la cirugía del hallux valgus	121
Resultados clínicos de las metatarsalgias aisladas y asociadas a hallux valgus	123

Discusión	131
Metatarsalgia, una decisión clínica	133
Cirugía del hallux valgus	141
Osteotomía de los metatarsianos laterales	154
Tenotomías asociadas	161
Complicaciones	162
Limitaciones del estudio	167
Conclusiones	169
Bibliografía	173
Anexos	197

Resumen

Resultados clínicos del tratamiento de la metatarsalgia aislada asociada con hallux valgus

Introducción

Metatarsalgia es un término amplio que se utiliza para referirse al dolor localizado o generalizado en la zona del antepié, en la cabeza del segundo, tercer y cuarto metatarsianos y en los dedos de los pies. Las causas de la metatarsalgia pueden ser primarias, secundarias o iatrogénicas. En el 90% de los casos el origen es mecánico y la condición puede definirse como metatarsalgia “estática” o “propulsora”. Muchos factores pueden desencadenar la metatarsalgia, incluidos cambios en la biomecánica de la marcha, actividad física excesiva o alteraciones morfológicas en la pierna. Es habitual que la metatarsalgia se asocie a patologías del primer radio del pie, especialmente hallux valgus o hallux rigidus. A medida que avanza, la metatarsalgia puede conducir a la luxación o subluxación de las articulaciones MTP, produciendo un desplazamiento distal de la placa plantar con aumento de la presión sobre las cabezas de la MT, lo que intensifica los síntomas.

El tratamiento quirúrgico está indicado cuando falla el tratamiento conservador o cuando la cirugía proporciona una solución práctica. El objetivo de la cirugía es restaurar la biomecánica y, por tanto, la distribución normal de la presión plantar en el antepié. Se han utilizado diversas técnicas quirúrgicas y se han aplicado más de 20 tipos diferentes de osteotomía, con variaciones en el punto donde se realiza la incisión (base, diafisaria o subcapital). Los abordajes varían desde una cirugía amplia hasta procedimientos localizados, todos los cuales se realizan en operaciones abiertas o percutáneas, con el fin de reducir o distribuir la presión plantar en las cabezas de los metatarsianos.

Nuestra hipótesis es que la cirugía percutánea del antepié puede resolver la metatarsalgia mecánica y como la forma del antepié no es homogénea en toda la población, se debe restaurar la forma y la biomecánica del antepié de acuerdo con las necesidades de cada paciente. Un hallux valgus asociado con metatarsalgia no debería influir en el resultado del tratamiento quirúrgico percutáneo de estos pacientes. Por ello, realizamos el presente estudio para analizar los casos de metatarsalgia tratados mediante DMMO (Distal Metatarsal Metaphyseal Osteotomy) percutáneo, comparando una población con metatarsalgia aislada y otra en la que estaba presente un hallux valgus. Las tres técnicas quirúrgicas empleadas en los casos de hallux valgus fueron la osteotomía de ‘chevron’, la técnica de ‘scarf’ con cirugía abierta y la osteotomía de Reverdin-Isham por vía percutánea. Evaluamos los resultados clínicos, analizamos la morfología del pie después de la cirugía y comparamos los resultados en pacientes con metatarsalgia y con metatarsalgia asociada con hallux valgus.

Población y metodología

Se realizó un estudio multicéntrico de 116 pies en los que se habían realizado operaciones de metatarsalgia, que incluyó a 116 pacientes, entre junio de 2011 y abril de 2015. En todos los casos se realizó un estudio preoperatorio, y un control, al menos tres meses, después de la operación. La edad media de los pacientes fue de 59 (DE: 7; rango: 38 - 78) años; 56 eran pies izquierdos y 60 pies derechos, y nuestra muestra solo contenía dos hombres. El período de seguimiento medio fue de 38 (DE: 12; rango: 18 - 71) meses. En el estudio participaron tres cirujanos. En cada centro se utilizó el mismo cuestionario y los resultados se introdujeron posteriormente en una base de datos. Recopilamos los datos y los combinamos para crear una tabla. Cuando faltaban datos, se consultaba telefónicamente a los pacientes o especialistas en cuestión. Visitamos los centros para recoger el material y recopilar información sobre las pruebas preoperatorias, la cirugía y los factores postoperatorios. Las metatarsalgias fueron mecánicas en 95 casos, 3 fueron consecuencia de enfermedad reumática (artritis reumatoide), 2 fueron de origen traumático, 11 fueron iatrogénicas, una se relacionó con un problema estático, 4 se asociaron a un quintus varus, y en 6 la causa fue inespecífica. Todos fueron tratados con osteotomía metatarsiana metafisaria distal (DMMO). Ochenta y siete pies tenían un hallux valgus asociado y en 26 casos el primer radio era normal, mientras que otros 3 pies tenían un hallux rigidus asociado. El hallux valgus se corrigió mediante la técnica de Chevron en 72 casos, la técnica de Scarf en 7 casos y la técnica de Isham-Reverdin en 37 casos. Analizamos los resultados en términos de edad (menores y mayores de 60 años). Se anotaron los casos que requirieron osteosíntesis. En cuanto a las técnicas empleadas en los metatarsianos laterales, la osteotomía de M2+M3+M4 se realizó en 121 ocasiones; de los cuatro metatarsianos laterales en 14 pies; de M2+M3 en 9; M2 solo en 2 casos; y M2+M4 y M3+M4 en un caso cada uno. En ocasiones se asoció artrodesis o artroplastia de la articulación interfalángica (IP), osteotomías percutáneas de la primera o segunda falange, o acortamiento. Esto fue más frecuente en el segundo dedo del pie (17 casos). Los tendones flexores o extensores tuvieron que seccionarse en numerosos casos. También se realizaron artrodesis interfalángica, artroplastia interfalángica y osteotomía percutánea de las falanges. En dos ocasiones se realizó mediante endoscopia el alargamiento de la cadena posterior.

Los datos preoperatorios recogidos incluyeron edad, sexo y preguntas sobre hábito tabáquico, tratamiento con corticoesteroides y anticoagulantes. Ninguno de los pacientes había sido tratado con corticoesteroides, 2 habían tomado anticoagulantes y 2 eran fumadores. Antes de la cirugía hubo una luxación de la segunda articulación metatarsofalángica en 5 pies y la tercera articulación en uno. Tres pacientes tenían genu valgo ($> 10^\circ$) y tres tenían genu varum ($> 10^\circ$); hubo una tibia vara y un caso de torsión de la pierna. Se utilizó el podoscopio para

establecer si la pisada era simétrica, fisiológica o asimétrica, y los pies se clasificaron en normales, planos (grados 1, 2 y 3) o cavos (grados 1, 2 y 3).

Técnica quirúrgica

Se utilizó anestesia con bloqueo de tobillo. El nervio tibial, las ramas cutáneas dorsales del nervio peroneo superficial, el nervio safeno, el nervio sural y el nervio peroneo profundo se anestesiaron con mepivacaína al 2% y bupivacaína entre 0,75 y 50%, por su rápida acción y duración del efecto.

Las DMMO se realizaron con una incisión en el espacio o espacios intermetatarsianos correspondientes. Se desperiostizó la cara externa del cuello del metatarsiano con la raspa DPR, y luego se introdujo la fresa larga Shannon 44 para realizar las osteotomías. Para prevenir la aparición de metatarsalgias de transferencia, la osteotomía no solo se realizó en el metatarsiano correspondiente a la hiperqueratosis. Siguiendo la indicación de Levanten, para la hiperqueratosis plantar en la cabeza del M2, se realizaron osteotomías en M2 y M3. Para la hiperqueratosis plantar en la cabeza de M3, se realizaron osteotomías en el M2, M3 y M4. Para la hiperqueratosis plantar en la cabeza de M4, se realizaron osteotomías en M3 y M4. Las osteotomías estaban indicadas en los tres metatarsianos centrales excepto en casos excepcionales de hiperpresión en la cabeza de un único metatarsiano, generalmente M4, correspondiente a la metatarsalgia por descenso del metatarsiano en cuestión.

El cirujano debe utilizar fluoroscopia para determinar la orientación de la osteotomía en un ángulo de 45° con respecto al plano de la planta, realizando la supinación con la mano para evitar cambiar la dirección del movimiento quirúrgico. Una vez realizada la osteotomía, las incisiones se suturaron con monofilamento 0000. Se lavó el pie y se utilizó un vendaje para realizar la tracción de los dedos en dirección medial con una correa metatarsiana. Se recomendó un zapato quirúrgico con suela rígida y plana. Las suturas se retiraron después de una semana y se le mostró al paciente cómo cambiar el vendaje para el lavado diario. Se le indicó al paciente que no caminara descalzo, sin calzado ni vendaje, para evitar el desplazamiento de las osteotomías. Al mes se programó una visita de seguimiento con radiografía, y si existía suficiente callo fibroso se le dio la opción de usar otro tipo de zapato, que debía ser ancho, con suela resistente y cordones, por 2-3 meses después de la cirugía.

Técnica percutánea para el tratamiento del hallux valgus

Se realizó una osteotomía distal tipo Reverdin - Isham del M1 aprovechando el abordaje utilizado para realizar la resección del hallux valgus. Se introdujo la fresa larga Shannon 44, apoyada en la cara interna del metatarsiano, en un ángulo oblicuo de 45°, y tomando como límite superior en la cortical superior la superficie del cartílago articular de la cabeza del metatarsiano, y como su límite inferior, el sitio inmediatamente posterior a la posición de los

sesamoideos. En esta posición, se trazó una línea de osteotomía distal-dorsal a proximal-plantar. La incisión se realizó hasta la corteza exterior, procurando conservarla. Se eliminó la corteza medial para diseñar la cuña a extraer. Luego, con un movimiento en varo del primer dedo, se realizó la osteoclasis de la cortical lateral del primer metatarsiano y se cerró la cuña. El resultado fue más estable que si hubiéramos realizado una osteotomía completa. Esta técnica se acompañó de una tenotomía de la m. abductor del dedo gordo y capsulotomía metatarsofalángica lateral. La anestesia para la cirugía abierta fue un bloqueo poplíteo.

Después se realizó la osteotomía de Akin en la base de la primera falange del primer dedo, con una nueva incisión de 0,3 a 0,5 cm en la cara dorsal, entre los tendones extensores y llegando hasta el periostio. Con una pequeña raspa de Bell, se extrajo el periostio de toda la cara interna de la base de la falange y se realizó una osteotomía en cuña interna con una broca larga Shannon 44, cuidando la cortical interna que se fracturó en la osteoclasis.

Osteotomía en 'scarf' se realizó con una incisión medial en la primera articulación metatarso-falángica, seguida de la capsulotomía en forma de "Y", la eliminación de la prominencia medial con una sierra y una liberación transarticular transversal lateral. Con una sierra oscilante, se realiza una osteotomía larga en forma de "Z", que se puede completar distal y proximalmente con una osteotomía. Se realiza un corte dorsal de 5 mm de longitud proximal a la superficie articular, que es perpendicular al segundo metatarsiano en el plano axial si no se precisa acortamiento y será oblicuo en el caso de precisar acortamiento del primer metatarsiano. El fragmento distal se desplaza lateralmente hasta un máximo de la mitad del ancho del hueso, dependiendo de la deformidad, para corregir la alineación, y se prueba la idoneidad de la corrección simulando el apoyo de peso sobre una superficie plana. En casos graves, el fragmento distal se puede girar para reducir el ángulo de DMMA.

La osteotomía en 'chevron' se realizó mediante una incisión medial centrada en la primera articulación metatarso-falángica. Se protege el nervio cutáneo dorsal. La cápsula medial se abre longitudinalmente y se corta una sección horizontal. Se eliminó la prominencia ósea medial en la cabeza de M1. El tejido se liberó en las regiones dorsal y plantar hasta que la falange proximal se alineó con el M1. Se realizó una osteotomía en forma de "V" con un ángulo de 60° centrado en la cabeza del M1. El fragmento de la cabeza se desplazó lateralmente entre la mitad y dos tercios del ancho del metatarsiano, según el grado de deformidad y el ancho del hueso, sin comprometer la estabilidad de la osteotomía. A continuación, procedimos a realizar la osteotomía. Se realizó una capsulorrafia medial para asegurar el realineamiento de los tejidos blandos y así reducir el riesgo de recurrencia.

[Recopilación de datos](#)

Para la exploración clínica y valoración de los resultados se utilizó la escala AOFAS, antes

de la cirugía y durante el seguimiento. Consideramos la fórmula digital, clasificando los pies según la longitud del primer y segundo dedo como: pie griego, pie egipcio o pie cuadrado, antes y después de la cirugía, y observamos la patología asociada en otros dedos, así como la movilidad plantar y dorsal de la articulación metatarso-falángica. En el examen clínico de la cadena posterior, observamos la presencia de acortamiento de las pantorrillas (diferencial $>15^\circ$) y posible cortocircuito del tendón de Aquiles. Dentro del estado estático general, examinamos al paciente en busca de posibles anomalías de genu valgo, genu varo o rotacionales de la extremidad inferior.

Los pacientes tenían morfología de pie plano de primer grado en 30 casos, segundo grado en 4 y tercer grado en 2. El pie cavo de primer grado estuvo presente en 27 pacientes, segundo grado en 10 y tercer grado en 7. En 33 de los pies intervenidos, el m. gastrocnemio era corto y en 2 pacientes el tendón de Aquiles era corto.

En la radiografía pre y postoperatoria estudiamos la relación entre la longitud del primer y segundo metatarsiano (M1) (M2), que dividimos en el clásico, Plus-Minus ($M1 = M2$), Minus ($M1 < M2$) o Más ($M1 > M2$). En el estudio radiográfico también observamos posibles luxaciones M-P, necrosis o pseudoartrosis y consolidación tardía.

Se anotó la impresión subjetiva del cirujano (0 - 10), tanto inmediatamente después de la cirugía como en la última revisión, cuando también registramos la valoración del paciente.

Los pacientes fueron examinados antes y después de la cirugía, a los 3 y 6 meses, y se realizó un control final al cabo de un año.

Estadística

Los resultados se evaluaron mediante estadística descriptiva de las variables estudiadas y comparando las variables a lo largo del tiempo. Comparamos los dos grupos de edad, es decir, pacientes mayores y menores de 60 años, y las dos patologías, es decir, metatarsalgia sola o asociada a hallux valgus.

Resultados

La mejoría en la puntuación final fue evidente, ya que tras la cirugía la puntuación fue superior a 80 sobre 100 en todos los metatarsianos frente a una puntuación inicial de 50. Observamos una mejoría significativa del dolor y los callos, con mejorías en MP e IP. estabilidad y en la alineación de los metatarsianos. Los requisitos relacionados con el calzado no cambiaron mucho después de la cirugía, pero hubo una ligera disminución de la movilidad tanto en las articulaciones metatarsofalángicas como interfalángicas. La flexión dorsal y plantar disminuyó levemente después de la cirugía en todos los dedos.

Del estudio radiográfico realizado antes de la operación obtuvimos la fórmula del

metatarsiano para fines de comparación con la situación postoperatoria, y observamos pocas modificaciones. Solo 7 pies en este estudio experimentaron un cambio a Plus ($M1 > M2$), 5 fueron Plus menos ($M1 = M2$) y dos fueron Menos ($M1 < M2$) antes de la cirugía.

En general, tanto los pacientes como los cirujanos expresaron altos niveles de satisfacción con el resultado y hubo pocos casos de decepción. La satisfacción media de los cirujanos con la operación expresada en una escala (de 0 a 10) fue de 8,11 (DE: 0,6; rango: 7 - 9). Encontramos pocos casos de pacientes (10%) o cirujanos (5%) que se sintieron decepcionados o muy decepcionados. Los pacientes se mostraron muy satisfechos en el 51,7% de los casos, mientras que este porcentaje fue menor en el caso de los cirujanos (35,3%).

No hubo diferencias entre los grupos de edad en la longitud de los metatarsianos ($M1-M2$). La puntuación general en la puntuación AOFAS mostró mejores resultados en el tercer y cuarto rayo en el grupo de mayor edad. La movilidad en los diferentes radios, midiendo la flexión dorsal y plantar con respecto a la edad, reveló valores más altos en el grupo de mayor edad para la flexión dorsal y plantar.

Se registró la puntuación total en la escala AOFAS antes y después de la cirugía para cada radio del pie. Los pacientes en los que se utilizó la técnica de Isham-Reverdin tuvieron puntuaciones más bajas, es decir, sus pies se vieron más afectados, pero tras la cirugía los puntajes alcanzaron niveles similares a los encontrados en el grupo Chevron. La fórmula digital ($M1-M2$) postoperatoria fue similar con todas las técnicas empleadas, siendo la única diferencia un mayor número de $M1 > M2$ en el grupo que había sido tratado con la técnica de Isham-Reverdin. La satisfacción tanto de los pacientes como de los cirujanos fue alta para todas las técnicas utilizadas, y podemos observar que porcentajes similares de sujetos que estaban “decepcionados” o “muy decepcionados” se encontraron en los grupos Chevron e Isham-Reverdin. En el grupo donde se utilizó la técnica Chevron, dos pacientes se describieron a sí mismos como “muy decepcionados”, resultado que no estuvo presente en los otros grupos de tratamiento.

Las principales diferencias entre la metatarsalgia asociada a hallux valgus o aislada fue el dolor: la metatarsalgia asociada a hallux valgus fue menos dolorosa que la metatarsalgia sola, lo que significó que la puntuación AOFAS preoperatoria también fue menor entre los casos de metatarsalgia aislada. La puntuación final de la AOFAS en el último seguimiento fue similar en ambos grupos. La única diferencia detectada entre los dos grupos se refería a la reducción de la flexión plantar después de la cirugía. La fórmula digital en ambos grupos fue similar antes de la cirugía. La mayoría de los pies eran de tipo egipcio, seguidos por los pies cuadrados y griegos. Aunque la mayoría de los pies en el grupo de hallux valgus (86,5%) pertenecían al tipo egipcio, en el grupo con metatarsalgia aislada algo más de la mitad (60%) eran egipcios y alrededor de

un tercio eran griegos (28%). Después de la cirugía, la proporción fue muy similar en el grupo de metatarsalgia aislada, mientras que en el grupo con hallux valgus la proporción de pies cuadrados aumentó considerablemente (56,2%) y el número de pies egipcios disminuyó (37,1%).

El índice metatarsiano $M1 < M2$ fue más frecuente en ambos grupos antes de la cirugía, encontrándose en el 80% de los casos de metatarsalgia aislada y en el 72% de los de hallux valgus. Después de la cirugía se había producido cierta redistribución: en el grupo con metatarsalgia aislada, dos tercios (64%) todavía tenían $M1 < M2$, y el tercio restante se dividió en partes iguales entre $M1 = M2$ (16%) y $M1 > M2$ (20%). En los casos de metatarsalgia asociada a hallux valgus, algo más de la mitad (56%) fueron $M1 = M2$, un tercio (37,1%) $M1 < M2$ y 6,7% $M1 > M2$.

La valoración subjetiva media de los cirujanos tras la cirugía se midió en una escala de 0 a 10, como 8,64 (DE: 0,69; rango: 8-9) para el grupo con metatarsalgia aislada y 8 (DE: 0,6; rango: 7 - 9) para el grupo con hallux valgus.

En cuanto a las complicaciones, encontramos algunos casos de acortamiento: uno en el cuarto radio en el grupo de metatarsalgia aislada y 2 en el segundo radio en el grupo con hallux valgus.

En el grupo con metatarsalgia sola, detectamos dos casos de consolidación tardía.

En el grupo con metatarsalgia asociada a hallux valgus hubo un caso de síndrome de dolor regional, 32 casos de edema posquirúrgico, un caso de consolidación tardía, una metatarsalgia de transferencia, cuatro recidivas y tres casos de hallux rigidus posquirúrgico

Conclusiones

1. En nuestro estudio la puntuación total de la escala AOFAS global después de la cirugía alcanza, al final del seguimiento, una puntuación media superior a 80 sobre 100, en todos los casos. La puntuación prequirúrgica media había sido de 50 puntos. El aumento de la puntuación se basa en la mejoría significativa del dolor y la desaparición de las callosidades, mejorando ligeramente la estabilidad articular metatarso-falángica e interfalángica y la alineación de los metatarsianos. El tipo de calzado no cambió tras la cirugía, disminuyendo la movilidad de las articulaciones metatarso- falángicas o interfalángicas.

2. la única diferencia entre el grupo de metatarsalgia aislada y el de metatarsalgia asociada a hallux valgus, al final del seguimiento, fue menor flexión plantar en el grupo de metatarsalgia asociada al hallux valgus.

3. La fórmula digital cambió con la cirugía. El 44,1% de los pies egipcios y el 55,5% de los pies griegos se transformaron en pies cuadrados. Este cambio es consecuencia del ligero

acortamiento de los metatarsianos operados. En el grupo de metatarsalgia asociada a hallux valgus aumentaron los pies cuadrados (56,2%) y disminuyeron los pies egipcios (37,1%).

4. La fórmula metatarsiana no cambió con la cirugía.

5. Al final del tratamiento el 51,7% de los pacientes estaban muy satisfechos y el 39,3% satisfechos. Solo el 10% de los pacientes se mostraron decepcionados o muy decepcionados una vez concluido el tratamiento.

6. Las complicaciones fueron pocas, encontramos una metatarsalgia por transferencia, cuatro recidivas que requirieron el retoque del segundo metatarsiano y dos retardos de consolidación. En el grupo de metatarsalgia asociada a hallux valgus tuvimos un síndrome de dolor regional y tres casos de hallux rigidus. El edema después de la cirugía fue muy frecuente (32 casos), pero desapareciendo al poco tiempo.

Abstract

Clinical results of treatment for isolated metatarsalgia associated with hallux valgus

Introduction

Metatarsalgia is a broad term used to refer to localized or generalized pain in the forefoot area, at the heads of the second, third and fourth metatarsals and the toes. The causes of metatarsalgia may be primary, secondary, or iatrogenic. In 90% of cases the origin is mechanical, and the condition can be defined as either “static” or “propulsive” metatarsalgia. Many factors can trigger metatarsalgia, including changes in the biomechanics of gait, excessive physical activity, or morphological alterations in the leg. It is usual for metatarsalgia to be associated with pathologies of the first ray of the foot, particularly hallux valgus or hallux rigidus, although these pathologies can be differentiated. As it takes its course, metatarsalgia may lead to luxation or subluxation of the MTP joints, producing distal displacement of the plantar plate with an increase in pressure on the heads of the MT, which intensifies the symptoms.

Surgical treatment is considered when conservative treatment fails or where surgery provides a practical solution. The aim of surgery is to restore the biomechanics and thus the normal distribution of plantar pressure in the forefoot. Various surgical techniques have been used and over 20 different types of osteotomy have been applied, with variations in the point where the incision is made (base, diaphyseal or subcapital) and in the measures taken concerning the soft tissues. The approaches vary from broad surgery to localized procedures, all of which are performed in open or percutaneous operations with a view to reducing or distributing the plantar pressure on the heads of the metatarsals.

Our hypothesis is that percutaneous surgery of the forefoot can resolve mechanical metatarsalgia. Since it should not be assumed that the shape of the forefoot is homogeneous across the population, it is important to restore the shape and biomechanics of the forefoot according to the needs of each patient, and where hallux valgus associated with metatarsalgia is present, this should not influence the result of percutaneous surgical treatment of these patients. For this reason, we conducted the present study to analyze the cases of metatarsalgia treated using percutaneous DMMO (Distal Metatarsal Metaphyseal Osteotomy), comparing a population with isolated metatarsalgia with another where associated hallux valgus was present. The three surgical techniques used in the cases of hallux valgus were Chevron osteotomy, the Scarf technique with open surgery, and the Reverdin-Isham osteotomy performed percutaneously. We evaluated the clinical results, analyzed the morphology of the foot after surgery, and compared the results in patients with metatarsalgia alone and metatarsalgia associated with hallux valgus.

Population and methodology

We conducted a multicenter study of 116 feet on which operations had been performed for metatarsalgía, comprising 116 patients, between June 2011 and April 2015. In all cases a pre-operative study was carried out, and a further study was conducted at least three months after the operation. The mean patient age was 59 years (SD: 7; range: 38 – 78); 56 were left feet and 60 were right feet, and our sample only contained two men. The mean follow-up period was 38 months (SD: 12; range: 18 – 71). Three surgeons took part in the study. In each center the same questionnaire was used, and the results were subsequently keyed into a database. We collected the data and combined them to build a table. When data were missing, we consulted the patients or specialists in question by telephone. We visited the centers to collect the material and compile information about the pre-operative tests, surgery and post-operative factors. The metatarsalgias were mechanical in 95 cases, 3 were a consequence of rheumatic disease (rheumatoid arthritis), 2 were of traumatic origin, 11 were iatrogenic, one was related to a static problem, 4 were associated with a quintus varus toe, and in 6 the cause was unspecific. All were treated with Distal Metatarsal Metaphyseal Osteotomy (DMMO). Eighty-seven feet had an associated hallux valgus and in 26 cases the first radius was normal, while a further 3 feet had associated hallux rigidus. The hallux valgus was corrected using the Chevron technique in 72 cases, the Scarf technique in 7 cases, and the Isham-Reverdin technique in 37 cases. We analyzed the results in terms of age (younger and older than 60 years). The cases that required osteosynthesis were noted. Regarding the techniques used on the lateral metatarsals, osteotomy of the M2+M3+M4 was performed on 121 occasions; of all four lateral metatarsals in 14 feet; of M2+M3 in 9; M2 alone in 2 cases; and M2+M4 and M3+M4 in one case each. On occasions, arthrodesis or arthroplasty of the interphalangeal (IP) joint was associated, or percutaneous osteotomies of the first or second phalanx, or shortening. This was most frequent in the second toe (17 cases). The flexor or extensor tendons had to be sectioned in numerous cases. Interphalangeal arthrodesis, interphalangeal arthroplasty and percutaneous osteotomy of the phalanges were also performed. On two occasions, lengthening of the posterior chain was performed by endoscopy.

The pre-operative data gathered included age, sex, and questions about smoking habits, treatment with corticosteroids and anti-coagulants. None of the patients had been treated with corticosteroids, 2 had taken anti-coagulants and 2 were smokers. Before surgery there was a luxation of the second metatarsophalangeal joint in 5 feet and the third joint in one. Three patients had genu valgum ($>10^\circ$), and three had genu varum ($>10^\circ$); there was one tibia vara and one case of torsion of the leg. The podoscope was used to establish whether the

footprint was symmetrical, physiological or asymmetrical, and the feet were classified as normal, flat (grade 1, 2 and 3) or cavus (grade 1, 2 and 3).

Surgical technique

Ankle-block anesthesia was used. The tibial nerve, dorsal cutaneous branches of the superficial peroneal nerve, the saphenous nerve, the sural nerve, and the deep peroneal nerve were anesthetized using 2% mepivacaine and 0.75% to 50% bupivacaine, on the grounds of their rapid and long-lasting effect.

The distal percutaneous metaphyseal osteotomies were performed through an incision in the corresponding intermetatarsal space or spaces. The periosteum was detached from the external aspect of the neck of the metatarsal using the DPR scraper, and then the long Shannon 44 drill was introduced to perform the osteotomies. To prevent the occurrence of transfer metatarsalgias, the osteotomy was not only performed in the metatarsal corresponding to the hyperkeratosis, following the formula published by Levanten, for plantar hyperkeratosis in the head of the second metatarsal, osteotomies were performed in the second and third metatarsals. For plantar hyperkeratosis in the head of the third metatarsal, osteotomies were performed in the second, third and fourth metatarsal. For plantar hyperkeratosis in the head of the fourth metatarsal, osteotomies were performed in the third and fourth metatarsals. Osteotomies were indicated in the three central metatarsals except in exceptional cases of hyperpressure on the head of a single metatarsal, usually the fourth, corresponding to metatarsalgia caused by descent of the metatarsal in question.

The surgeon should use fluoroscopy to determine the orientation of the osteotomy at an angle of 45° to the plane of the sole, performing supination with the hand in order to avoid changing the direction of the surgical movement. Once the osteotomy has been performed, the incisions were sutured with 0000 monofilament. The foot was washed and a bandage was used to perform traction on the toes in a medial direction with a metatarsal strap. A surgical shoe with a stiff, flat sole was recommended. The sutures were removed after one week, and the patient was shown how to change the bandage for daily washing. The patient was told not to walk barefoot, without shoe or bandage, in order to prevent displacement of the osteotomies. After one month, a follow-up visit with radiography was scheduled, and if there was sufficient fibrous callus the patient was given the option of wearing another kind of shoe, which should be wide, with a resistant sole and laces, for 2-3 months after surgery.

Percutaneous technique for the treatment of hallux valgus

Reverdin Isham-type distal osteotomy of the first metatarsal was performed taking advantage of the approach used to carry out the bunion resection. The long Shannon 44 drill was introduced, supported on the internal aspect of the metatarsal, at an oblique angle of 45°,

and taking as its upper limit in the superior cortical bone the surface of the joint cartilage of the metatarsal head, and as its lower limit, the site immediately posterior to the position of the sesamoids. In this position, a distal-dorsal to proximal-plantar osteotomy line was drawn. The incision was made as far as the exterior cortex, taking care to conserve it. The medial cortex was eliminated to design the wedge to be extracted. Then, with a varus movement of the first toe, the osteoclasia of the lateral cortex of the first metatarsal was performed, and the wedge was closed. The result was more stable than if we had performed a complete osteotomy. This technique was accompanied by a tenotomy of the m. abductor hallucis and a lateral metatarso-phalangeal capsulotomy.

After this followed the Akin osteotomy of the base of the first phalanx of the first toe, with a new incision of 0.3 to 0.5 cm in the dorsal aspect, inside the extensor tendons and reaching as far as the periosteum. Using a small Bell scraper, the periosteum was removed from the entire inner aspect of the base of the phalanx and an internal wedge osteotomy was performed using a long Shannon 44 drill, taking care with the inner cortex that was fractured in the osteoclasia.

Scarf osteotomy: A medial incision is made on the first metatarso-phalangeal joint, followed by a "Y"-shaped capsulotomy, the elimination of the medial prominence using a saw, and a lateral transversal transarticular liberation. With an oscillating saw, a long osteotomy is performed in a "Z" shape, which can be completed distally and proximally with an osteotomy. A dorsal cut 5 mm in length is made proximally to the joint surface, which is perpendicular to the second metatarsal in the axial plane. The distal fragment is displaced laterally for a maximum of half the width of the bone, depending on the deformity, to correct the alignment, and the adequacy of the correction is tested by simulating weight-bearing on a flat surface. In severe cases, the distal fragment can be turned to reduce the intermetatarsal angle of the former.

The chevron osteotomy is performed via a medial incision centered on the first metatarso-phalangeal joint. The dorsal cutaneous nerve is protected. The medial capsule is opened longitudinally and a horizontal section is cut. The medial bony prominence on the head of the first metatarsal is eliminated. The tissue is released in the dorsal and plantar regions until the proximal phalanx is aligned with the first metatarsal. A "V" shaped osteotomy with a 60° angle centered on the head of the first metatarsal is performed. The capital fragment is displaced laterally between half and two thirds of the width of the metatarsal, depending on the degree of deformity and the width of the bone, without compromising the stability of the osteotomy. Then, we proceed to perform the osteotomy using a Kirschner wire. A medial capsulorrhaphy is performed to ensure the realignment of the soft tissues and thus reduce the risk of recurrence.

Data collection

For the clinical exploration and assessment of the results, we used the AOFAS scale, which has been standardized in Spanish, before surgery and during follow-up. We considered the digital formula, classifying the feet according to the length of the first and second toe as: Greek foot, Egyptian foot or square foot, before and after surgery, and we noted the associated pathology in other toes, as well as the M-P plantar and dorsal mobility. In the clinical examination of the posterior chain, we noted the presence of shortening of the calves (differential $>15^\circ$) and possible short Achilles tendon. Within the overall static status, we examined the patient for possible genu valgum, genu varum, or rotational anomalies of the lower limb.

The patients had first degree flat foot morphology in 30 cases, second degree in 4 and third degree in 2. First degree pes cavus was present in 27 patients, second degree in 10 and third degree in 7. In 33 of the feet operated on, the m. gastrocnemius was short, and in 2 patients the Achilles tendon was short.

In the pre- and post-operative X-Ray we studied the relationship between the length of the first and second metatarsals (M1) (M2), which we divided into the classical one, Plus-Minus ($M1=M2$), Minus ($M1<M2$) or Plus ($M1>M2$). In the radiographic study we also observed possible M-P luxations, necrosis or pseudoarthrosis, and delayed consolidation.

The surgeon's subjective impression was noted (0 – 10), both immediately after surgery and in the last check-up, when we also recorded the patient's assessment.

Patients were examined before and after surgery, at 3 and 6 months, and a final check-up was performed after one year had passed.

Statistics

The results were evaluated using descriptive statistics on the variables studied, and comparing the variables over time. We compared the two age groups, that is, patients over and under 60 years of age, and the two pathologies, that is, metatarsalgia alone or associated with hallux valgus.

Results

The improvement in the final score was obvious, since after surgery the score was greater than 80 out of 100 in all the metatarsals compared with an initial score of 50. We observed a significant improvement of pain and calluses, with improvements in M-P and I-P joint stability and in the alignment of the metatarsals. Requirements concerning footwear did not change greatly after surgery, but there was a slight decline in mobility both in the metatarso-phalangeal

and the interphalangeal joints. Dorsal and plantar flexion decreased slightly after surgery in all the toes.

From the radiographic study performed before the operation we obtained the metatarsal formula for purposes of comparison with the post-operative situation, and we observed few modifications. Only 7 feet in this study underwent a change to Plus ($M1 > M2$), 5 were Plus minus ($M1 = M2$) and two were Minus ($M1 < M2$) before surgery.

Among the complications, we observed 9 dislocations in MP2, 2 in MP 3, another 2 in MP4 and one in MP5.

In general, both patients and surgeons expressed high levels of satisfaction with the result, and there were few cases of disappointment. The surgeons' mean satisfaction with the operation expressed on a scale (from 0 to 10) was 8.11 (SD: 0.6; range: 7 – 9). We found few cases of patients (10%) or surgeons (5%) who were disappointed or very disappointed. Patients were very satisfied in 51.7% of cases, while this percentage was lower in the case of the surgeons (35.3%).

There were no differences between age groups in the length of the metatarsals ($M1 - M2$). The overall score on the AOFAS score showed better results in the third and fourth ray in the older group. The mobility in the different radii, measuring dorsal and plantar flexion with respect to age revealed higher values in the older age group for both dorsal and plantar flexion.

The total score on the AOFAS scale before and after surgery for each radius of the foot was recorded. The patients in whom the Isham-Reverdin technique was used had lower scores, that is, their feet were more severely affected, but after surgery the scores attained levels similar to those found in the Chevron group. The digital formula ($M1 - M2$) after surgery was similar with all the techniques used, the only difference being a larger number of $M1 > M2$ in the group that had been treated using the Isham – Reverdin technique. Satisfaction among both patients and surgeons was high for all the techniques used, and we can observe that similar percentages of subjects who were “disappointed” or “very disappointed” were found in the Chevron and the Isham-Reverdin groups. In the group where the Chevron technique was used, two patients described themselves as “very disappointed”, an outcome that was not present in the other treatment groups.

The main differences between metatarsalgia associated with hallux valgus or isolated was pain: metatarsalgia associated with hallux valgus was less painful than metatarsalgia alone, which meant that the pre-operative AOFAS score was also lower among the cases of isolated metatarsalgia. The final AOFAS score at last follow-up was similar in both groups. The only difference detected between the two groups concerned reduced plantar flexion after surgery. The digital formula in both groups was similar before surgery. Most feet were of Egyptian type,

followed by Greek and lastly square feet. Although the majority of feet in the hallux valgus group (86.5%) belonged to the Egyptian type, in the group with isolated metatarsalgia rather more than half (60%) were Egyptian and around one third were Greek (28%). After surgery, the proportion was very similar in the isolated metatarsalgia group, while in the group with hallux valgus the proportion of square feet rose considerably (56.2%) and the number of Egyptian feet dropped (37.1%).

The metatarsal index $M1 < M2$ was most frequent in both groups before surgery, being found in 80% of cases of isolated metatarsalgia and 72% of those with hallux valgus. After surgery some redistribution had taken place: in the group with isolated metatarsalgia, two thirds (64%) still had $M1 < M2$, and the remaining third were divided equally between $M1 = M2$ (16%) and $M1 > M2$ (20%). In the cases of metatarsalgia associated with hallux valgus, just over half (56%) were $M1 = M2$, one third (37.1%) $M1 < M2$ and 6.7% $M1 > M2$.

The surgeons' mean subjective assessment after surgery was measured on a scale from 0 to 10, as 8.64 (SD: 0.69; range: 8-9) for the group with isolated metatarsalgia and 8 (SD: 0,6; range: 7 – 9) for the group with hallux valgus.

Regarding complications, we found some instances of shortening: one in the fourth radius in the isolated metatarsalgia group and 2 in the second radius in the group with hallux valgus.

In the group with metatarsalgia alone, we detected two cases of delayed consolidation.

In the group with metatarsalgia associated with hallux valgus there was one case of regional pain syndrome, 32 cases of edema after surgery, one case of delayed consolidation, one tranfer metatarsalgia, four recurrences and three cases of hallux rigidus after surgery

Conclusions

1. In our study, the total score of the global AOFAS score after surgery reaches, at the end of follow-up, a mean score greater than 80 out of 100 points, in all cases. The mean preoperative score had been 50 points. The increase in the score is based on the significant decrease in pain and the disappearance of calluses, slightly improving metatarsophalangeal and interphalangeal joint stability and metatarsal alignment. The type of footwear did not change after surgery, reducing the mobility of the metatarsophalangeal or interphalangeal joints.

2. The only difference between the group with isolated metatarsalgia and the group with metatarsalgia associated with hallux valgus, at the end of follow-up, was less plantar flexion in the group with metatarsalgia associated with hallux valgus.

3. The digital formula changed with surgery: 44.1% of Egyptian feet and 55.5% of Greek feet were converted to square feet. This change is a consequence of the slight shortening of the

operated metatarsals. In the group with metatarsalgia associated with hallux valgus, square feet increased (56.2%) and Egyptian feet decreased (37.1%).

4. The metatarsal formula did not change with surgery.

5. At the end of the treatment, 51.7% of the patients were very satisfied and 39.3% satisfied. Only 10% of the patients were disappointed or very disappointed after the treatment ended.

6. Complications were few, we found one metatarsalgia due to transfer, four recurrences that required retouching of the second metatarsal and two delays of consolidation. In the group with metatarsalgia associated with hallux valgus, we had one regional pain syndrome and three cases of hallux rigidus. Edema after surgery was very frequent (32 cases), but it disappeared after a short time.

Introducción

Definición y terminología

La metatarsalgia es un término muy amplio que se refiere a una situación clínica definida por intenso dolor en la región anterior del pie, localizada en la zona de apoyo de las cabezas metatarsianas que irradia hacia los dedos [3,78,85-87,177,216-218,307,308]. Según Besse et al., [21] la metatarsalgia es la condición que afecta al antepie y presenta una clínica de dolor bajo las cabezas de los metatarsianos debido a una alteración en la presión plantar como resultado de una transferencia anormal de fuerzas. Con mayor frecuencia el dolor se localiza por debajo de las cabezas metatarsianas centrales, comprendiendo al 2º, 3º y 4º metatarsianos [3,78,86,87] (Figura 1).



Figura 1. Metatarsalgia con queratosis plantar, debajo de las cabezas del 2º, 3er y 4º metatarsianos

Un M1 corto es para muchos autores el factor principal para desarrollar una metatarsalgia primaria [86,227,307], pero puede estar asociada a otras entidades, en primer lugar, con el hallux valgus, también con el neuroma interdigital de Morton, la sinovitis metatarso-falángica (MTF), la inestabilidad de la MTF, la necrosis avascular de Freiberg [272], fracturas por fatiga y algunas enfermedades sistémicas. Además, hay alteraciones, congénitas o adquiridas, en los metatarsianos centrales que se manifiestan con un metatarsiano flexionado o extendido, alargado, acortado o con un hiperdesarrollo de la extremidad distal que llevan a un aumento de la carga.

Como hemos señalado, es frecuente asociar la metatarsalgia con patologías que afectan al primer radio, especialmente el hallux valgus o el hallux rigidus.

Las causas que producen una metatarsalgia se clasifican en primarias, secundarias y iatrogénicas. Las consideraciones anatómicas y biomecánicas separan las metatarsalgias "estáticas" de las "propulsivas" [21]. Las metatarsalgias "estáticas" pueden hacer referencia al dolor en el antepie que se produce durante, lo que algunos llaman, el segundo *rocker*, es decir, cuando apoya toda la planta del pie durante el ciclo de marcha, mientras que las "propulsivas" aparecerían durante el despegue de los dedos del pie o llamado el tercer *rocker*. El pie durante la marcha tiene tres momentos mecánicamente muy diferenciados, el apoyo de talón, el apoyo de la planta del pie y el despegue de los dedos del pie del suelo. Son momentos diferentes, pero se suelen dar de forma continua y esto hace que para el paciente sea muy difícil distinguir un momento de otro. Son muy seguidos y poco diferenciados.

La evolución de la metatarsalgia puede llevar a una luxación o subluxación de las articulaciones metatarso-falángicas que desplazan hacia distal la almohadilla plantar con un aumento de la presión sobre las cabezas de los metatarsianos apareciendo una clínica florida.

En el 90% de los casos la metatarsalgia es de origen mecánico [3][77] si bien hay que concretar su diagnóstico para proceder al tratamiento más específico [109][177][218][307], pero son muchos los factores que pueden desencadenar una metatarsalgia, casi todos ellos relacionados con las alteraciones en la biomecánica de la marcha, una actividad física excesiva o alteraciones morfológicas de la extremidad inferior [71][85][311].

Una causa frecuente de metatarsalgia es cuando uno o más de los metatarsianos son demasiado largos o protruyen hacia plantar, aumentando las presiones de apoyo plantar durante la marcha [277]. Se puede encontrar una metatarsalgia de un solo metatarsiano cuando éste es demasiado largo y desarrolla una hiperqueratosis mientras que con un metatarsiano demasiado corto se puede apreciar una metatarsalgia de transferencia en los metatarsianos vecinos [277]. Un primer radio corto, de causa congénita, asociado a un segundo radio largo predispone a una inestabilidad del segundo radio y a un aumento de sollicitaciones sobre la segunda porción de la aponeurosis plantar [115][116].

Un metatarsiano largo modifica la parábola metatarsal, esa línea parabólica que sigue el contorno distal de las cabezas metatarsianas en una radiografía dorso-plantar, y aumenta las sollicitaciones bajo la cabeza involucrada durante la fase de propulsión de la marcha; por el contrario, un metatarsiano corto aumenta las presiones plantares en los radios adyacentes [291] (Figura 2). Un metatarsiano hiperextendido conlleva la transferencia de las fuerzas reactivas del suelo hacia los radios adyacentes, mientras que un metatarsiano flexionado, con una protuberancia plantar o desarrollo de la cabeza metatarsal, aumentarán las presiones en la zona del propio metatarsiano [291].



Figura 2. Metatarsalgia. Radiografía dorso-plantar en carga mostrando la “parábola metatarsal”. Imagen de la queratosis plantar

Anatomía y biomecánica del antepie

La articulación entre el antepie con el mediopie es la articulación tarso-metatarsiana o articulación de Lisfranc, una articulación multicompartimental con espacios variables. Se han detectado numerosos huesos sesamoideos en el pie englobados, parcial o totalmente, en los tendones que pueden estar integrados en la fascia plantar de las articulaciones MTF [156].

La articulación de Lisfranc tiene tres componentes funcionales, el lateral el metatarsiano 4º (M4) y el quinto metatarsiano (M5) o radios 4º y 5º que aporta fundamentalmente la flexión dorsal (10° a 25°) y contribuye a la desaceleración durante la marcha; el componente central segundo (M2) y tercer metatarsianos (M3) o 2º y 3er radio, está constreñido y tiene, por lo tanto, un rango de movilidad limitado lo cual puede explicar la frecuencia de la metatarsalgia en esta zona y el componente medial, el primer metatarsiano (M1) o 1er radio, que aporta la flexión plantar (5° - 10°) y permite la pronación para efectuar la acción propulsiva del hallux [21].

La estructura ósea del antepie está formada por los cinco huesos metatarsianos, las falanges y los sesamoideos.

Examinando los diferentes tipos de antepié se observa una variabilidad en la terminación de los dedos y los metatarsianos que ha definido la fórmula metatarsal (FM) y la fórmula digital [238][307]. La fórmula metatarsal se obtiene desde la radiografía, mientras que la fórmula digital observando el pie del paciente en bipedestación y atendiendo a la relación de longitud de los dedos.

La relación entre las longitudes de los metatarsianos es conocida como la fórmula metatarsal [3]. En el plano horizontal, las cabezas de los metatarsianos siguen una curva [177] donde la segunda de M2 debe encontrarse al mismo nivel que la primera o ligeramente más proximal. Los métodos más usados para cuantificar la fórmula metatarsal son la “línea transversal de Morton” y el método de arco de Hardy y Clapham [3][122][123][197].

La línea transversal de Morton (Figura 3a), se realiza trazando una línea sobre la diáfisis del segundo metatarsiano, seguidamente se traza una línea transversal perpendicular a la cúspide de la cabeza del primer metatarsiano, posteriormente se traza una línea transversal a la cúspide del segundo metatarsiano y finalmente se mide la distancia en milímetros entre las dos líneas transversales [227].

El método de arco de Hardy y Clapham (Figura 3b), consiste diseñar una línea sobre la diáfisis del segundo metatarsiano, a continuación, se marca el centro de los arcos en la intersección de esta línea dibujada anteriormente, con otra línea, que toca el punto más medial de la articulación astrágalo-navicular y el punto más lateral de la articulación calcáneo-cuboidea. Seguidamente se dibuja un arco que toca el vértice de la cabeza del primer metatarsiano, posteriormente, se dibuja otro arco que toca el vértice de la cabeza del segundo metatarsiano, y por último, se mide la distancia entre los dos arcos [122][123].

Arie et al., [3] en un estudio en 56 pacientes realizando radiografías de sus 112 pies, 56 con metatarsalgia y 56 de control, utilizaron para tomar las mediciones con la línea transversa de Morton y el método del arco de Hardy y Clapham sin encontrar una relación entre los dos sistemas. La fórmula metatarsal prevalece independiente del método de medición, en ambos grupos predominó el acortamiento del primer metatarsiano.

La fórmula metatarsal depende de la longitud de los metatarsianos y, siguiendo a Viladot [307] cuando el primero y el segundo metatarsianos son iguales, se habla de un pie “Index Plus Minus” ($M1=M2$); si el primer metatarsiano es más largo que el segundo ($M1>M2$), sería un “Index Plus” y, finalmente, cuando el primer metatarsiano es más corto que el segundo ($M2>M1$), se trata de un pie “Index Minus” (Figura 4). La fórmula metatarsal Index Minus, se considera como el patrón más común [12], aunque cualquiera de las fórmulas metatarsales descritas, son completamente normales. Se postula, aunque sin ninguna evidencia, que cualquier rotura de este patrón produce cambios biomecánicos sintomáticos en el antepié

[12][147][175]. Un primer metatarsiano corto está considerado como un factor predisponente para el desarrollo de metatarsalgias por transferencia de cargas a los metatarsianos adyacentes [3][50][77][87][307].

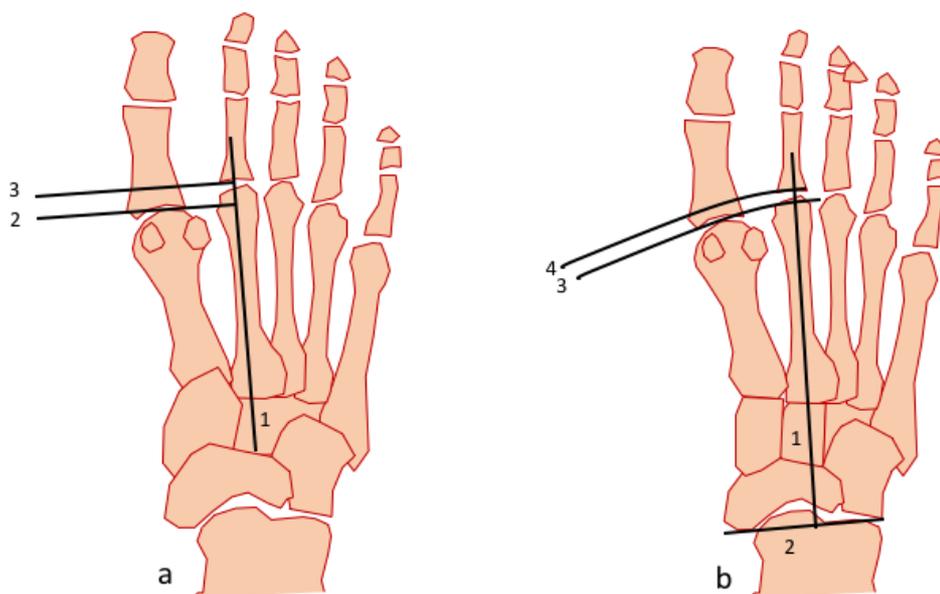


Figura 3. a) método de la línea transversa de Morton y b) método del arco de Hardy y Clapham

La parábola que marca el contorno distal de la cabeza de los metatarsianos es normal siempre que el resto de los metatarsianos sean menores que el anterior en proporción geométrica [307]. Maestro [191] vio que con frecuencia la progresión geométrica de la parábola es tal que entre M2 y M3 hay una diferencia de longitud de 3 mm, entre M3 y M4, de 6 mm, y entre M4 y M5, 12 mm. Además, el sesamoideo lateral y la cabeza de M4 están al mismo nivel, medidos con respecto a la perpendicular al eje diafisario de M2 (Figura 5).

Arie et al., [3] encontraron una alta prevalencia de pies con un segundo metatarsiano más largo (Index minus) tanto en pacientes con metatarsalgia primaria como en el grupo control. Estos evaluaron la fórmula metatarsal empleando una radiografía y siguiendo el método de la línea transversal de Morton. Kaz et al., [155], en 169 pacientes con un segundo dedo montado sobre el tercero, solo el 44% de los pacientes presentaban un M2 más largo que el primero, utilizando la medición de Hardy y Clapham. Bhutta et al., [22] analizaron radiografías estandarizadas de 81 pies con inestabilidades en la segunda articulación metatarso-falángica, sin encontrar diferencias en los distintos grados de inestabilidad.



Figura 4. Fórmula metatarsal, a) $M1 > M2$, b) $M2 > M1$, c) $M1 = M2$



Figura 5. Antepie “armónico” cumpliendo con la parábola de Maestro

Otra clasificación anatómica o morfológica del antepie es fijándose en la longitud de los dedos, así un pie cuadrado sería un pie que tiene todos sus dedos de una longitud aproximadamente igual (Figura 6); el pie griego, considerando que es el perfecto el de las estatuas clásicas, sería el que tiene el segundo dedo más largo que el resto (Figura 6) y, finalmente, el pie egipcio sería un pie con el primer dedo (hallux) más largo que los demás

(Figura 6). Esta clasificación no guarda relación con la clínica, pero puede ser interesante tenerla en cuenta después de efectuar osteotomías en el antepie.



Figura 6. Morfología del pie, a) pie cuadrado, b) pie egipcio, c) pie griego

Biomecánica del antepie durante la marcha

La locomoción es la capacidad de los animales para desplazarse activamente en el espacio, la función orgánica que caracteriza la vida de los animales pues permite su supervivencia y constituye un conjunto de movimientos que se acompañan de múltiples actividades vitales. Los animales están adaptados para desplazarse en su medio, agua, aire o tierra, y en cada uno de ellos de manera diferente.

Todas las formas de locomoción buscan producir una fuerza de reacción en el medio regidas por las leyes de la física. Un animal en reposo tiende a permanecer en reposo (primera ley de Newton o principio de la inercia). Por el contrario, si una fuerza actúa contra su medio, en respuesta ejercerá una fuerza contraria (tercera ley de Newton o principio de acción – reacción) y, además, lo acelera (segunda ley de Newton o principio fundamental).

La anatomía del cuerpo humano se puede considerar como un conjunto de palancas que accionan por las fuerzas desarrolladas por sus músculos que determinan nuestra manera de movernos y desplazarnos. La anatomía restringe y dirige la movilidad. Por otra parte, la anatomía comparada muestra las diferentes posibilidades de locomoción en el mundo animal y pequeñas modificaciones en la estructura anatómica, producirán grandes cambios en sus movimientos.

En el hombre, a diferencia de los animales, hay una asimetría y diferenciación anatómica y funcional entre los miembros inferiores y los superiores. Los miembros inferiores, potentes, estables y vastos, con huesos, articulaciones y músculos mayores para controlar los desplazamientos y soportar el peso. Por el contrario, los miembros superiores con articulaciones y músculos finos están diseñados para la manipulación en cualquier punto del

espacio. La mano y el pie en los primates muestran pocas diferencias, en el hombre cada extremidad está diseñada para una función determinada.

La marcha es la actividad básica del movimiento, característica y propia del hombre. Sin embargo, no por ello deja de ser un movimiento complejo que asegura el desplazamiento del cuerpo por el campo gravitatorio terrestre y que se complica cuando la superficie de desplazamiento no es la adecuada. Es un periodo cíclico que requiere la coordinación motora y muscular para controlar las fuerzas de la gravedad, que son las principales fuerzas motrices para hacer progresar el cuerpo y asegurar el movimiento de los miembros inferiores que contribuyen al equilibrio. No podemos olvidar el balanceo de los miembros superiores y la posición del tronco para optimizar la marcha.

La deambulación, es la secuencia de movimientos repetitivos de los miembros inferiores para desplazar el centro de masa del cuerpo, en principio hacia delante, manteniendo la estabilidad [242].

La marcha humana es el proceso que nos libra de la catástrofe potencial gracias al movimiento rítmico hacia delante de una pierna y de otra para evitar la caída. El desarrollo humano del m. glúteo mayor, el mayor músculo del cuerpo, es una consecuencia del bipedismo pues mantiene el tronco erguido evitando la caída que, por la inercia, en cada zancada inclina el cuerpo hacia delante. También la pelvis humana presenta un hueso iliaco corto para acortar, a su vez, el tronco y descender el centro de gravedad y aproximarlos a la articulación de la cadera disponiendo así de un brazo de palanca pequeño para evitar la fatiga del m. glúteo mayor. La actividad de este músculo aumenta con la velocidad de la marcha [97][100][101][112][242].

Los pasos son movimientos secuenciales de los miembros inferiores durante la marcha. Un paso está determinado por el conjunto de fenómenos y el tiempo entre el apoyo de un talón y el apoyo del talón contralateral. Por su parte, el ciclo de marcha es la actividad de un solo miembro inferior, desde el contacto del talón hasta el siguiente contacto del mismo con el suelo. El ciclo de marcha se divide en porcentajes para relacionar cualquier evento con la duración total del ciclo y comparar fenómenos de duraciones diferentes y personas de diferentes condiciones [112][140][228][242].

Por su parte, el ciclo de la marcha es el movimiento que acontece entre el choque de talón de un paso y el choque de talón del mismo pie en el siguiente paso [112][140][228][242]. Cada ciclo está compuesto por dos periodos; la fase de apoyo o de contacto y la fase de balanceo u oscilación de la misma pierna (Figura 7).

Durante el ciclo de marcha hay fases de apoyo, momentos durante el cual el pie del miembro inferior descansa en el suelo y el peso del sujeto que anda se descarga sobre ese pie.

En la fase de oscilación, el miembro inferior avanza hacia delante sin soportar peso. Para avanzar debe flexionar y extender el miembro inferior (Figura 8).

Durante el apoyo ya hemos hablado de los tres momentos de apoyo del pie (*rockers*), apoyo de talón en el suelo, apoyo de toda la planta del pie y despegue de los dedos del pie del suelo.

Durante la marcha se desplaza el centro de gravedad del cuerpo, con la mayor economía energética, a partir de los componentes esqueléticos y las acciones musculares de cada persona [140] [228].

El estudio de la cinética analiza el desplazamiento del centro de gravedad. El centro de gravedad es un punto imaginario donde se encuentra el equilibrio corporal que, en bipedestación, se encuentra en el 55% de la altura corporal, ligeramente por delante de la segunda vértebra sacra. Sin embargo, durante la marcha el centro de gravedad se desplaza. El secreto de los movimientos en el hombre es que la proyección del centro de gravedad en el suelo nunca salga del plano de apoyo [112][242].

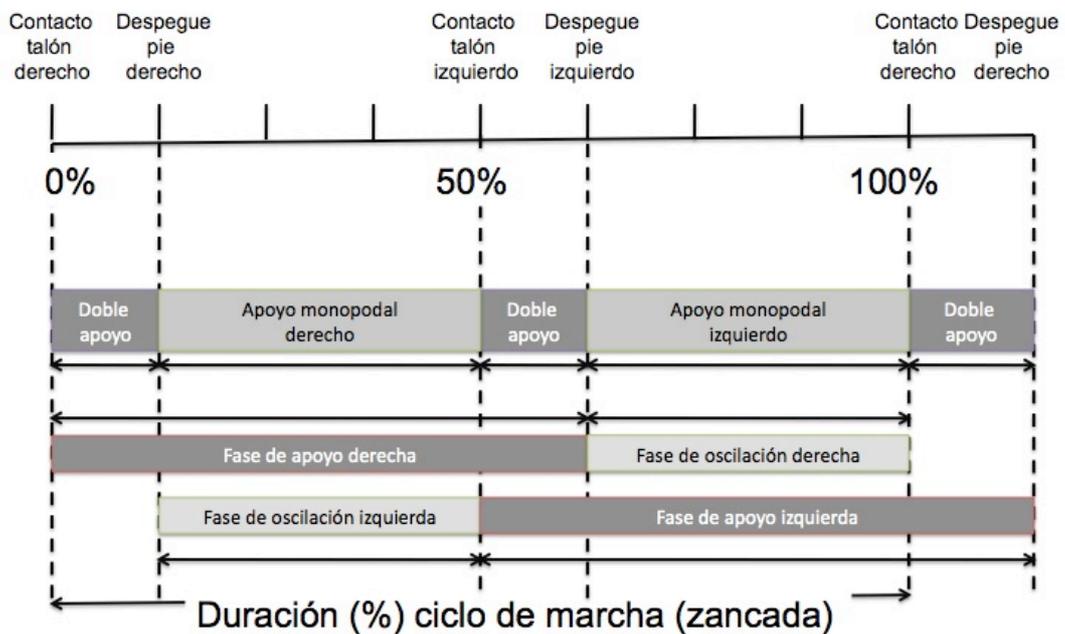


Figura 7. Resumen de las fases del paso

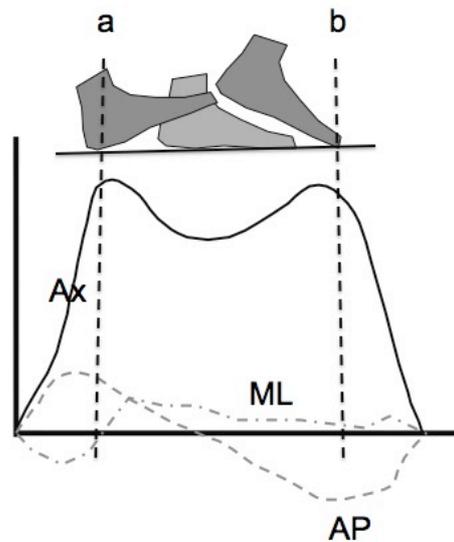


Figura 8. Cinética de la marcha, curva de fuerzas de apoyo axial (Ax), medial-lateral (ML) y antero-posterior (AP) en función del momento de la marcha y del apoyo del pie.

La proyección del centro de gravedad durante la marcha sigue un desplazamiento característico, entra por el punto del talón de apoyo, se desplaza por el borde externo del pie, cuando llega a la cabeza del quinto metatarsiano, cambia de dirección, pasando por todas las cabezas de los metatarsianos hasta llegar al primero para, después de cambiar de nuevo su dirección, recorrer todo el primer dedo. Una vez abandona el primer dedo del pie, la proyección del centro de gravedad se coloca entre los dos pies hasta que realiza el mismo desplazamiento por el pie contralateral [242].

La presión plantar está asociada con la altura del arco longitudinal interno; un arco más elevado aumenta las presiones en la parte externa del antepie, la fuerza de impulso y el desplazamiento externo del pie durante la marcha [233][290].

Los tejidos blandos plantares, bajo la cabeza de los metatarsianos, tienen propiedades viscoelásticas para amortiguar y distribuir las sollicitaciones de carga [42]. Cavanagh et al., [41][42], estudiaron la relación entre la estructura del pie y su función dinámica, viendo que el grosor del tejido plantar es determinante para el pico de presión bajo la cabeza de los metatarsianos.

La relación entre la presión plantar y el calzado es conocida [183][282]. Los zapatos con tacones altos se asocian con efectos biomecánicos adversos que pueden provocar a la larga una metatarsalgia [56], alterando la presión plantar en el antepie [133][175] y, como consecuencia,

desarrollan un pie deformado y doloroso [139]. Los tacones altos producen, además, un desequilibrio muscular [106], que provocan mayores fuerzas axiales verticales sobre el antepié y un aumento del pico de presión bajo las cabezas de los metatarsianos, tanto en estático como durante la marcha [31][133][282]. También alteran el patrón de marcha [314] y aumentan la báscula pélvica, compensando con una mayor flexión de rodilla y del tobillo [58][282].

Durante el apoyo en carga, las cinco cabezas metatarsianas están a la misma distancia del plano del suelo. El ángulo entre el hueso y el suelo disminuye desde M1 (20°) a M5 (5°). Los metatarsianos están unidos por el ligamento transversal intermetatarsal y, por lo tanto, actúan conjuntamente como una única unidad funcional [21].

Shih et al., [275] demostraron que la carga sobre la porción medial del pie y sobre las cabezas de los metatarsianos aumentan considerablemente cuando se incrementa la altura del tacón por una desviación hacia delante del centro de masa corporal [133][275]. Además de aumentar la presión plantar un 33% sobre M2 durante la bipedestación, aumentando también la parte interna del antepié cuando se calzaba un tacón de 2 cm a 4 cm de altura. El tacón produce que las presiones pasen del primer al segundo metatarsiano, aumenta la supinación del retropié y disminuye la abducción del antepié [133][162][233].

Sneyers et al., [281] durante la carrera descalzo, vieron que las presiones del mediopié estaba disminuidas en el pie cavo mientras que en los pies planos no observaron un desplazamiento hacia medial en el antepié; estas diferencias que son evidentes con el pie descalzo no se observaban con el pie calzado. Queen et al., [248], también demostraron que las presiones plantares están influidas por la morfología del pie y que estas variaciones dependen de la actividad deportiva que se realice. La presión plantar bajo la porción medial del mediopié aumenta en sujetos con pie plano. En las cuatro actividades estudiadas los deportistas con pie plano aumentaron sus presiones de apoyo plantar en el talón, mediopié, porción medial y lateral.

El apoyo plantar durante el paso

El paso comienza con la relajación de los músculos flexores plantares del tobillo con lo que el cuerpo se desplaza hacia delante y coloca el centro de gravedad por delante del punto de apoyo. Uno de los miembros inferiores debe oscilar hacia delante para volver a colocar el centro de gravedad entre los dos miembros inferiores procurando que el área de apoyo sea lo más amplia posible.

El aumento de la presión plantar bajo las cabezas metatarsianas es un factor de riesgo de metatarsalgia [133][150]. Los cambios en la longitud y altura del arco interno del pie aumentan

desde el momento del apoyo del talón hasta y alcanzan el máximo valor en el primer pico [40][269] o entre el 40 y el 50% de la fase de apoyo monopodal. A partir de ese momento empieza a disminuir hasta el despegue de los dedos [269], cuando la articulación metatarsofalángica del primer dedo se flexiona. La longitud del arco medial es significativamente mayor en el primer pico que en el punto medio del valle, aunque las diferencias son muy pequeñas. Un arco del antepié aplanado, por la disposición de los huesos o la insuficiencia de las partes blandas, es la causa más frecuente de metatarsalgia [277].

La fase de balanceo ocurre aproximadamente durante el 40% del ciclo de la marcha y transcurre desde el despegue del antepié hasta el siguiente contacto con el suelo. La fase de contacto del pie con el suelo ocupa el 60% restante del ciclo de la marcha; ésta comienza en el contacto de talón y finaliza en el despegue digital. Todo el ciclo tiene una duración aproximada de un segundo. Sin embargo, la duración exacta de estos intervalos, varían con la velocidad de deambulación propia de cada persona.

Fase de balanceo

Durante la fase de balanceo, la contracción del músculo tibial anterior, el dorsiflexor más potente del tobillo, evita la caída del antepié [242] y genera un momento de inversión que será contrarrestado por la acción de los músculos extensores que equilibran el pie con un momento de eversión [85]. Cuando hay un desequilibrio entre estos dos grupos musculares, puede desencadenar una patología sobre los MT.

Fase de contacto

El talón actúa durante la primera fase de contacto impactando con el suelo en el primer 10% del ciclo de la marcha. En esta fase el pie permanece en contacto con el suelo y cualquier limitación en el movimiento de flexión dorsal del tobillo o un aumento de la flexión plantar del antepié pueden ocasionar una metatarsalgia. Durante la fase propulsiva, en el siguiente 30% del ciclo de la marcha, cuando únicamente el antepié está en contacto con el suelo y las AMTFs están dorsiflexionadas por eso es el momento cuando aparece el dolor metatarsal.

Baropodometría

Una persona, en condiciones normales, realiza entre 15.000 y 80.000 pasos diarios, es decir, unos 3 millones pasos cada año [205][206]. En condiciones normales de la marcha, los picos de presión máximos son desarrollados por el primer dedo y las tres primeras cabezas metatarsianas. Pero, los valores reflejados varían mucho dependiendo del sistema utilizado (plataforma o plantilla instrumentada), donde y como se realiza y las características de cada persona (Figura 9). Hayafune et al., [124], en 42 personas sin patología conocida, encontraron

las presiones más elevadas en el hallux 462,4 Kpa, en la cabeza del MT2, 435,2 Kpa, la cabeza del MT1 372,8 Kpa y sobre la cabeza del MT3 340,7 Kpa. Martínez Nova et al., [205] en 46 sujetos sanos, encontraron los picos de presión más elevados en el antepié, seguidos del retropié. El pico máximo de presión y presión media en el retropié fue de (750 y 253 kPa), en el mediopié (400 kPa y 65 kPa) y en el antepié los valores fueron de 1.240 kPa para el pico de presión y de 220 kPa para la presión media. Con respecto al antepié, las presiones por encima de los valores normales pueden revelar una metatarsalgia. Kaipel et al., [147], en 51 pies con metatarsalgia y 51 pies sin metatarsalgia, no encontraron correlación en los parámetros de picos de presiones plantares en la primera, segunda y tercera CMT entre ambos grupos.

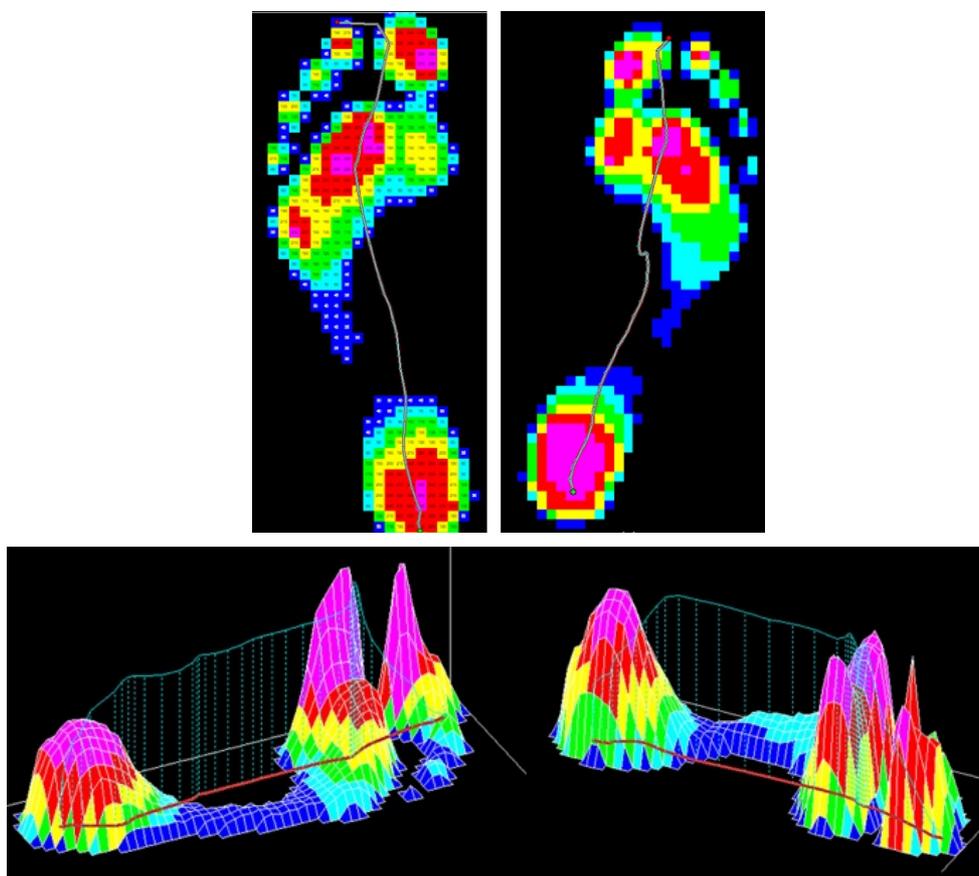


Figura 9. Baropodometría cuantitativa, cualitativa y tridimensional para analizar la presión de apoyo y el desplazamiento del centro de gravedad

Hallux valgus

La asociación de hallux valgus con la metatarsalgia es muy frecuente y en personas de edad se observa con frecuencia un hallux valgus, con una menor carga sobre la cabeza del primer metatarsiano que se puede acompañar de una involución de la musculatura intrínseca

del pie (mm. lumbricales, mm. interóseos), así como de las partes blandas. En pacientes más jóvenes, pueden producirse metatarsalgias debido a la diferente longitud de los metatarsianos [167] y por la divergencia de los metatarsianos medios que puede provocar una sobrecarga dolorosa o una atrofia de la musculatura intrínseca del pie que aumenta la presión durante el apoyo plantar [167] (Figura 10).

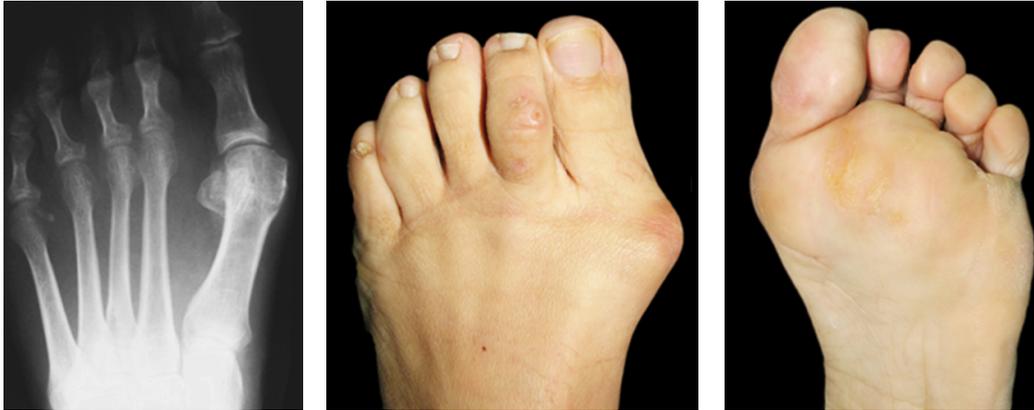


Figura 10. Hallux valgus asociado a metatarsalgia

El hallux y la primera articulación metatarso falángica son fundamentales en la transferencia de la carga durante la marcha normal [33][38]. En el hombre, con la marcha bípeda, el apoyo inicial del talón es sobre la cara plantar de la tuberosidad mayor del calcáneo, después apoya progresivamente la planta del pie por su cara externa, para llegar a la cabeza del 5º metatarsiano, pasando por las cabezas de todos los metatarsianos, de fuera hacia dentro, para despegar el pie del suelo, tomando impulso con la acción de la primera articulación metatarsiana y el primer dedo. Cualquier cambio en la morfología del arco transversal anterior produce cambios en la mecánica del antepié y una acción quirúrgica sobre la morfología de un solo hueso produce alteraciones en el resto de los huesos del antepié.

Un hallux valgus, un segundo radio largo, articulaciones hipermóviles con sobrecarga de los metatarsianos pequeños producen una sinovitis y, eventualmente, provoca un estiramiento y una rotura de la aponeurosis plantar [115]. Un traumatismo agudo o microtraumatismos agudos repetidos pueden romper la aponeurosis plantar [95] cuya degeneración y rotura se ve habitualmente cuando se utilizan zapatos de tacón con punta cerrada, pero tampoco es infrecuente en deportistas.

Geng et al., [108] estableció un modelo de elementos finitos del pie humano simulando la fase de propulsión de la marcha y aplicó secuencialmente el acortamiento progresivo del primer metatarsiano, de 2 a 8 mm, con pasos de acortamientos de 2 mm. Al aumentar el acortamiento de M1, la presión plantar del primer radio disminuye, mientras que aumenta la de los rayos

laterales. Cuando el acortamiento alcanzó los 6 mm, la relación de carga de los rayos centrales superó un umbral crítico del 55%, lo que se considera un riesgo; pero podría subsanarse el efecto si el extremo distal del M1 se desplaza 3 mm a plantar. Por lo tanto, un acortamiento de hasta 6 mm está dentro del rango seguro. Si se necesita acortar más, es necesario empujar hacia abajo el segmento distal del metatarso para compensar y mantener la distribución de las presiones plantares normales.

Hofman et al., [131] evaluaron los cambios en la distribución de la presión plantar en los pies afectados por hallux valgus en comparación con sus pies contralaterales no afectados y con pies de sujetos sanos, como grupo control. Incluyeron 36 pacientes con hallux valgus unilateral con indicación quirúrgica y 30 personas sin patología en el pie que fueron evaluados en una cinta de correr instrumentada con pedobarografía. Las presiones plantares fueron mayores en los pies con hallux valgus bajo las cabezas M2, M3, M4 y M5 que en los pies sanos del grupo control. Por su lado, las presiones bajo el hallux no mostraron diferencias entre los grupos.

Clasificación y etiología de las metatarsalgias

Son varias las clasificaciones disponibles [51][85][86][216][307][308]. Espinosa et al., [85][86] distinguen entre metatarsalgia primaria, secundaria o iatrogénica. Viladot [307] consider tres tipos de metatarsalgias, mecánica, inflamatoria o reumática y miscelánea.

La metatarsalgia primaria es aquella donde los síntomas proceden de alteraciones estructurales y funcionales de la anatomía y la biomecánica del pie que sobrecargan el metatarsiano afectado. Aquí encontramos los metatarsianos largos o en flexión plantar [85][188][190], alteraciones articulares metatarso-falángicas, un antepie equino [85][86] o la hiperpronación del pie [258]. También una disimetría puede obligar al equinismo para igualar el apoyo durante la marcha. La hiperpresión producida sobre las articulaciones metatarso-falángicas como consecuencia de cualquiera de estas alteraciones anatómicas puede derivar con el paso del tiempo en una lesión de la placa plantar y posterior luxación de la articulación. La queratosis plantar es un mecanismo de defensa frente a las grandes presiones localizadas en la planta del pie como consecuencia de la hiperpresión que ejercen las cabezas metatarsianas.

También hay que considerar un tipo de metatarsalgia mecánica involutiva, con la edad, por una atrofia de la almohadilla de la grasa plantar y pérdida de sus propiedades viscoelásticas.

Viladot [307] distingue en las metatarsalgias mecánicas por síndrome de insuficiencia del primer radio, un síndrome de sobrecarga del primer radio, un síndrome de sobrecarga anterior o un síndrome de insuficiencia de los radios medios. Para Maceira [190] las causas principales son la insuficiencia del primer radio, un segundo radio desproporcionadamente largo y

aumento del ángulo de inclinación del metatarsiano. Cuando el primer radio es incapaz de soportar la carga fisiológica a la que está sometido, esta se transmite a los metatarsianos laterales.

Las metatarsalgias primarias, de origen mecánico, se han dividido en metatarsalgias durante el apoyo plantar del pie durante la marcha (2º rocker o ankle rocker o apoyo plantar), aumenta la flexión plantar y sobrecarga los metatarsianos laterales o propulsivas (3er rocker), producidas en el momento de despegue de los dedos del pie del suelo y afecta fundamentalmente a las cabezas de los metatarsianos [166][190] (Figura 11). Para Maceira [190] esta subdivisión tiene importancia para entender el origen del problema y poder buscar una solución más adecuada, generalmente se dará importancia a la elevación de la cabeza del metatarsiano o un efecto del acortamiento del hueso. Sin embargo, es difícil que el paciente sepa cuando se produce y por ello será la anamnesis y la exploración física quien tendrá que determinar la clasificación de la metatarsalgia. Según Krishnaprasad et al., [166] esta distinción ha cambiado las indicaciones quirúrgicas en la metatarsalgia.

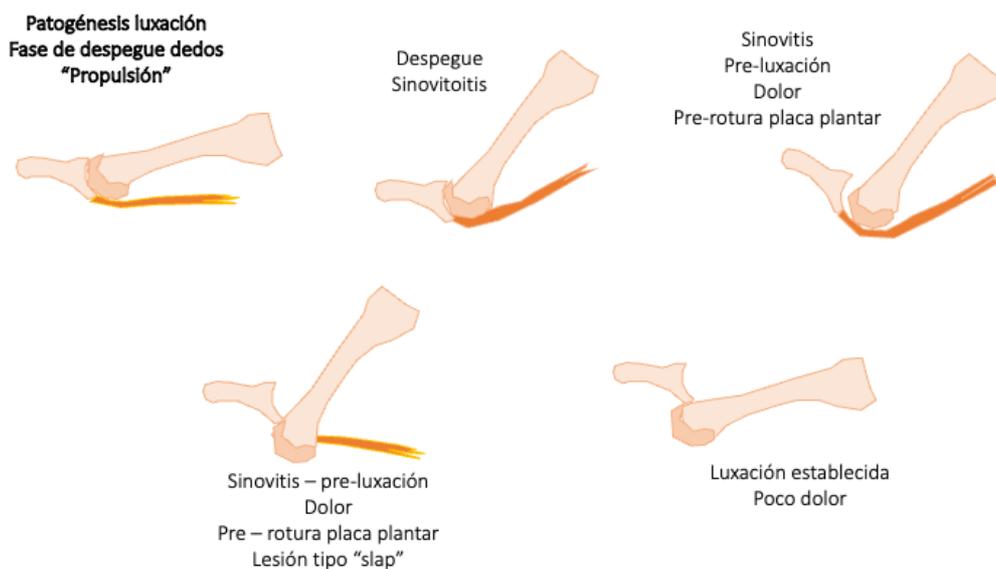


Figura 11. Patogénesis de la luxación de la articulación metatarso-falángica en la fase de despegue de los dedos del pie, durante el ciclo de marcha (3er rocker o propulsión)

Las metatarsalgias secundarias están producidas por múltiples causas; desde un traumatismo, artritis, hallux rigidus, inestabilidades, neuroma de Morton, síndrome de túnel tarsiano o enfermedad de Freiberg. No todas estas causas producen sobrecarga sobre las cabezas de los metatarsianos, si bien todas producen dolor en el antepié.

Cualquier lesión sobre la placa plantar por traumatismo o sobreuso puede provocar inestabilidades metatarso-falángica por la debilidad de las estructuras periarticulares. Además, la atrofia de la almohadilla plantar [77][109], otra fuente de dolor metatarsiano, incrementa el apoyo de los tejidos cápsulo-ligamentosos.

Por último, la metatarsalgia iatrogénica, cada vez más frecuente, se produce tras intervenciones quirúrgicas o tratamientos médicos inadecuados que producen alteraciones en la carga.

La etiología de las metatarsalgias es, en ocasiones, difícil de determinar. Hay causas conocidas como el acortamiento excesivo de un metatarsiano comparado con su vecino, errores quirúrgicos o cirugías que bien realizadas que dejan un dolor permanente bajo las cabezas de los metatarsianos. Se han considerado como causas de metatarsalgia la movilidad excesiva de la articulación de Lisfranc, la contractura de los m. gemelos, la flexibilidad del retropié y el engrosamiento de la grasa bajo la cabeza de los metatarsianos [310].

La metatarsalgia afecta principalmente a las mujeres y suele estar precedida por el uso extensivo de tacones altos y trabajan de pie [201]. Pero además las metatarsalgias pueden estar producidas por causas muy diferentes, desde un pie cavo, un hallux valgus, el neuroma de Morton o una bursitis falángica intermetatarsiana [162][250].

Establecer el diagnóstico no siempre es fácil, pero hay que pensar que cualquier metatarsalgia puede ser debida a capsulitis (mecánica, artrítica, o secundaria a una inestabilidad MTF), anomalías metatarsales (dorsi-flexión; elongación; flexión – plantar; acortamiento; cóndilos plantares hipertrofiados e hipermovilidad del primer radio) [117], fractura por fatiga metatarsiana, inestabilidad MTF secundaria y otras más raras, la necrosis avascular, un tumor, un cuerpo extraño o una infección. Vamos a revisar las causas más frecuentes.

[Fractura por fatiga de los metatarsianos.](#)

Las fracturas por fatiga o por estrés son una lesión por sobreuso. La fractura más común por fatiga se produce cuando hay un aumento de actividad, que se mantiene en el tiempo con periodos de reposo muy cortos o cuando existe una sobrecarga por una alteración biomecánica del antepié. Pueden influir factores sistémicos, desequilibrios hormonales, deficiencias nutricionales, insomnio y patología metabólica del hueso.

Las fracturas por fatiga pueden ser parciales o completas. El M2 es más proclive a la fractura por fatiga al ser el eje del pie sobre el que bascula toda la actividad del antepié. Los huesos cuneiformes actúan como contrafuerte.

Las fracturas por estrés se producen entre el 1,5% y 31% de los deportistas [210], siendo en los corredores el 50% de todas las lesiones [289]. Las mujeres militares tienen diez veces más fracturas por fatiga que los hombres [246]. En una revisión de 180 atletas con fracturas por

fatiga, 78 (43%) se produjeron en mujeres, siendo la fractura de M2 por estrés la más frecuente (23,3%), seguida de las fracturas en la tibia (20%) [34]. Las fracturas por fatiga son más frecuentes en el baloncesto, la carrera y el fútbol [143].

Para prevenir este tipo de fracturas, Quenn et al., [248] consideran que se debe limitar el tiempo de entrenamiento y que hay diferencias en el apoyo entre hombres y mujeres por lo que el diseño del calzado debería ser diferente.

La radiografía inicial de una fractura por fatiga puede ser negativa, pero pasado unos días mostrarán un callo abundante [200]; el primer signo radiográfico suele ser la formación del callo de reparación [291] y el dato principal es el dolor en la zona de la fractura que se puede acompañar de inflamación y calor.

La RM muestran signos de fractura con una señal muy baja en T1, rodeada por un edema medular con señal baja en T1 y brillante en T2. Puede apreciarse edema de las partes blandas parostales o una efusión simpática pequeña en la articulación vecina. La reacción perióstica aparece como una señal baja paralela al hueso cortical [4][185]. Las fracturas por fatiga se pueden ver, también, con la ecografía sobre las cabezas de los metatarsianos y se aprecia la reacción y hemorragia periósticas, así como la interrupción de la cortical [202].

El tratamiento comprende, inicialmente, reposo, hielo y analgésicos. Hay que descargar el pie afectado y se puede colocar un yeso o una ortesis de descarga. Las fracturas de la base del quinto metatarsiano tienen alto riesgo de pseudoartrosis y requieren, en muchos casos, una estabilización quirúrgica [221].

[Necrosis avascular aséptica de Freiberg](#)

La necrosis avascular aséptica de Freiberg afecta a la cabeza del M2 y, en ocasiones, al M3, se caracteriza por una sobrecarga del hueso subcondral que lleva al edema óseo, isquemia y colapso subcondral. La degeneración del cartílago articular y la aparición de osteofitos es variable.

La causa resulta desconocida, pero se sospecha que es debida a un compromiso vascular agudo o repetido que produce una insuficiencia subcondral. Es más frecuente en mujeres y se manifiesta durante la adolescencia.

Esta condición es semejante a la sinovitis o a la inestabilidad de la articulación metatarso-falángica. Los pacientes señalan molestias suaves y progresivas en la región metatarso-falángica durante muchos años. Al examen se aprecia una movilidad restringida [198].

[Neuroma de Morton](#)

El neuroma de Morton o neuroma interdigital son una causa frecuente de metatarsalgia o dolor localizado en el espacio intermetatarsiano entre las cabezas metatarsianas M2 y M3; la localización más común es el tercer espacio, seguido del segundo, siendo más raro en el primer

o cuarto espacio intermetatarsiano [51]. El neuroma de Morton es una fibrosis perineural, frecuentemente, proximal a las cabezas metatarsianas [141], en la profundidad de los músculos interóseos y distal al ligamento intermetatarsiano [256][273].

La causa puede ser el daño mecánico, induciendo microtraumatismos en el nervio interdigital durante un periodo largo de tiempo, con la degeneración de las fibras nerviosas y abundante fibrosis intra- y yuxtaneural reparativa que aumenta el tamaño del nervio. Los microtraumatismos hacen que siga aumentando el grosor del nervio que facilita nuevos microtraumatismos, con exacerbación de la sintomatología [321]. Según Gregg et al., [116] hay una transición de un estadio inicial de bursitis intermetatarsiana a otro de fibrosis intermetatarsiana, coexistiendo en ocasiones ambas.

La causa original es controvertida, aunque en casi todas ellas figura la inestabilidad. Las alteraciones de la aponeurosis plantar llevan a una inestabilidad de la articulación metatarso-falángica, provocando una irritación del espacio intermetatarsiano que produce inflamación ayudado por la carga excesiva sobre el antepie, especialmente en mujeres que utilizan calzado con punta y tacón o en personas con sobrepeso.

La radiografía es fundamental para realizar una evaluación de la inestabilidad articular, así como para detectar artropatías, fracturas, inflamación o infecciones. Además, permite detectar acortamiento, desplazamiento, angulación, rotación o ablación de los metatarsianos restantes como consecuencia de soportar mayor carga. Un desplazamiento pequeño entre 1 y 3 mm puede ser suficiente para provocar síntomas [144].

Con la RM, a T1, el neuroma aparece como una masa hipodensa pequeña, isodensa o ligeramente hiperdensa al músculo esquelético y con señales intermedias en T2, por el abundante tejido fibroso que lo compone [185]. El contraste intravenoso no ayuda en el diagnóstico.

La apariencia ecográfica es muy variada, aparece como una masa ovoidea, lobulada, elongada o redondeada, con o sin material hiperecoico (grasa envolvente). La característica ecográfica de la lesión cambia con el tiempo, las lesiones jóvenes aparecen hipoecoicas mientras que las lesiones maduras son hiperecoicas [249]. Ocasionalmente el nervio digital se puede distinguir envuelto en la lesión.

El pie pronado es un factor de riesgo para el juanete de sastre [2] y el neuroma de Morton [258][321].

El tratamiento del neuroma es inicialmente conservador disminuyendo la actividad, calzar un zapato ancho, tomar AINEs y redistribuir la carga del pie evitando el tacón alto y una almohadilla bajo el neuroma [188]. También se ha propuesto la ablación con alcohol,

inyectando etanol alrededor del nervio para producir una neurolisis química por deshidratación y necrosis [138], con resultados prometedores.

Bursitis y metatarsalgia

Las fibras aponeuróticas de la planta del pie forman fibras y tractos longitudinales, transversos y verticales. En su interior se encapsulan cuerpos grasos que constituyen una matriz que une la piel al esqueleto dejando paso a vasos, nervios y tendones [26]. La almohadilla de grasa plantar es gruesa en la región de las articulaciones metatarso-falángicas, actuando como una almohadilla durante la marcha [310][319].

La bursitis adventicia submetatarsiana se desarrolla por una fricción excesiva entre las partes blandas con las protuberancias óseas subyacentes de las cabezas metatarsianas. La bursitis submetatarsiana está bien definida con una colección líquida con una señal de baja intensidad en T1 y alta intensidad en T2 y muestran señales alteradas por los cambios en la grasa [286].

Las bolsas aparecen como una continuación del tendón del flexor con la piel o contiguo con la vaina del flexor. La bolsa puede reflejar imágenes complejas con fibrosis, como si fuera una estructura fibrosa de baja intensidad en medio de la almohadilla de grasa submetatarsiana [286]. En la ecografía, la bursitis submetatarsiana puede aparecer bien localizada u ocupando áreas mayores.

La bursitis intermetatarsiana aparece como una colección líquida, bien definida, que presenta una intensidad de baja señal con T1 y alta intensidad con T2. Pequeñas colecciones de líquido, con un diámetro transversal de 3 mm o menos, en las tres primeras bolsas (bursae) intermetatarsianas pueden ser normales [4]. En la ecografía, la región intermetatarsiana contiene áreas ecogénicas. La bursitis intermetatarsiana pueden considerarse como zonas hipo- o anecogénicas que pueden variar desde colecciones muy pequeñas a colecciones grandes, ocupando más de 1 mm bajo la cabeza metatarsiana [141]. Las bolsas atípicas pueden ser complejas de entender y diagnosticar. A menudo se observa una hiperemia con el eco-Doppler [30].

La ecografía permite la medición del grosor de las partes blandas plantares [183][313]. Hsu et al., [135] utilizaron la ecografía para estudiar el efecto de la edad y el efecto de la diabetes de las partes blandas plantares y las relacionaron con la presión plantar [135][136].

El tratamiento inicial de las bursitis consiste en evitar zapatos que producen dolor; si persisten los síntomas hay que cambiar a zapatos con una suela gruesa y una ortesis de descarga para reducir la presión y el dolor [221]. La infiltración local de corticosteroides y anestésico puede reducir los síntomas. En raras ocasiones una osteotomía descomprime y mejora la situación, pero se puede extirpar la bolsa si es muy grande con mejoría de la clínica. El

tratamiento de las bursitis intermetatarsiana es semejante, se recomienda comenzar con un tratamiento conservador, con una barra en el antepie para abrir el espacio intermetatarsiano y disminuir la presión sobre los metatarsianos e infiltrar localmente con corticoides y anestésicos. Las infiltraciones con corticoides se deben limitar pues pueden favorecer la rotura de la placa plantar. Ocasionalmente es necesaria la extirpación quirúrgica de la bursa.

Sinovitis de las articulaciones metatarso-falángicas

La sinovitis constituye una inflamación de la sinovial con engrosamiento y calor articular. La sinovitis primaria se caracteriza por un engrosamiento de la membrana sinovial que aparece en la artritis reumatoide, artritis juvenil, lupus y artritis psoriásica. La sinovitis secundaria es el resultado de la fiebre reumática, tuberculosis, trauma o gota. Suele presentar una efusión, una hemartrosis o un foco de inflamación aguda adyacente [6].

Los pacientes notan un engrosamiento gradual en la articulación que se manifiesta al caminar como “con un bulto en el zapato”. La sinovitis se relaciona con una sobrecarga del metatarsiano como consecuencia de un problema estructural, como puede ser un hallux valgus o un metatarsiano excesivamente largo. La palpación del tejido sinovial inflamado produce, en el paciente, incomodidad [199]. En la artritis inflamatoria crónica, la membrana sinovial tiene una consistencia pastosa y dura que se aprecia mejor en la línea articular [6]. En las radiografías se observa hipertrofia de la diáfisis del metatarsiano afectado.

Sinovitis primaria

La sinovitis primaria es proliferativa (pannus) responsable del daño óseo y cartilaginoso en la artritis reumatoide [30]. Aparece con una señal baja a intermedia. La intensidad de la señal puede variar en las imágenes T2; la intensidad de señal alta indica un pannus hipervascularizado. Con la cronicidad se desarrolla el pannus fibroso donde puede deponerse hemosiderina, con una intensidad de señal baja en todas las secuencias [4].

La ecografía permite distinguir entre la efusión articular y la proliferación sinovial. Esta distinción es posible porque la diferencia entre el patrón anecoico de la colección de líquidos y la ecogenicidad suave de la proliferación sinovial que puede aparecer con un engrosamiento homogéneo de la capa sinovial o por de forma irregular, con una apariencia túpida y villosa.

La sinovitis activa posee un aumento marcado de la perfusión articular que se pueden diagnosticar con eco-Doppler [113][114]; en este caso la sinovial está engrosada. Las erosiones óseas aparecen en la RM como áreas de hueso trabecular perdido con un defecto de hueso cortical. Las erosiones pueden ser evidentes con la inyección de contraste [30].

En la ecografía, las erosiones óseas aparecen como una pérdida de nitidez de los márgenes externos, pérdida de claridad de la capa de cartílago, adelgazamiento del cartílago e irregularidades del hueso subcondral [165][202]. Las erosiones óseas deben ser visibles en dos

planos diferentes [30]. El engrosamiento, aumento de la anchura, de la cavidad articular es el dato más característico de una sinovitis aguda o crónica.

Sinovitis secundaria

En la RM se aprecia una efusión articular, como una señal de intensidad alta en T2, que muestra la presencia de líquido o inflamación. Con la ecografía, el hueso aparece como una nítida línea hiperecólica y el cartílago articular tiene una banda anecoica con márgenes nítidos condrosinoviales y osteocondrales [114]. La efusión articular tiene un contenido hipoeecólico y un aumento de la distancia del espacio articular. La efusión articular es compresible y no muestra evidencias de líquido con el Doppler [30].

La sinovitis primaria se trata inicialmente con AINEs, mientras que la secundaria además requiere modificar el calzado. Se precisa un zapato ancho con un soporte metatarsiano para inmovilizar el antepié y todas las articulaciones metatarso – falángicas. Cuando estas medidas no resuelven el problema, se pasa a la infiltración intrarticular de corticosteroides, asociada con una suela inmovilizadora de acero o cualquier material rígido [223].

Los pacientes con síntomas refractarios pueden requerir una sinovectomía quirúrgica con sección de los ligamentos colaterales y el tendón del m. extensor digitorum longus para descomprimir la articulación y reducir la articulación metatarso-falángica [224]. Una osteotomía metatarsiana puede descargar la articulación metatarso-falángica.

Tendinopatías en el antepié

Un traumatismo tendinoso lleva a la degeneración mucoide, conocido como tendinosis o tendinopatía [113].

La tenosinovitis es la inflamación de la vaina tendinosa y puede estar producida por una enfermedad inflamatoria o una infección o por una irritación mecánica. Las causas mecánicas incluyen el sobreesfuerzo o cualquier disfunción plantar. La tenosinovitis aguda se caracteriza por la acumulación de líquido en la vaina. La inflamación crónica lleva a la fibrosis y al atrapamiento tendinoso [4].

La tenosinovitis presenta, a menudo, una sensibilidad o dolor del antepié [164]. Para la tenosinovitis del antepié, es útil la palpación de las articulaciones metatarso falángica utilizando el “pinch test”. El explorador con su pulgar y dedo índice comprime las partes blandas de la parte anterior de la planta sobre la falange proximal. Lo normal es que las partes blandas estén sueltas, pero con una patología tendinosa el tejido está inflamado y adherido [164]. Los síntomas se pueden exacerbar por la flexión de los dedos del pie provocando dolor que se modifica moviendo el tobillo.

La tendinosis se manifiesta en la RM mostrando un tendón fusiforme o un engrosamiento difuso que aumenta la intensidad de señal en T2. La intrasubstancia brillante en T2 es propia de

una degeneración tendinosa [4]. La tenosinovitis está representada por la distensión de la vaina tendinosa por la colección de líquido. La tenosinovitis estenosante produce un contorno irregular en la vaina tendinosa. Como la fibrosis se desarrolla en las fibras de la vaina se pueden ver como extensiones de la vaina. Con el progreso de la patología, la señal líquida es reemplazada por el engrosamiento de una cicatriz dando una apariencia lobulada. En la ecografía, la vaina tendinosa se ve ensanchada y pierde la textura fibrilar normal y la definición de sus márgenes [114].

Las proyecciones transversales de los tendones afectados de tenosinovitis revelan una vaina sinovial llena de líquido, apareciendo como hipoeoica o anecoica alrededor del tendón. El tendón está, a menudo, engrosado y el contorno puede estar alterado [164][260]. El ensanchamiento de la vaina tendinosa puede ser mínimo mientras que en otras ocasiones tiene un aspecto semejante al de un aneurisma [113]. La tenosinovitis inflamatoria crónica puede ser difícil de diferenciar con la aguda, pero en general la crónica es más gruesa y compleja. Además, afecta comúnmente al primer dedo. Se puede reproducir la sintomatología haciendo una extensión pasiva de los dedos, notando un chasquido característico y palpable en la superficie plantar de la cabeza del metatarsiano [203][204].

Clínica de la metatarsalgia

En primer lugar, hay que realizar una anamnesis cuidadosa, con una exploración física protocolizada que permita enfocar y afinar el diagnóstico para plantear un tratamiento correcto. Es imprescindible determinar los radios que están afectados o pueden llegar a estarlo, cual es la causa de la sobrecarga y en que fase del apoyo se produce [166]. Siempre hay que explorar en el antepie, aunque el paciente no refiera molestias, la estabilidad de la primera articulación cuneo-metatarsiana, la movilidad de la primera articulación metatarso-falángica y la fuerza de flexión plantar de los dedos (Figura 12).



Figura 12. Exploración a punta de dedo sobre la zona dolorosa

Anamnesis

Determinar la duración, localización y circunstancias de aparición del dolor, además de cualquier signo clínico presente en el área del metatarsiano involucrado. Se deben descartar enfermedades sistémicas subyacentes o antecedentes traumáticos. El sobrepeso y la obesidad, acompañado de un calzado inadecuado, son factores frecuentes en las sobrecargas metatarsianas [24][78][87].

El examen clínico y la historia del paciente son la parte esencial para resolver una metatarsalgia. El Clinical Practice Guideline Forefoot Disorders Panel of the American College of Foot and Ankle Surgeons, desarrolló una guía para el diagnóstico y tratamiento de las metatarsalgias centrales, M2, M3 y M4 y sus respectivas articulaciones metatarso – falángicas [291].

Los pacientes presentan antecedentes de dolor en la planta del antepié, con o sin inflamación o descoloración. También puede reflejar una historia de rigidez parcial o total de las articulaciones afectadas. Los síntomas son normalmente de comienzo gradual y tienden a ser progresivos que aumentan con los cambios de actividad o de calzado. No suele haber una historia de traumatismos previos [291].

La clínica depende de la causa que produce la metatarsalgia y los pacientes con metatarsalgia padecen una combinación de anomalías que precisan establecer la etiología para indicar el tratamiento más adecuado. Siempre se deben excluir patologías locales o sistémicas. En ocasiones el paciente siente que los dedos “parece como que se quieren salir del sitio”, ya que la posición del dedo ha cambiado o andan de forma diferente lo que demuestra la inestabilidad de una articulación metatarso-falángica. El dolor distal y plantar de la cabeza metatarsiana sugiere que hay otros problemas asociados como pueden ser una bursitis o una degeneración aguda de la planta [326]. Habitualmente, los pacientes que presentan dolor producido por un proceso degenerativo plantar no se quejan de entumecimiento o dolores punzantes, pero señalan un dolor localizado en la articulación metatarso-falángica más que en el espacio intermetatarsiano.

Clínicamente, el dolor de un neuroma de Morton puede irradiar a distal por los dos dedos involucrados. El dolor se agrava frecuentemente con los zapatos fuertes o con un tacón alto. Se puede hacer una prueba de compresión del antepié provocando dolor en el espacio afectado y en ocasiones se oye un chasquido que se conoce como el “clic de Mulder”. En estos pacientes pueden mostrar dolor y una sensibilidad acentuada en el espacio correspondiente. El dolor se aprecia tanto durante el movimiento como durante el reposo. El movimiento se puede ver restringido por el dolor [274] y está localizado en el pie o puede irradiarse hacia los dedos.

Examen físico

La exploración del pie, en descarga y en carga, durante la marcha y la carrera permite diferenciar entre causas funcionales y estructurales [85][291] (Figura 13). Explorar la movilidad de las diferentes articulaciones del pie y tobillo, el balance muscular, el estado de la almohadilla plantar, la sensibilidad de los nervios digitales, edemas o lesiones dérmicas (callosidades) y la crepitación [78][85-87][291]. En un paciente con metatarsalgia debe explorarse sistemáticamente la alineación, la movilidad y la estabilidad tarsiana que pueden influir en el apoyo metatarsiano.



Figura 13. Exploración biomecánica de la marcha

La queratosis es un dato clínico de la mayor importancia; de hecho, en una metatarsalgia sin queratosis hay que sospechar que no es una metatarsalgia mecánica, a no ser que los síntomas clínicos sean muy recientes y no haya dado tiempo a su desarrollo [291] (Figura 14).

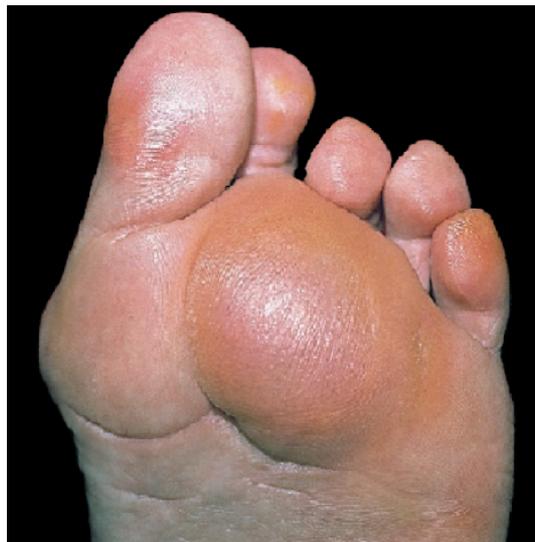


Figura 14. Hiperqueratosis en una metatarsalgia bajo las cabezas de M2, M3 y M4

Una queratosis por debajo de las cabezas de los metatarsianos hay que sospechar que se trata de una metatarsalgia por apoyo plantar (2º rocker) que guarda relación con alteraciones de la alineación en el plano sagital. En los síndromes por sobrecarga anterior, por pie cavo o retracciones del m. tríceps sural [190]. En estos casos, así como con las enfermedades reumáticas, las queratosis son precisas, nítidas y localizadas debajo de cada cabeza.

Las queratosis más distales son queratosis distales a las cabezas de los metatarsianos que se producen en las metatarsalgias propulsivas (3er rocker), son difusas, están desdibujadas y son muy amplias que afectan a más de una cabeza y aparecen en los síndromes de insuficiencia del primer radio y cuando hay alteraciones de la fórmula metatarsal.

Para Maceira [190] las queratosis debajo de la cabeza del metatarsiano requieren una cirugía de elevación de la cabeza del metatarsiano mientras que ante las queratosis distales la mejor opción sería un acortamiento del metatarsiano.

La queratosis plantar es una manifestación de la metatarsalgia y suelen estar relacionadas con zonas sintomáticas y según su forma y distribución dejan ver la presencia de un metatarsiano más largo o descendido (Figura 15).



Figura 15. Diferentes tipos de queratosis plantar en pacientes con metatarsalgia

Medir las extremidades para determinar una posible disimetría [86][87]. El apoyo y la marcha con instrumentos de medición serán de mucha ayuda y en muchos casos definitivos para hacer un diagnóstico [85][87].

El examen físico del pie de un paciente con metatarsalgia puede mostrar edema e inflamación en la zona del metatarsiano o de las articulaciones metatarso-falángicas. El dolor a la palpación del metatarsiano afectado es típico. El dolor en la metatarso-falángica se exagera al alcanzar los rangos máximos de movilidad. La disminución de movilidad o el crepitus puede indicar artrosis u otros cambios de la articulación metatarso-falángica. Alternativamente, la

hiperextensión crónica de la articulación metatarso-falángica predispone a la rotura de los ligamentos colaterales por una excesiva longitud.

Los cambios en la posición o en la alineación de los dedos puede verse, o no, en metatarsalgias centrales ya que los pacientes pueden desarrollar dolor antes de que se produzcan las deformidades digitales. Si encontramos deformidades de los dedos estas pueden ser multiplanares, flexibles o no flexibles. Los dedos en garra sean de origen estructural o dinámico hay que conocer su causa antes de pensar en el tratamiento.

En el examen físico se puede observar la pérdida de la posición anatómica del dedo, con o sin desviación medial o lateral, mostrando una callosidad submetatarsiana o un grano bajo la articulación interfalángica. La inflamación, calor y el enrojecimiento, visibles en ocasiones, son la consecuencia de un edema local. El edema plantar tiende a ocupar toda la zona de la articulación metatarso-falángica [326].

La subluxación de la articulación metatarso-falángica es variable desde un grado leve a grave. La deformidad puede ser flexible o rígida, según la etiología.

El llamado mecanismo de cabestrante o *windlass* [190] consiste en el aumento de la flecha del arco longitudinal al realizar la dorsi-flexión pasiva de las articulaciones metatarso-falángicas, fundamentalmente de la primera articulación. Al cargar el arco se produce una flexión plantar de la primera articulación metatarso-falángica con lo que se estabilizan los dedos apretando contra el suelo, el llamado *reversed windlass*, y se estabilizan las articulaciones metatarso-falángicas evitando la luxación.

La prueba de Lachman o prueba de estrés vertical, también conocida como “toe traslation test” o “signo de cajón”, es según Thompson y Hamilton [292] la prueba principal para evaluar la inestabilidad de la articulación metatarso-falángica en el plano sagital (Figura 16). Con

el pie en posición neutra, se estabiliza con el dedo pulgar y el dedo índice del examinador la cabeza del metatarsiano. Con la mano contralateral se sujeta, por sus caras dorsal y plantar, la base de la falange proximal del correspondiente metatarsiano. La base de la falange proximal, es manipulada mediante una fuerza vertical generada por el examinador en dirección dorsal [292] [326]. Un resultado de tensión vertical positivo se considera cuando la falange proximal puede ser subluxada 2 mm por encima de la cabeza del metatarsiano [326], aunque un desplazamiento dorsal de la base de la falange proximal sobre la cabeza del metatarsiano del

50% se considera positiva y confirma una rotura de la placa plantar [215][231].

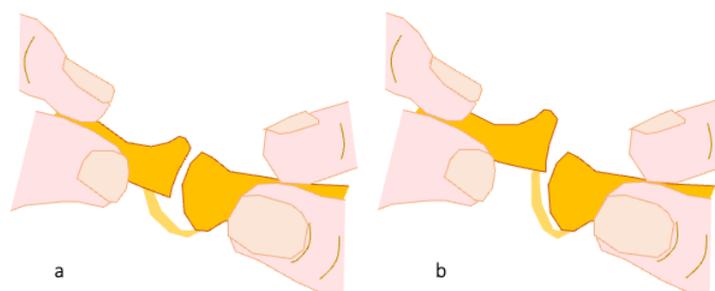


Figura 16. “toe traslation test” o “signo de cajón”, de Thompson y Hamilton

Algunos autores señalan que cuando la placa está dañada, al realizar dicha maniobra, el paciente refiere dolor [214][292]. Durante la maniobra el dedo debe permanecer con una dorsiflexión de unos 25° [231][271] y siempre conviene comparar con articulaciones vecinas o con el pie contralateral [78][271].

Los pacientes con rotura de la placa plantar presentan dolor a la palpación plantar de la cabeza del metatarsiano [291].

La prueba de estrés vertical es un hallazgo fiable y reproducible que confirma el diagnóstico de inestabilidad de la segunda articulación metatarso-falángica [155][161][231]. Fernandes et al., [91] tras evaluar las articulaciones metatarso-falángicas, en sujetos sanos, vieron una prueba de estrés vertical grado 1, en el 34% de los pies estudiados y, sin embargo, con una placa plantar normal en el estudio ecográfico. Además, encontraron una correlación entre el aumento de la longitud transversal de la placa plantar y el grado de subluxación de segunda y tercera articulación metatarso-falángica.

Otra prueba clínica es determinar la fuerza de agarre del dedo afecto con el “paper pull-out test” [29]. Para ello, se coloca una tira de papel estrecho, debajo del dedo, que debe apretar con todas sus fuerzas mientras el examinador tira del mismo. Es una prueba positiva cuando el paciente es incapaz de resistir la fuerza ejercida por el examinador y el papel sale intacto, sin romperse (Figura 17).

El equinismo produce una sobrecarga del antepie y se produce por una retracción del tendón de Aquiles o por el uso continuo de un tacón alto. En ocasiones es necesario un alargamiento del tendón de Aquiles o en casos graves se indicará una artrodesis del tarso y del tobillo. La retracción del m. tríceps sural, bien sea primaria o secundaria, puede producir una

metatarsalgia de apoyo plantar o propulsiva [190]. Si el m. tríceps sural está acortado, se acorta el tiempo de apoyo plantar durante la marcha efectuando una elevación rápida del talón y mayor apoyo durante el despegue de los dedos.



Figura 17. "Paper pull-out test"

El equinismo es fácil de detectar, pero hay ocasiones en las que es subclínico que dan lugar a la metatarsalgia propulsiva. Un valgo de talón puede enmascarar un equinismo. Para determinar el equino del antepié, el explorador sujeta el retropié con una mano y aplica presión sobre el antepié empujando sobre las cabezas de los metatarsianos en dorsiflexión. Si no se reduce la declinación de las estructuras laterales de modo que la actitud en flexión plantar ya no sea visible, es consecuencia de un equino del antepié (152).

También la disminución de la dorsiflexión del tobillo se recompensa con una eversión subtalar para ganar unos grados en la mediotarsiana. Por eso hay que evaluar la dorsiflexión real del tobillo con el paciente en decúbito supino con la rodilla extendida y el pie en inversión forzada para evitar el valgo subtalar.

El paciente en posición supina, sobre la camilla, se realiza una dorsiflexión del tobillo con la rodilla ligeramente flexionada. Tene cuidado de no provocar una pronación en la articulación subastragalina y mediotarsiana. El pie está ligeramente invertido para bloquear el arco longitudinal interno [197]. Se aplica una sobrepresión pasiva. Con la rodilla a 90° de flexión se examina la longitud del músculo sóleo. El m. sóleo suele estar implicado especialmente cuando hay una resistencia dolorosa a la flexión plantar o cuando es más doloroso con la rodilla flexionada que con la rodilla extendida. Con la rodilla flexionada, se consiguen 20° de dorsiflexión del tobillo es lo normal en personas flexibles. La flexibilidad del músculo sóleo puede también evaluarse cuando se dice al paciente que se ponga en cuclillas. Si la longitud del músculo es normal, el paciente tiene que ser capaz de apoyar la planta del pie completamente en el suelo, incluyendo el talón, mientras permanece en cuclillas todo el rato. Si el m. sóleo es corto, no podrá plantar el talón en el suelo [83]. El test de Silvferskjöld es una ayuda para determinar la presencia de un acortamiento de los músculos de la pantorrilla.

Para evaluar la longitud de los músculos gemelos, el paciente en posición supina con la rodilla extendida y el tobillo en posición neutra. Se le recomienda al paciente a hacer una flexión dorsal del tobillo y se aplica un empuje en flexión dorsal. El rango normal es de 20°. Si los m. gemelos están acortados, la flexión dorsal del tobillo se reduce cuando se extiende la rodilla y aumentará cuando se flexione la rodilla [83].

También los pies cavos aumentan el apoyo sobre el antepié, desaparece el apoyo sobre el borde externo y durante la marcha aumenta la carga sobre las cabezas de los metatarsianos. En la exploración el diagnóstico de pie cavo y un tratamiento ortésico puede resolver la metatarsalgia.

Diagnóstico por la imagen

Entre las pruebas complementarias se debe efectuar una radiografía dorso-plantar y lateral del pie en carga [85][87]. La radiografía axial de las cabezas de los metatarsianos puede detectar malformaciones que expliquen la hiperpresión [11]. Las radiografías permiten evaluar tanto la estructura ósea, como luxaciones o subluxaciones, irregularidades de la cabeza de los metatarsianos o la base de las falanges, como las partes blandas, para buscar edema y cuerpos extraños. También la alineación de los metatarsianos, la parábola metatarsiana se determina con la radiografía dorso plantar. En la radiografía aparece la inclinación y longitud de los metatarsianos y, también, fracturas por fatiga o reparadas con callos óseos exuberantes [86][291]. La radiografía dorso-plantar es el instrumento de diagnóstico de referencia del hallux valgus (Figura 18).

Las radiografías de un paciente con metatarsalgia central deben ser en carga, dorso plantares, sagital y oblicuas. Una radiografía axial plantar evalúa las estructuras y la posición de las cabezas de los metatarsianos [291] (Figura 19).

La presencia de cambios degenerativos o vasculares que se pueden indicar son las erosiones, el estrechamiento del espacio intraarticular, los quistes subcondrales, los osteofitos, la esclerosis y la alteración del contorno normal de la cabeza del metatarsiano [291].

El estudio de la articulación metatarso falángica y de los metatarsianos puede completarse con RM, TAC o ecografía y también se pueden solicitar gammagrafías e, incluso, artrografías para diagnosticar fracturas por fatiga o la artritis reumatoide, una necrosis tipo Freiberg o una rotura de la placa plantar, además de un neuroma de Morton.

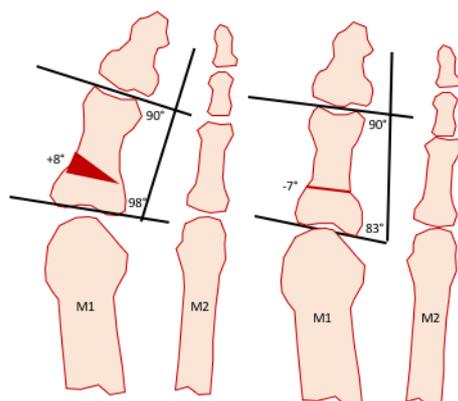


Figura 18. Medición del ángulo articular falángico para evaluar la corrección postoperatoria.



Figura 19. Proyecciones radiográficas en el diagnóstico de las metatarsalgias, a) dorso-plantar, b) lateral, c) axial

La RM presenta señal de baja intensidad de la cabeza en T1 y permite analizar y visualizar el complejo cápsulo-ligamentoso articular, incluyendo la placa plantar [326]. La placa plantar y sus estructuras asociadas se visualizan mejor a través de secuencias de imagen ecográfica y T1 [160][288][299][323]. Sung et al., [288] evaluaron la integridad de la placa plantar, en 45 pies, comparándolo con hallazgos intraoperatorios. Demostraron buena sensibilidad (95%) y especificidad (100%) para el diagnóstico de las lesiones de la placa plantar. Klein et al., [161] encontraron también una buena sensibilidad y especificidad (73.9% / 100%) y señalaron que la RM es más específica e identifica mejor las placas plantares intactas que la ecografía (Figura 20).

La ecografía para evaluar la estructura ósea del antepié no se ha validado, excepto por la presencia de sinovitis, erosiones y bursitis en el antepié en personas con artritis inflamatoria, aunque según Matsubara et al., [209] es útil para la evaluación rápida de los factores de riesgo del hallux valgus y la metatarsalgia. Sin embargo, tiene el inconveniente de falta de confiabilidad entre observadores.

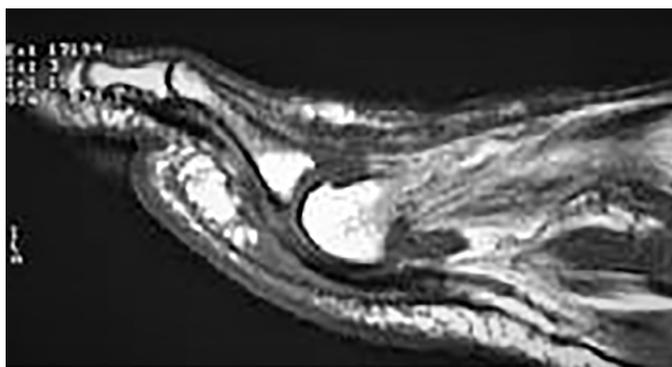


Figura 20. Metatarsalgia, imagen de RM

La ecografía [91][93][115][160] detecta anomalías de la placa plantar que incluyen la pérdida del aspecto homogéneo y la presencia de fisuras hipoecógenas o defectos ecogénicos en el fibrocartílago. La hipervascularización sugiere inflamación de la placa plantar [115]. La ecografía es una técnica de bajo costo, mayor disponibilidad y permite evaluar las distintas estructuras anatómicas de forma dinámica, aunque precisa una curva de aprendizaje y es operador dependiente (Figura 21).

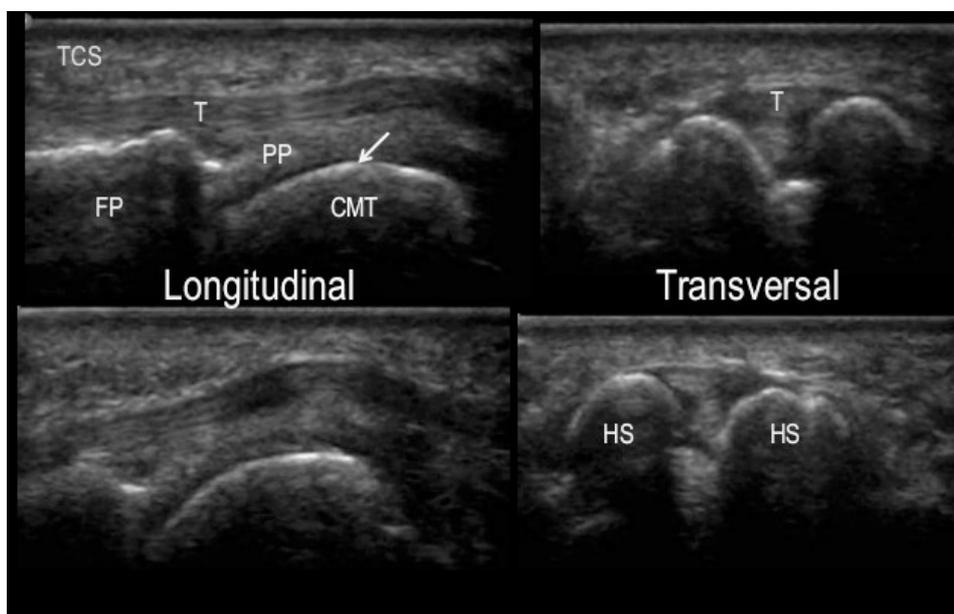


Figura 21. Ecografía de las cabezas metatarsianas

La ecografía demuestra el edema tisular [291]. A veces la inclusión de contraste sirve para confirmar, si éste se extravasa por la rotura de la placa plantar [291].

Los estudios de las presiones plantares, baropodografía, pueden ser también de ayuda [291]. Aunque las radiografías iniciales pueden ser normales, cuando se colapsa el hueso

subcondral las imágenes radiográficas muestran el aplanamiento articular, la esclerosis subarticular y los cambios degenerativos, secundarios a una formación ósea [199].

Tratamiento de las metatarsalgias

El tratamiento se basa en la etiología que con frecuencia es multifactorial.

Cuando falla el tratamiento conservador estaría indicado un tratamiento quirúrgico.

El tratamiento de la metatarsalgia central debe solucionar, en primer lugar, la patología subyacente y hacerlo de una manera rápida pues el paciente quiere que su problema se resuelva pronto. No siempre es fácil, por la gran variabilidad de factores causales.

Tratamiento conservador

Las medidas iniciales deben ir encaminadas a evitar zapatos que produzcan dolor y esto puede ser suficiente. Si persisten los síntomas, los zapatos con una suela gruesa y plantillas reducen la presión en la zona de dolor.

El tratamiento conservador de la metatarsalgia incluye una variedad de procedimientos que, a pesar de carecer de evidencia científica, resuelven en muchas ocasiones el problema. Un cambio de calzado, quiropodias, reposo, almohadillado, plantillas u ortesis, AINES e infiltraciones son medidas que pueden solucionar el problema. La infiltración local con corticoides y anestésicos reduce la sintomatología, pero no está exento de riesgo en el caso de las metatarsalgias mecánicas ya que puede favorecer la luxación metatarso-falángica por lesión de la placa plantar.

Las ortesis de descarga, bajo las cabezas de los metatarsianos, reducen la presión en el 60% de los pacientes [262], pero persiste el dolor en muchas ocasiones. Los 25 pacientes con metatarsalgia tratados con una ortesis de almohadilla metatarsal durante un período de 2 años disminuyó el dolor y mejoró la puntuación en la escala AOFAS [201].

Los estiramientos pueden ayudar cuando hay acortamientos o contracturas de la musculatura tricipital y deben ir encaminados a aumentar la dorsi-flexión del tobillo.

Más interesantes son las modificaciones del calzado, las almohadillas o las plantillas. Una primera medida en un paciente con metatarsalgia obliga a investigar la relación de la aparición del dolor con algún cambio en el calzado. Además, se deben probar plantillas o almohadillas de descarga de las cabezas de los metatarsianos, aunque no siempre se acierta a la primera. Chang et al., [45] en 21 pacientes, mayores, con metatarsalgias moderadas y graves vieron como las plantillas disminuían casi un 50% y de forma significativa los picos de presión sobre las cabezas de los metatarsianos, pasando la escala de dolor de 8 a 1. Por su parte, Vázquez Arce et al., [305] señalan que la barra retrocapital también disminuía los picos de presión y el dolor

mientras que Poon y Love [244] observaron una clara mejoría con ortesis plantares hechas a medida.

Más importante que acertar con el sistema es acertar con su colocación [86][150][174][212]. Hsi et al., [134] concluyeron que la reducción óptima de la presión sobre la cabeza del metatarsiano se alcanza cuando la presión máxima generada por la almohadilla metatarsal es justo proximal a la cabeza del metatarsiano; el dolor disminuye porque estas ortesis aumentan el ancho del pie y crean un mayor espacio intermetatarsal [163] y reducen la fuerza de impulso sobre la cabeza del 2º metatarsiano [68].

Infiltraciones

Las infiltraciones plantean dos cuestiones, una elegir el mejor medicamento a infiltrar y saber el lugar donde hacerlo. Los corticoides con anestésicos locales pueden resultar beneficiosos en las bursitis o en las neuralgias de Morton. En otras ocasiones, en las metatarsalgias de origen mecánico, pueden resultar perjudiciales. A veces hay un punto doloroso fácil de localizar, en otros es un área difusa difícil de infiltrar [18][43][208][239][264].

Cirugía del antepie

Se plantea cuando falla el tratamiento conservador o cuando hay una causa evidente que debe ser resuelta. El objetivo de la cirugía es restaurar la distribución normal de las presiones plantares en el antepie. Para ello se han dispuesto de una variedad de técnicas quirúrgicas desde las condilectomías plantares, osteotomías metatarsianas distales y oblicuas, osteomias diafisarias, elevadoras, resección de las cabezas de los metatarsianos o la neurectomía [126][240][280][320].

La cirugía se puede hacer abierta o percutánea. En nuestro trabajo analizamos la cirugía percutánea de las cabezas de los metatarsianos (DMMO: Distal Metatarsal Metaphyseal Osteotomy) y la cirugía del hallux valgus con las cirugías percutáneas con las técnicas abiertas en chevron o scarf y la técnica percutánea de Reverdin-Isham.

La cirugía percutánea se desarrolló por los podiatras estadounidenses por los años 70 del siglo XX y se abandonó en el antepie al analizar los resultados iniciales, pues carecía de una base teórica y práctica donde se pudiesen aprender las técnicas. Stephen Isham, en EEUU, y Mariano de Prado, en España, apoyados en estudios anatómicos, desarrollados por Pau Golanó, produjeron el conocimiento y las bases donde estudiar y formarse con las técnicas percutáneas del pie [61][63][142]. Así, la cirugía percutánea ha cambiado un buen número de conceptos, aunque requiere que se utilicen por cirujanos expertos, con un material específico, familiarizados con las técnicas que las hayan aprendido y realizado sobre el cadáver y, tras su

curva de aprendizaje, sepan indicar la técnica más adecuada para cada patología. La cirugía percutánea no ha venido a sustituir a la cirugía convencional sino a ser un complemento y a facilitar y mejorar algunas de las indicaciones [16-19].

La curva de aprendizaje es larga porque el cirujano debe utilizar instrumentales específicos, especialmente el motor, que difiere del utilizado en la cirugía convencional, la familiaridad con las sensaciones asociados con los abordajes, los pasos a seguir en cada intervención, la fuerza que debe ser aplicada sobre el hueso con las raspas y la liberación de las partes blandas. Saber combinar la fluoroscopia con los gestos quirúrgicos necesarios y, muy importante, establecer un protocolo postoperatorio y transmitir al paciente unas normas que deben ser cumplidas a rajatabla, de ello dependerá el resultado final [19].

En los últimos años el tratamiento quirúrgico de la metatarsalgia se ha enfocado hacia las osteotomías correctoras sobre los metatarsianos centrales [167]. Otro aspecto es determinar el punto donde debe realizarse el corte (base, diafisarias o subcapitales) y la actuación sobre las partes blandas o la corrección de la posición inadecuada de los huesos. Cualquier gesto quirúrgico sobre los metatarsianos puede proporcionar un efecto de elevación de su extremo distal, un acortamiento de hueso o una combinación de ambos [190].

La primera osteotomía metatarsiana fue descrita por Meisenbach, en 1916 [21], desde entonces se han ido presentado diferentes técnicas y muchas modificaciones para resolver los defectos de alineación de los metatarsianos [79] y se pueden clasificar basados en el punto donde se haga el corte (proximal o basal, diafisaria o distal) o también según el efecto pueden ser de elevación o descenso.

El objetivo de las osteotomías es corregir las estructuras óseas no anatómicas y una radiografía adecuada es la imagen de referencia para conseguirlo [277], aunque lo que deben buscar es disminuir y distribuir la presión plantar sobre la cabeza de los metatarsianos.

No es de extrañar que se hayan publicado más de 20 tipos de osteotomías diferentes para el tratamiento de la matatarsalgia, corregir la longitud de los metatarsianos y reducir la presión bajo la cabeza de los mismos [184].

Se han descrito muchos procedimientos desde una cirugía amplia denominada corrección “espontánea” a procedimientos más localizados basados en los síntomas, las radiografías o datos anatómicos extraídos de las radiografías [8-10][49][51][55][66][89][125][145][191][293-298][303].

La complejidad de la reconstrucción del antepié requiere que el tratamiento del dolor sintomático compense el riesgo de las complicaciones postoperatorias, como son el “dedo flotante”, la rigidez, la inestabilidad residual o la subluxación.

Muchas de las técnicas propuestas intentan resolver las alteraciones anatómicas del antepie con la cirugía. Para ello se proponen osteotomías para conseguir una anatomía según modelos establecidos, uno de ellos es la parábola de Lelievre [177], readaptada por Maestro et al., [191]. Sin embargo, también es cierto que muchos pacientes tienen pies que no siguen patrones anatómicos establecidos por lo que, por una parte, no todos los pacientes consiguen buenos resultados siguiendo a estos modelos e incluso corregir un pie siguiendo este modelo puede causar problemas a algunos pacientes.

Ante la pregunta de cuál es la mejor osteotomía metatarsiana para resolver una metatarsalgia, Besse responde que hay que plantearse un objetivo y saber cómo conseguirlo. Hay (1) técnicas de descarga de los metatarsianos y las falanges, son técnicas en desuso y no recomendadas, pero que forman parte de la historia de la cirugía del pie, como (a) la resección aislada de la base de la falange proximal, o (b) de las cabezas de los metatarsianos M2, M3, M4 y la osteotomía diafisaria metatarsiana de Helal. Otras técnicas (2) se basan en las osteotomías metatarsianas basales y (3) las distales, como la osteotomía de Gauthier, la de Weil o la DMMO (osteomía metatarsal metafisaria distal) (Figura 22).

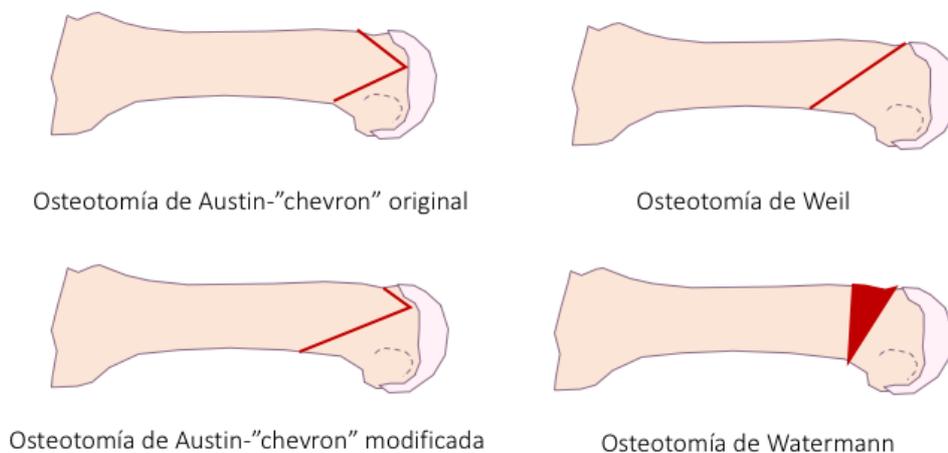


Figura 22. Diferentes tipos de osteotomías del primer metatarsiano para la corrección del hallux valgus

Para establecer las indicaciones de la técnica más adecuada hay que fijarse si el primer radio es normal o si este presenta alteraciones (longitud normal de M1 con inclinación de los metatarsianos laterales o longitud anormal de M1 con inclinación de los metatarsianos

laterales), además de si el paciente presenta una enfermedad inflamatoria o reumática que exige otro tipo de tratamiento [21].

1. Osteotomías de la base del metatarsiano

Se describieron numerosas técnicas, la técnica basal en “chevron” [8-10][109]. Estaban indicadas en las malalineaciones de los metatarsianos sin luxación de la articulación metatarso-falángica. Sin embargo, son técnicamente difíciles para conseguir la elevación planeada (Figura 23).

Osteotomía en “chevron”

Con las osteotomías de la base del metatarsiano con una forma en “V”, tipo Golfard y tipo Rocher, y cuña de base dorsal [268] no se suele producir un acortamiento del metatarsiano por lo que no está indicada en los pies con una fórmula índex-plus. Una osteotomía próxima a la base del metatarsiano y haciendo una cuña de base dorsal pueden disminuir las prominencias plantares de las cabezas de los metatarsianos [167].

2. Osteotomías diafisarias

Las osteotomías diafisarias son demandantes para conseguir el grado de elevación óptimo y, además, presentan, un índice de pseudoartrosis elevado. Las osteotomías diafisarias de los metatarsianos son resecciones en bloque del metatarsiano, en su porción diafisaria, que se fija posteriormente con una placa. Requiere un zapato almohadillado hasta la consolidación que suele conseguirse a las 6 semanas [167].

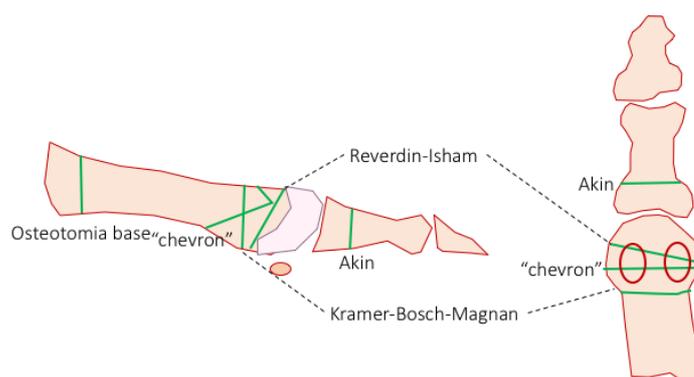


Figura 23. Osteotomías metatarsianas y de la falange proximal, plano sagital y dorso-plantar

Helal y Greiss [125] describieron una osteotomía de deslizamiento del metatarsiano cuando no se deja desplazar manualmente a dorsal. Proponen una osteotomía diafisaria del metatarsiano oblicua con un trazo largo, comenzando proximal sobre la cara dorsal del hueso para llegar a la cara plantar distalmente. No requiere osteosíntesis y se permite la carga para elevar y acortar la porción distal del metatarsiano a su posición adecuada. La técnica sufrió numerosas modificaciones que no consiguieron disminuir el elevado número de complicaciones. Sin embargo, Trnka et al., [296] encontraron con esta osteotomía un 26% de excelentes resultados, un 26% de buenos resultados, un 14% de pobres y el 34% de los pacientes no estaban satisfechos con la cirugía. Los resultados radiográficos mostraron en el 33% maluniones y un 14% de pseudoartrosis. De las 22 luxaciones, el 59% permanecieron luxadas.

3. Osteotomías metatarsianas distales

Las osteotomías subcapitales son las más frecuentes y están diseñadas para elevar la cabeza o para acortar el metatarsiano; se distinguen las osteotomías con cuña distal y las osteotomías oblicuas [10].

Osteotomía de Gauthier

Es una osteotomía de resección en cuña distal con ángulo agudo en la cara plantar del hueso que permite elevar la cabeza y acortar el metatarsiano [126]. Tanto la osteotomía como la fijación es difícil de realizar, al cambiar la orientación de la cabeza es una buena indicación con buenos resultados en la enfermedad de Freiberg [126].

Osteotomía de Weil

La técnica para la osteotomía cérvico-cefálica fue descrita por Weil, en 1991 [316][317] y popularizada por Barouk [9] y es, actualmente, la técnica preferida por los cirujanos. Sin embargo, su indicación no está apartada de la controversia.

Meyr et al., [220] sostienen que el objetivo inicial de la cirugía es restaurar la parábola metatarsiana según uno de los dos patrones aceptados ($2>1=3>4>5$ o $1=2>3>4>5$) [191], con la osteotomía de Weil, después de realizar el corte a través de la cabeza del metatarsiano y paralelo al suelo [9][266], la cabeza es llevada hacia proximal y “acortado” el metatarsiano para adaptarlo a la parábola, en relación con los otros metatarsianos, para después ser fijado con un tornillo (Figura 24).

Se realiza una incisión dorsal longitudinal o transversa, se expone la articulación metatarso-falángica, entre el tendón del m. extensor digitorum longus y el brevis, sin alargar los tendones ni acortar los ligamentos colaterales, excepto en pacientes que requieren una liberación de la cápsula por rigidez o luxación. El corte de la osteotomía debe ser lo más

horizontal posible. Se hace un doble corte para sacar una lámina de hueso si hay que hacer un acortamiento superior a 4 mm, para evitar la plantarización de la cabeza del metatarsiano y mejorar la función de la musculatura intrínseca.

La osteotomía de Weil exige una buena planificación siguiendo un protocolo bien establecido [191] para evitar la poca o mucha corrección provocando una metatarsalgia de transferencia. Estos autores no creen que la cabeza del metatarsiano se coloque en su posición más adecuada con la carga. Evidentemente esta osteotomía tendrá problemas para consolidar si no se hace una buena fijación.

La osteotomía de Weil es la técnica más popular para acortar uno o más metatarsianos con una osteotomía subcapital horizontal, consiste en efectuar una osteotomía oblicua a través del cuello de los metatarsianos. Es importante conseguir un corte paralelo al plano de carga con un buen apoyo de los metatarsianos. Esto permite la descompresión axial de las articulaciones metatarso-falángicas, sin descender la cabeza del metatarsiano intervenido en relación con el plano de apoyo [9][20][214][316][317].

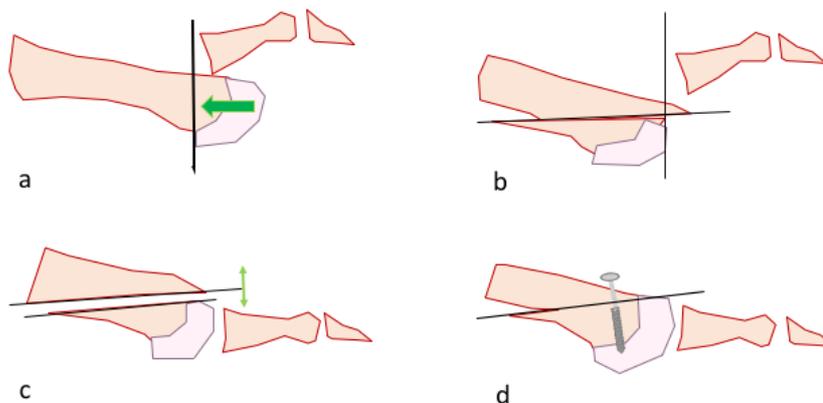


Figura 24. Osteotomía de Weil, técnica del doble corte

Se han publicado diferentes métodos de fijación, incluyendo agujas de Kirschner [235][303]; tornillos “twist-off” autotaladrantes y autocerrajantes [9][132][303], tornillos bicorticales [20] y tornillos bicorticales canulados.

Para colocar cada uno de estos sistemas descritos de fijación, se hace primero la osteotomía, se establece la magnitud del acortamiento intraoperatoriamente y después se perfora el agujero por donde deben pasar los tornillos [9][20][214][316][317].

La osteotomía de Weil ha obtenido buenos resultados para el tratamiento de la metatarsalgia central y subluxación de las articulaciones metatarso-falángicas menores y luxación de los radios menores [9][20][214][316][317]. Una complicación de la osteotomía de Weil son los “dedos flotantes”, que se producen por un desplazamiento plantar de la cabeza de los metatarsianos y son mal tolerados por los pacientes. Se producen cuando el acortamiento es superior a los 3 mm. Maceira [189][226] propuso su modificación específica para la “metatarsalgia propulsiva”, un triple corte para controlar el acortamiento, el cual es coaxial a la diáfisis de los metatarsianos y también eleva la cabeza de los metatarsianos, una forma de prevenir los “dedos flotantes”.

DMMO (Distal Metatarsal Metaphyseal Osteotomy) u osteotomía percutánea de los metatarsianos

De Prado et al., [60-63] popularizó esta osteotomía que ha ido ganando adeptos frente a la osteotomía de Weil. Es una técnica percutánea, simple, de rápida ejecución, de bajo coste. Deleu et al., [66] concluyeron que el planificar preoperatoriamente la metatarsalgia es una simplificación de una patología compleja que además requiere una corrección tridimensional. La planificación preoperatoria ideal para realizar una DMMO debe considerar el potencial de llevar hacia proximal la cabeza del metatarsiano osteotomizada tanto en el plano sagital como coronal [25] (Figura 25).

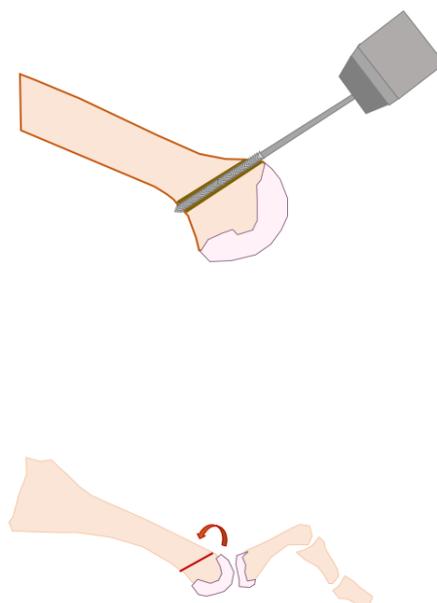


Figura 25. Osteotomía DMMO

Biz et al., [25] se decidieron por la DMMO por sus ventajas en la corrección dinámica de los metatarsianos y los inconvenientes provocados por la osteotomía de Weil [251][252], además la cirugía percutánea es preferible a la abierta [21]. Sin embargo, el tratamiento óptimo de la metatarsalgia y la restauración de la forma ideal del morfotipo del antepie sigue siendo controvertido [85][86] (Figura 25).

Insistimos que la DMMO es una osteotomía ideal para que se desplace y se coloque de la manera más adecuada con la carga del propio paciente, siguiendo unos cuidados postoperatorios [61][146][182]. Después de una DMMO, las cabezas de los metatarsianos consolidan en una posición más proximal por la propia carga del paciente. Las osteotomías de Weil, por el contrario, son sintetizadas con un tornillo, en la posición que considera adecuada el propio cirujano, por lo que no es posible después a una recolocación en función del apoyo del paciente.

Cirugía del hallux valgus

Para el tratamiento de las patologías del primer metatarsiano hay muchas propuestas y en ocasiones van asociadas con la osteotomía de la base de la primera falange del primer dedo [99][129][154][322] (Figura 26).

La osteotomía distal tipo en “chevron”, se utiliza mucho en la actualidad, se realiza en el punto distal del primer metatarsiano, efectuando un corte en punto de V, con vértice distal, en el punto correspondiente al centro de rotación de la cabeza del primer metatarsiano; la línea de corte plantar debe ser proximal a los sesamoideos, y el dorsal llegar a la misma altura, pero en la cortical dorsal del metatarsiano, formando entre si un ángulo de 60°.

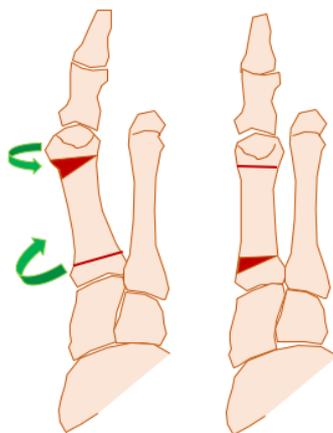


Figura 26. Ejemplo de doble osteotomía para alineación del primer metatarsiano.

La osteotomía de Austin – “chevron” [213][255], es una osteotomía en forma de V indicada para la corrección del hallux valgus moderado o ligero, en el cual el ángulo es inferior a 30° y el ángulo intermetatarsiano inferior a 15° [213]. La osteotomía en chevron, asociada con la cirugía de liberación de partes blandas, con o sin osteotomía de Akin, puede aumentar la cantidad de corrección, haciendo de esta cirugía una indicación también para el hallux valgus grave [92]. Hay muchas modificaciones sobre la técnica original, pero siempre tiene que estar los dos brazos de la osteotomía oblicuos sobre el plano horizontal de M1, aunque esto obliga a realizar una cirugía cuidadosa pues una inclinación inexacta puede perder el sentido multiplanar de esta técnica [304].

Por su parte la osteotomía diafisaria tipo “scarf” fue descrita en 1976, por Burutarán [37] para el tratamiento del hallux valgus (Figura 27). En 1991, Weil desarrollo la técnica en la universidad de Chicago y Barouk fue el que la introdujo en Europa [10]. La osteotomía tiene un trazo longitudinal practicado en la cara medial. En el plano trasversal se dirige ligeramente hacia detrás. El trazo distal es dorsal, formando un ángulo de 45° con el trazo longitudinal e, igual que el proximal, dirigido ligeramente hacia atrás en el plano trasversal, es decir, los trazos proximal y distal son paralelos entre si.

En ocasiones se asocia la osteotomía del primer metatarsiano con una osteotomía de la primera falange, tipo osteotomía de Aikin (Figura 28).

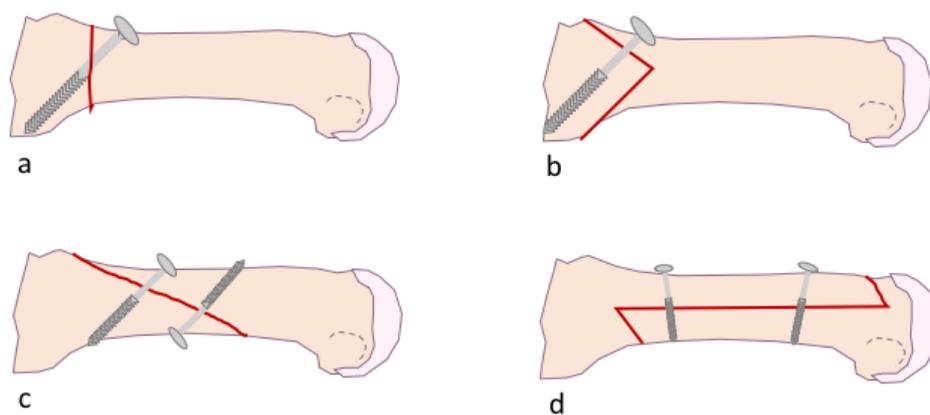


Figura 27. Cuatro osteotomías para la corrección del hallux valgus, a) en semiluna proximal, b) en “V” invertida, C) osteotomía de Ludloff, d) osteotomía en scarf.

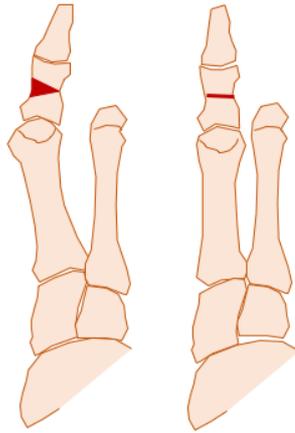


Figura 28. Osteotomía de Akin

La técnica descrita por Isham [142] es una modificación de la clásica osteotomía de Reverdin, que incluye la exostosectomía y una osteotomía, entre la superficie del cartílago articular de la cabeza de M1 y como límite en la cortical inferior el nivel proximal de los sesamoideos; desde la cara interna del metatarsiano, con una inclinación oblicua de 45°, hacia la cortical externa que se respeta, para conseguir una cuña correctora del valgo (Figura 29).

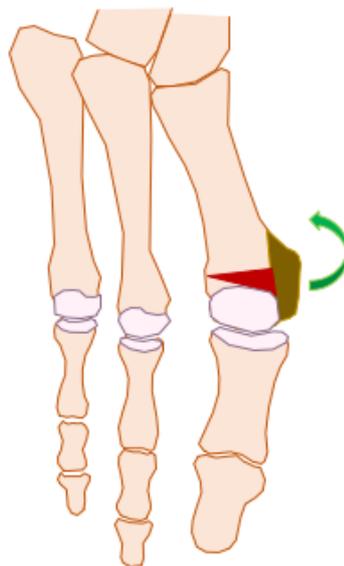


Figura 29. Técnica de Reverdin – Isham

Hipótesis y objetivos

Hipótesis

La cirugía percutánea del antepie resuelve la metatarsalgia devolviendo la forma y la biomecánica del antepie a las necesidades y condiciones de cada paciente. Un hallux valgus asociado a metatarsalgia no influye en el resultado del tratamiento quirúrgico percutáneo de estos pacientes.

Hipótesis nula

En la metatarsalgia la cirugía percutánea del antepie no resuelve la sintomatología y deja un número considerado de complicaciones. El hallux valgus asociado empeora los resultados.

Objetivos

Analizar los resultados clínicos de los pacientes intervenidos, por diferentes cirujanos, de metatarsalgia con cirugía percutánea.

Evaluar los resultados clínicos al año, como mínimo, de la cirugía.

Analizar la morfología del pie al año, como mínimo, de la cirugía.

Comparar los resultados en pacientes con metatarsalgia aislada y asociada a un hallux valgus, al año, como mínimo, de la cirugía.

Material y metodología

Población y metodología

Estudio multicéntrico, prospectivo y longitudinal sobre una población de pacientes intervenidos de metatarsalgia, con una osteotomía DMMO, dividido en dos grupos, uno considerado metatarsalgia aislada y el otro de metatarsalgia asociada a hallux valgus.

Efectuamos un estudio multicéntrico sobre 116 pies intervenidos por metatarsalgia, correspondientes a 116 pacientes, intervenidos entre junio de 2013 y abril de 2017. A todos los pacientes se les realizó un estudio pre-operatorio y se volvieron a estudiar, la primera vez, transcurridos tres meses desde la intervención efectuando un seguimiento a los 6 meses y otro a los 12 meses de la cirugía. Luego, se efectuaron controles telefónicos cada año. El seguimiento medio fue de 38 (DE: 12; rango: 18 – 71) meses. La edad media de los pacientes fue de 59 (DE: 7; rango: 38 – 78) años; 56 pies eran del lado izquierdo y 60 del derecho y en nuestra muestra solo tuvimos dos hombres. Ochenta y tres pies tenían un hallux valgus asociado, 2 pies tenían un hallux rigidus y el resto, 31, presentaban un primer radio normal (Figura 30).

Criterios de inclusión, se incluyeron todos los pacientes con dolor en el antepie, que habían realizado tratamiento conservador al menos durante seis meses y continuaban con dolor persistente, a los que se realizó una radiografía de apoyo en carga en dos proyecciones y presentaban hiperqueratosis. Fueron criterios de exclusión los pacientes que presentaban patología tumoral o infecciosa o habían sido intervenidos previamente de un hallux valgus u otra patología del primer dedo.

Participaron tres cirujanos en el estudio (Olivier Laffenetre, Centro Hospitalario Universitario de Burdeos; Veronique Darcel, Grupo Hospitalario Pellegrin de Burdeos; Mariano de Prado, en el Hospital USP San Carlos, de Murcia, España). En cada centro disponían del mismo cuestionario, con datos pre-operatorios, de la cirugía y post-operatorios (Tabla 1) (Tabla 2), que pasaban posteriormente a una base de datos que nos iban enviando. Recogimos los datos y los introducimos en una tabla conjunta, hablando telefónicamente cuando faltaba algún dato o visitando el centro para recoger el material.

Las metatarsalgias se clasificaron en mecánicas, 95 casos, 3 tenían como causa una enfermedad reumática (artritis reumatoidea), 2 postraumáticas, en 11 casos fueron iatrogénicas, una tenía un problema estático, en 4 había añadido un dedo quintus varus y un pie padecía de un neuroma de Morton (Figura 31).

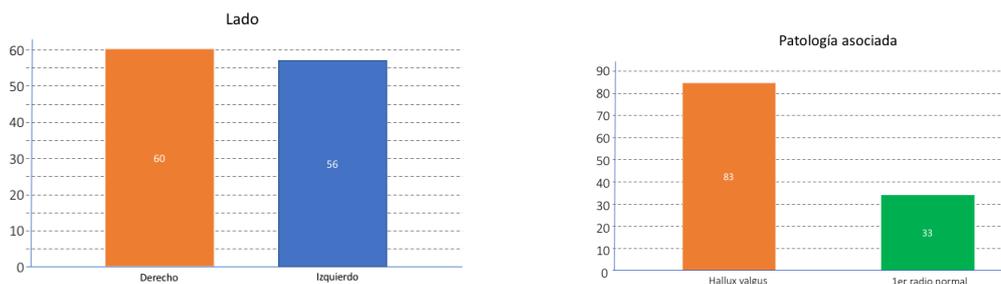


Figura 30. a) División de la muestra en función a) del lado y b) de la metatarsalgia aislada o asociada a hallux valgus

En el pre-quirúrgico estudiamos la edad, el sexo, el posible tabaquismo, así como el tratamiento con cortico-esteroides o anti-coagulantes. Ninguno de los pacientes había tenido tratamiento con corticoesteroides, dos seguían un tratamiento anticoagulante y 2 eran fumadores.

No encontramos diferencias entre los grupos de pies con hallux valgus y con metatarsalgia aislada ni con la edad ($p=0,578$), ni con el lado ($p=0,703$)

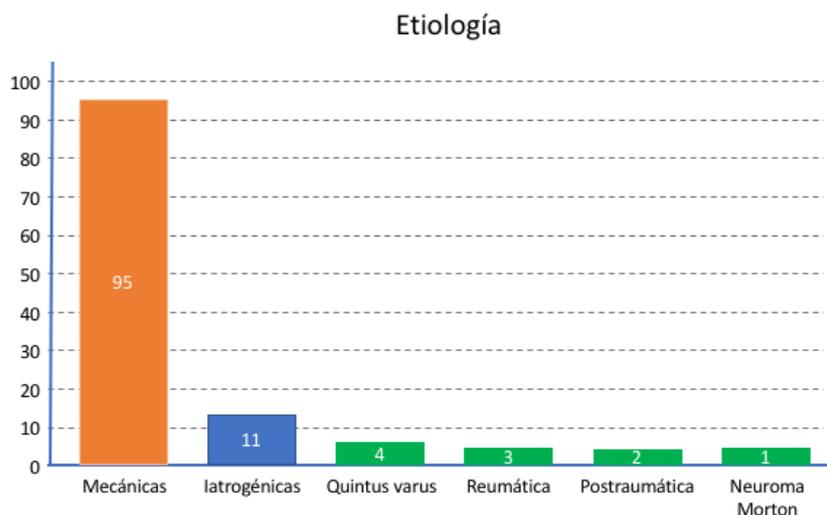


Figura 31. Etiología de las metatarsalgias incluidas en el estudio

Las técnicas quirúrgicas del hallux valgus fueron, según la preferencia e indicación del cirujano, un "chevron", "scarf", o la técnica de Reverdin- Isham. Se anotaron los casos que requirieron una osteosíntesis (Tabla 1). Para el tratamiento de la metatarsalgia se realizaron, en todos los casos, DMMO (osteotomías de descenso de los metatarsianos), percutáneas y sin osteosíntesis. Dejamos el apoyo libre del paciente para que las osteotomías consolidasen en función del apoyo de cada paciente.

Tabla 1

Distribución de las técnicas empleadas para la cirugía del hallus valgus

Técnica	N
Chevron	67
Scarf	4
Isham – Reverdin	12
No intervención	33

Las DMMO se realizaron sobre varios metatarsianos, en función de la patología de cada paciente (Tabla 2) (Figura 32) para evitar metatarsalgias residuales o de transferencia. Con el fin de evitar la aparición de metatarsalgias por transferencia a las cabezas metatarsianas vecinas, realizamos la osteotomía solo en el metatarsiano relacionado con la hiperqueratosis y recomendamos realizar osteotomías múltiples siguiendo la fórmula propuesta por Leventen y Pearson [179]. Cuando la hiperqueratosis plantar está bajo la cabeza del segundo metatarsiano, realizamos osteotomías en el segundo y en el tercer metatarsianos. Si la hiperqueratosis plantar está bajo la cabeza del tercer metatarsiano, realizamos osteotomías en el segundo, tercero y cuarto metatarsianos y cuando está bajo la cabeza del cuarto metatarsiano, las osteotomías las efectuamos sobre el tercero y cuarto metatarsianos. Indicamos habitualmente la realización de osteotomías en los tres metatarsianos centrales salvo en casos excepcionales de hiperpresión sobre la cabeza de un solo metatarsiano, normalmente el 4º.

Tabla 2

Osteotomías DMMO

Metatarsianos	N
M2-M3-M4	96
M2-M3-M4-M5	14
M2-M3	4
M2	2

En algunos casos se asociaron artrodesis o artroplastia de la articulación interfalángica (IF), osteotomías de la primera o de la segunda falange percutáneas o acortamientos (Tabla 3)

(Tabla 4). Los tendones flexores o extensores fueron seccionados en numerosas ocasiones (Tabla 5). En dos ocasiones se efectuó un alargamiento, por endoscopia, de la cadena posterior.

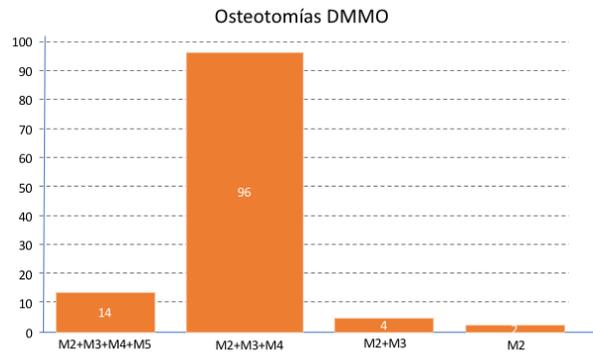


Figura 32. Osteotomías DMMO efectuadas en diferentes grupos de metatarsianos

Tabla 3

Osteotomía en las falanges

Osteotomías falanges	F1	F2
Dedo 2	17	1
Dedo 3	5	
Dedo 4	7	
Dedo 5	4	

Tabla 4.

Técnica quirúrgica sobre la articulación interfalángica y las falanges

Dedo	Artrodesis IF	Artroplastia IF	Osteotomía F1	Osteotomía F2	Acortamiento
II	17	3	11	1	4
III	1		4		
IV			4		1
V			4		1
II-III	2		2		
II-IV			2		
II-V			1		
III-IV			1		
IV-V			1		
II-III-IV		1	2		
II-III-IV-V			2		

Tabla 5

Intervenciones efectuadas sobre los tendones

Metatarsianos Extensor	Tenotomía	
	Corto	Largo
M2	20	22
M3	10	10
M4	9	10
M5	7	7
Tendones extensores		
M3-M4	1	
M4-M5	2	
M2-M3-M4	7	
M2-M3-M4-M5	62	
Tendones flexores		
	Corto	Largo
M2	12	6
M3		
M4		2
M5	3	5
M2-M3	1	1
M4-M5	1	
M2-M3-M4	2	2
M2-M3-M4-M5	5	5
Flexores en conjunto		
M2-M3-M4	17	
M3-M4-M5	13	
M2-M3-M4-M5	75	
Otros	5	

Diagnóstico clínico y radiográfico

El estudio de la deformidad se llevó a cabo en todos los pacientes mediante un estudio clínico, estático y dinámico, y radiográfico, además del análisis de la marcha. La primera exploración se efectuó en descarga, considerando al paciente un todo y no valorando únicamente la metatarsalgia. Una vez realizada la exploración en la camilla, invitamos al paciente a caminar.

Una vez realizado correctamente el estudio clínico realizamos el estudio radiográfico estandarizado para evaluar los resultados obtenidos, tanto prequirúrgicos como posteriores a la cirugía. Este estudio se realizó en carga con proyecciones dorso-plantar, lateral y oblicua del pie en carga.

Valorados los resultados quirúrgicos radiográficos se estableció el plan quirúrgico.

Dentro de la estática global, nos fijamos en la posible existencia de un genu valgo, genu varo o alteración rotacional de los miembros inferiores. En tres pacientes detectamos un genu valgo ($>10^\circ$), en otros tres un genu varo ($>10^\circ$), una tibia vara y una anomalía de torsión del miembro inferior.

Sobre el podoscopio miramos si la huella plantar era simétrica, fisiológica o asimétrica y clasificamos los pies en normal, plano (grados 1, 2 y 3) o cavo (grados 1, 2 y 3). Los pacientes presentaron una morfología de pie plano, de 1er grado, en 30 ocasiones, de 2º grado en cuatro casos y de tercer grado en dos pacientes. Por su parte, tenían morfología de pie cavo de 1er grado 27 pacientes, de 2º grado, 10 y de 3er grado, 7 (Figura 33). Treinta y tres pies intervenidos tenían un m. gastrocnemio corto y dos pacientes el tendón de Aquiles corto.

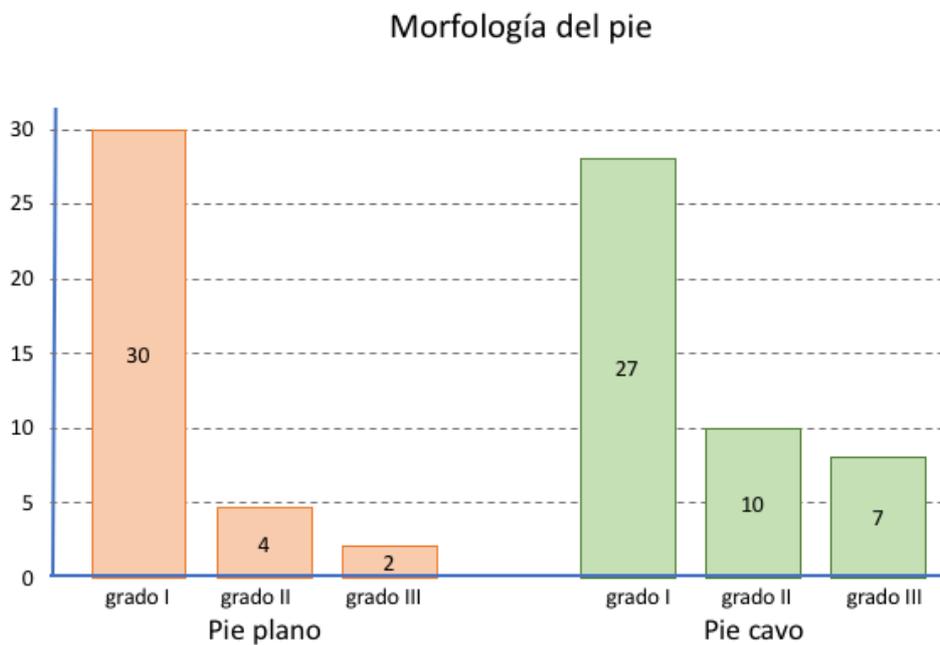


Figura 33. Morfología del pie, grados de pie plano y de pie cavo

La patología asociada de los dedos se refleja en la Tabla 6.

Tabla 6.

Patología asociada de los dedos

	2º dedo	3er dedo	4º dedo	5º dedo
Proximal reductible	5	1		1
Proximal fijo	11	1	1	1
Distal reductible	2		1	
Todo	1	2	3	2

Para la exploración clínica, seguimos la escala AOFAS no homologada, en francés y en español según el caso, que medimos antes de la cirugía y durante el seguimiento (Anexo 1). Esta escala se fija en el dolor (en cada uno de los metatarsianos (M2, M3, M4, M5), en la limitación actividades (M2, M3, M4, M5), en las exigencias del calzado (M2, M3, M4, M5), en la movilidad de la articulación metatarso-falángica (MF) (M2, M3, M4, M5), en la movilidad de la articulación interfalángica (IF) (M2, M3, M4, M5), en la estabilidad MF – IF (M2, M3, M4, M5), las callosidades (M2, M3, M4, M5) y la alineación (M2, M3, M4, M5). Consiguiendo una puntuación parcial de cada uno de los apartados y una valoración total.

Anotamos la fórmula digital, clasificando los pies, según la longitud del primer y segundo dedo en: pie griego, pie egipcio o pie cuadrado, antes y después de la cirugía. Apuntamos la patología asociada en otros dedos (M2, M3, M4, M5), así como la movilidad M-F plantar y dorsal (M2, M3, M4, M5).

En el examen clínico de la cadena posterior, estudiamos la existencia de un acortamiento de los gemelos (diferencial >15°) y un posible tendón de Aquiles corto.

En el examen radiográfico estudiamos la relación de la longitud de los metatarsianos primero (M1) y segundo (M2), que dividimos en el clásico, Plus-Minus (M1 = M2), Minus (M1 < M2) o Plus (M1 > M2). En el examen radiográfico también observamos posibles luxaciones M-F, necrosis, pseudoartrosis o retardo de consolidación.

Se anotó la valoración subjetiva del cirujano (0 – 10), inmediatamente después de la cirugía, y en la última revisión además de la del cirujano, también recogimos la valoración de la satisfacción del paciente.

Las técnicas empleadas para el tratamiento del hallux valgus fueron la osteotomía distal tipo en chevron, el Scarf y la osteotomía distal del primer metatarsiano tipo Reverdin Isham.

Técnica en “chevron”: procedimiento quirúrgico (Figura 34) (Figura 35)

El chevron se realizó en el punto distal del primer metatarsiano, practicando en “V”, con el vértice distal, en el punto correspondiente al centro de rotación de la cabeza del primer

metatarsiano; la línea de corte plantar fue proximal a los sesamoideos y el corte dorsal llegaba a la misma altura, pero en la cortical dorsal del metatarsiano, formando entre ambos un ángulo de 60° [293].

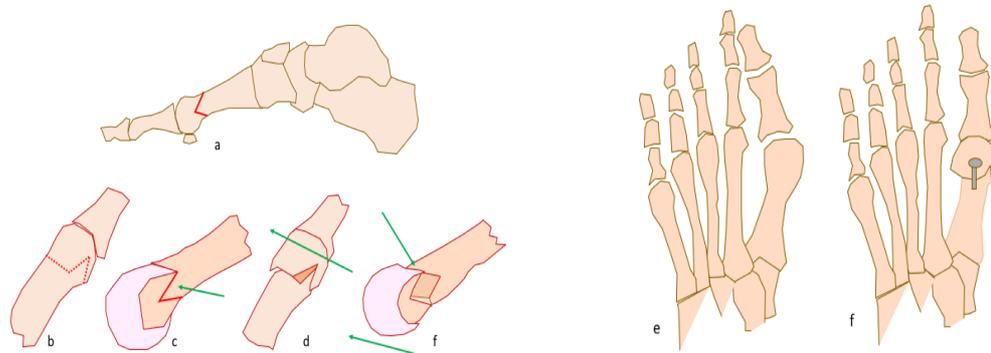


Figura 34. Osteotomía en "chevron": pasos de la técnica quirúrgica



Figura 35. Cirugía del hallux valgus con la técnica "en chevron", a) antes de la cirugía, b) a los tres meses de la intervención

Técnica de "scarf": procedimiento quirúrgico (Figura 36) (Figura 37)

Para la osteotomía diafisaria tipo scarf se efectuó un trazo longitudinal en la cara medial,

paralelo al borde medial de la diáfisis y colocando 2 a 3 mm por debajo de este, que va 2 a 3 mm por delante de la base del metatarsiano hasta 2 a 3 mm por detrás de la cabeza del metatarsiano. El trazo proximal plantar mantiene un ángulo de 45° con el trazo longitudinal. En el plano trasversal se dirige ligeramente hacia atrás. El trazo distal es dorsal, formando un ángulo de 45° con el trazo longitudinal e, igual que el proximal, dirigido ligeramente hacia atrás en el plano trasversal, es decir, los trazos proximal y distal son paralelos entre si [136].

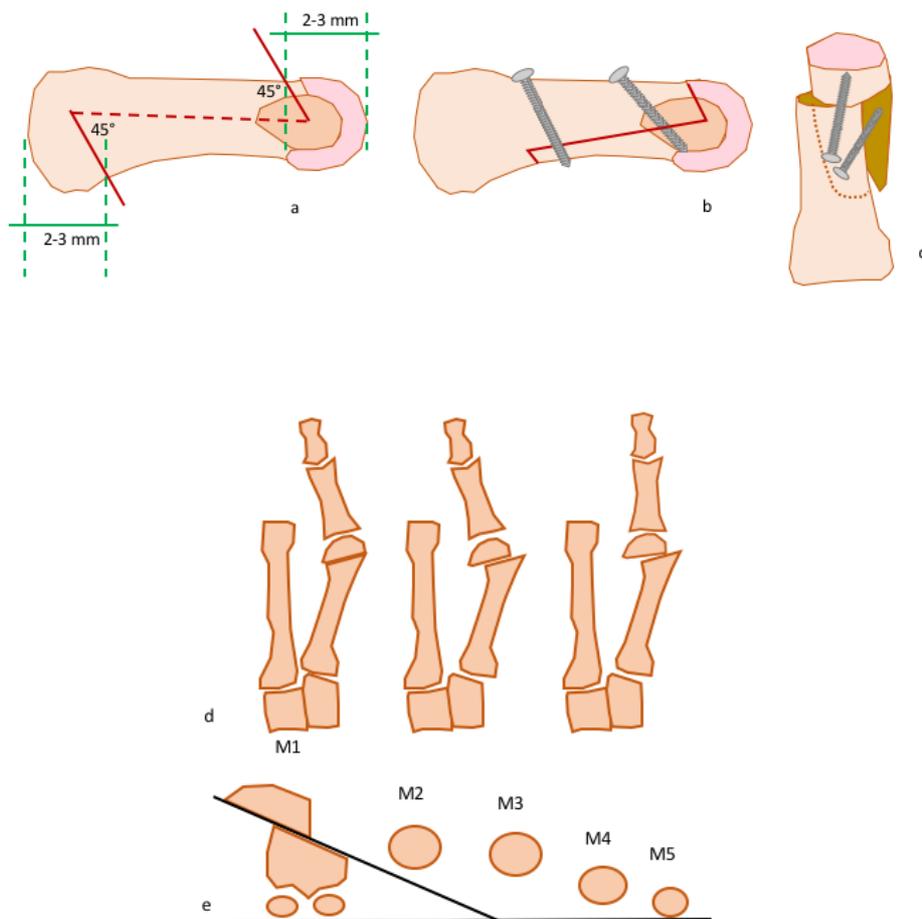


Figura 36. Técnica del scarf a, b) plano sagital, c) resultado final en plano dorso-plantar, d) visión dorso-plantar, e) orientación del corte transversal



Figura 37. Cirugía de hallux valgus con la técnica de “scarf”, a) antes de la cirugía, b) dos meses después de la cirugía

Técnica de Reverdin-Isham: procedimiento quirúrgico (Figura 38)

Hemos seguido la técnica descrita por Isham, modificación de la clásica osteotomía de Reverdin. Se aprovechó el abordaje para realizar la exostosectomía (Figura 39) y realizamos la osteotomía de distal dorsal a plantar proximal. Apoyando la broca sobre la cara interna del metatarsiano, seguimos una dirección oblicua de 45°, hacia la cortical externa que se respetó. Volvimos a eliminar algo más de la cortical interna para poder realizar la cuña correctora del valgo. El límite la cortical superior fue la superficie del cartílago articular de la cabeza del primer metatarsiano y como límite en la cortical inferior el nivel proximal de los sesamoideos. A continuación, con un pequeño movimiento de varización del primer dedo, realizamos la osteoclasis de la cortical lateral del primer metatarsiano, cerrándose la cuña y quedando muy estable.

Finalizada la cirugía sobre la cabeza del primer metatarsiano, realizamos una nueva vía en la cara dorsal y lateral de la articulación metatarso-falángica del primer dedo, con un bisturí sobre la cara interna de la base de la falange, giramos 90° hacia fuera y movilizándolo en varo para cortar completamente la inserción del m. abductor que aprovechamos para efectuar la capsulotomía incompleta y evitar desarticular la articulación.

Asociamos estas dos técnicas con una osteotomía de la base de la primera falange del primer dedo u osteotomía de Akin (Figura 28), con una nueva incisión de 0,3 a 0,5 cm en la cara

dorsal de la base de la primera falange del hallux, por dentro de los tendones extensores, llegando hasta el periostio. Se desperiostizó la cara interna de la base de la falange y con una fresa larga se realizó una osteotomía de cuña interna, respetando la parte de la cortical interna, que se rompió por osteoclasia.

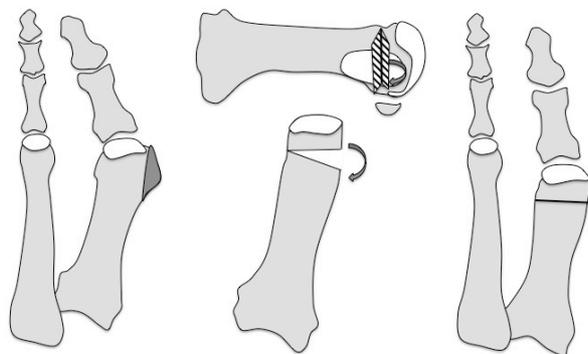


Figura 38. Técnica quirúrgica de Reverdin - Isham



Figura 39. Resección del "juanete"

Cirugía de la metatarsalgia: Osteotomía distal percutánea del metatarsiano.

Utilizamos instrumental motorizado, con el motor unido a un terminal de mano, para controlar el giro del motor en dirección anteverso y reverso y variar la velocidad de 0 a 30.000 revoluciones por minuto, aunque trabajamos siempre entre 6.000 y 8.000 rpm, para evitar lesiones en la piel y evitar el bloqueo de la broca al realizar los distintos gestos quirúrgicos.

La anestesia fue con un boqueo del tobillo, con el paciente sobre la mesa de quirófano, en decúbito supino. Después del rasurado y limpieza de la piel con antiséptico, se infiltraron los

troncos nerviosos del nervio tibial, las ramas cutáneas dorsales del nervio peroneo superficial, el nervio safeno, el nervio sural y el nervio peroneo profundo. La solución empleada estuvo compuesta, en partes iguales, por mepivacaina 2% y bupivacaina 0,75%, por su rápida acción y duración prolongada.

Técnica quirúrgica: osteotomías distales metafisarias (DMMO) [61][63]

Se realizó la incisión con bisturí del espacio o de los espacios íntermetatarsianos, según los metatarsianos que precisasen cirugía. Despegamos con la raspa el periostio de la cara externa del cuello del metatarsiano y, posteriormente, introducimos la broca larga para realizar las osteotomías (Figura 40).

Una vez visualizado el control radiográfico con el fluoroscopio, se realizó la osteotomía distal con una inclinación de 45° con relación al plano del suelo, efectuando un movimiento de supinación con la mano para no cambiar la dirección del gesto quirúrgico (Figura 41).

Terminada la osteotomía, se realizó la sutura, con monofilamento 0000, de la incisión o incisiones realizadas. Se lavó el pie y se colocó un vendaje con cincha metatarsiana, recomendando un zapato posquirúrgico, de suela recta y rígida. Esta es una parte tan importante como la propia cirugía (Figura 42).

La retirada de los puntos se realizó a la semana enseñando al paciente a cambiar el vendaje, de cinchas metatarsianas con esparadrapo de seda, tras su aseo diario. Prohibimos andar descalzos, sin zapato y sin vendaje, para evitar el desplazamiento de las osteotomías (Figura 43).

Pasado un mes se realizó la revisión con control radiográfico y si existía suficiente callo fibroso se autorizó otro tipo de zapato que debía ser ancho, con suela resistente y cordonerías, durante 2-3 meses después de la cirugía (Figura 44).



Figura 40. A) Incisión, b) desperiostización, c) osteotomía

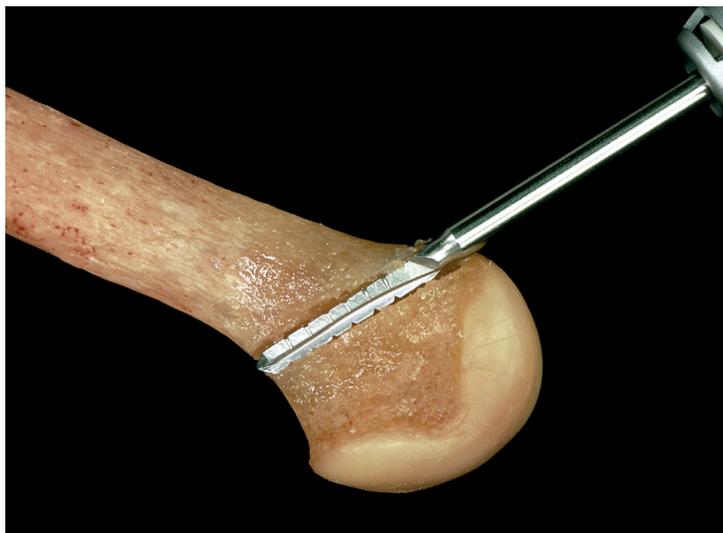


Figura 41. Inclinación de la osteotomía 45°.

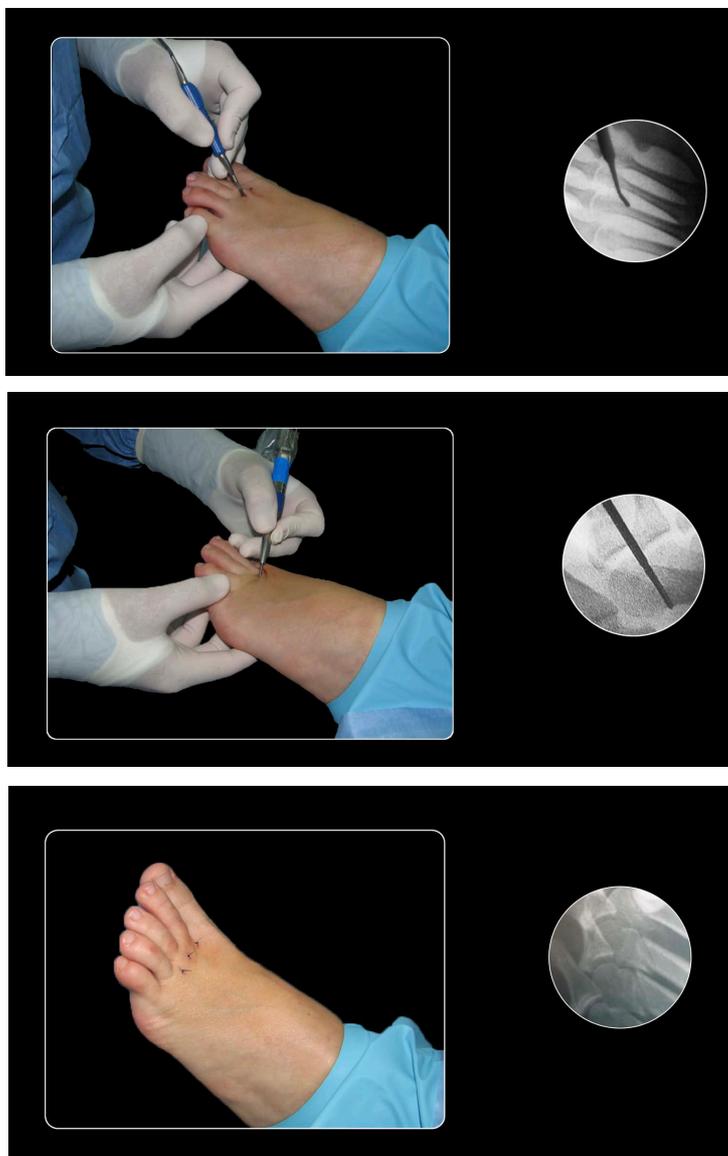


Figura 42. Técnica percutánea para la osteotomía DMMO



Figura 43. Suturas y hematoma postquirúrgico que se va reabsorbiendo con el tiempo



Figura 44. DMMO por metatarsalgia durante la cirugía

Recogida de datos

Los datos se recogieron directamente de los cirujanos encargados de cada paciente y se fueron introduciendo en la base de datos. Cuando nos faltaba algún dato llamamos a cada centro o pasamos a revisar la historia. Efectuamos un control final telefónico, sobre todo para conocer la satisfacción de los pacientes.

Estudio estadístico

Efectuamos un estudio comparativo de algunos resultados en función de la edad, pacientes menores y mayores de 60 años y según la técnica quirúrgica utilizada (“chevron”, Scarf o la técnica de Reverdin-Isham) para el tratamiento del hallux valgus.

Analizamos el resultado sobre cada uno de los metatarsianos operados.

Se realizó un estudio descriptivo basado en la media, desviación estándar y el rango de los valores, además del estudio de frecuencias, sobre todo con las variables cualitativas.

Comparamos los resultados clínicos y radiográficos del tratamiento quirúrgico de las metatarsalgias aisladas y asociadas a un hallux valgus, la variación de la fórmula digital y la fórmula metatarsal según la edad.

Estudiamos la influencia del Hallux valgus con el dolor, para distribuciones no normales con la U de Mann Whitney, con la escala AOFAS y con la edad, con la T de Student, con la satisfacción de los pacientes y el lado, por ser ambas cualitativas, con el test de Chi², con la fórmula digital, por ser ambas cualitativas, con el test de Chi².

La comparación de la satisfacción de los pacientes y del cirujano, al ser ambas cualitativas ordenables con cuatro categorías diferentes, se calculó el coeficiente de correlación no paramétrico con la Rho de Spearman. Lo mismo se hizo para comparar la satisfacción del paciente con la escala AOFAS, aunque, en este caso, aplicamos, un Anova para analizar las diferencias entre los diferentes grados de satisfacción. La satisfacción y la fórmula digital se compararon, al ser ambas cualitativas, con un Chi².

Estudiamos las diferencias entre las diferentes variables y correlaciones con la r de Pearson,

El dolor es una variable numérica ordenable pero que no proviene de una escala y que tiene pocos valores diferentes, hace que las distribuciones no sean normales y aplicamos el test de Kruskal-Wallis.

Resultados

Resultados generales

La mejoría en la puntuación final fue evidente, comparada con la evaluación inicial, antes de la cirugía, alcanzando una puntuación media superior a 80 sobre 100, en todos los metatarsianos con un punto de partida medio de 50 puntos (Tabla 7) (Figura 45).

Observamos una mejoría significativa del dolor ($p=0,000$) (Figura 46), mejora de la actividad (Figura 47), sin modificación de la exigencia del calzado (Figura 48), disminuyendo la movilidad, tanto de las articulaciones metatarso- falángicas (Figura 49) como interfalángicas (Figura 50), mejorando de forma ligera la estabilidad articular metatarso-falángica e interfalángica (Figura 51) y desaparición de las callosidades ($p=0,000$) (Figura 52) con una buena alineación de los metatarsianos (Figura 53).

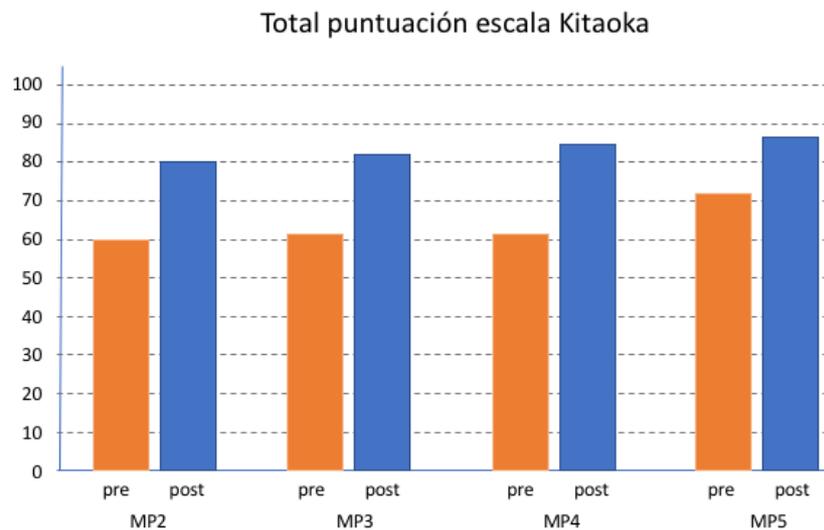


Figura 45. Puntuación total de la escala AOFAS

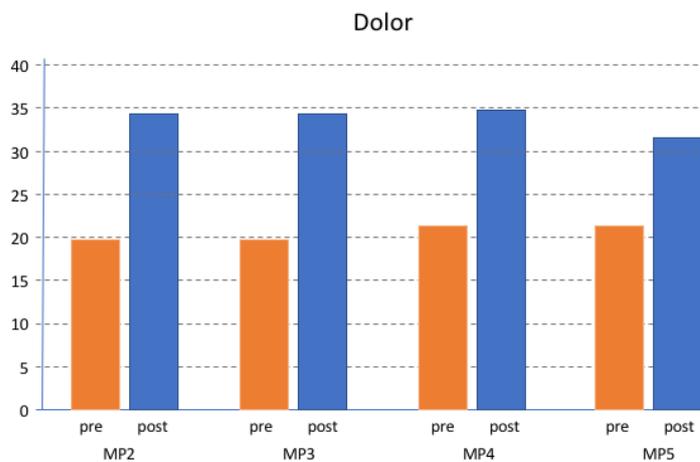


Figura 46. Puntuación de la subescala de dolor, en la escala AOFAS

Tabla 7

Resultado escala AOFAS

	MP2	MP3	MP4	MP5
Dolor pre (máximo 40 puntos)				
X (DE)	19,12 (9,64)	19,65 (9,9)	20,35 (10,88)	21,23 (17,43)
(rango)	(30-0)	(40-0)	(40-0)	(40-0)
Dolor post (máximo 40 puntos)				
X (DE)	34,1 (6,18)	34,35 (6,23)	34,6 (6,27)	31,82 (12,85)
(rango)	40-20	40-20		
Limitación actividades pre (máximo 10 puntos)				
X (DE) (rango)	6 (1,81)	6,15 (1,89)	6,38 (2,05)	7,02 (4,35)
Limitación actividades post (máximo 10 puntos)				
X (DE) (rango)	7,36 (1,89)	7,34 (1,89)	7,74 (1,92)	8,14 (2,03)
Exigencia del calzado pre (máximo 5 puntos)				
X (DE) (rango)	5,30 (1,19)	5,34 (1,43)	5,21 (1,38)	5,51 (3,68)
Exigencia del calzado post (máximo 5 puntos)				
X (DE) (rango)	5,38 (1,87)	5,43 (1,94)	5,40 (1,90)	5,81 (3,44)
Movilidad articulación M-F pre (máximo 10 puntos)				
X (DE) (rango)	8,62 (2,23)	8,76 (2,17)	8,75 (2,27)	7,03 (4,16)
Movilidad articulación M-F post (máximo 10 puntos)				
X (DE) (rango)	8,40 (2,34)	8,46 (2,32)	8,62 (2,25)	7,03 (3,78)
Movilidad articulación I-F pre (máximo 10 puntos)				
X (DE) (rango)	4,68 (1,23)	4,74 (1,12)	4,73 (1,36)	4,44 (1,59)
Movilidad articulación I-F post (máximo 10 puntos)				
X (DE) (rango)	4,56 (1,42)	4,68 (1,22)	4,59 (1,37)	4,23 (1,84)
Estabilidad MF-IF pre (máximo 5 puntos)				
X (DE) (rango)	4,81 (0,96)	4,95 (0,48)	4,95 (0,47)	4,88 (0,75)
Estabilidad MF-IF post (máximo 5 puntos)				
X (DE) (rango)	4,96 (0,47)	5 (0)	5 (0)	5 (0)
Callosidades pre (máximo 5 puntos)				
X (DE) (rango)	1,95 (2,46)	2,54 (2,52)	2,84 (2,49)	3,61 (2,27)
Callosidades post (máximo 5 puntos)				
X (DE) (rango)	5 (0)	5 (0)	5 (0)	5 (0)
Alineación metatarsianos pre (máximo 15 puntos)				
X (DE) (rango)	10,9 (4,23)	11,73 (3,85)	11,37 (3,98)	11,87 (4,85)
Alineación metatarsianos post (máximo 15 puntos)				
X (DE) (rango)	12,85 (3,24)	13,23 (3,05)	13,27 (3)	12,58 (3,38)
Total puntuación AOFAS pre (máximo 100 puntos)				
X (DE) (rango)	54,41 (16,1)	59,16 (16,47)	61,16 (17,65)	65,23 (29,42)
Total puntuación AOFAS post (máximo 100 puntos)				
X (DE) (rango)	80,32 (11,57)	81,68 (11,39)	82,11 (11,16)	83,65 (12,3)

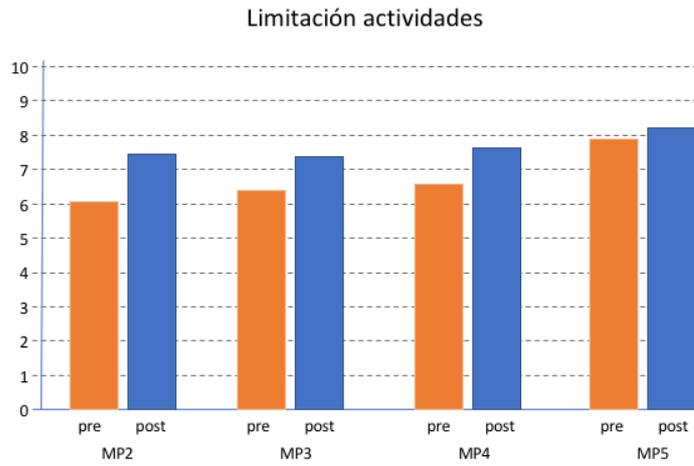


Figura 47. Puntuación de la subescala limitación de las actividades, en la escala AOFAS

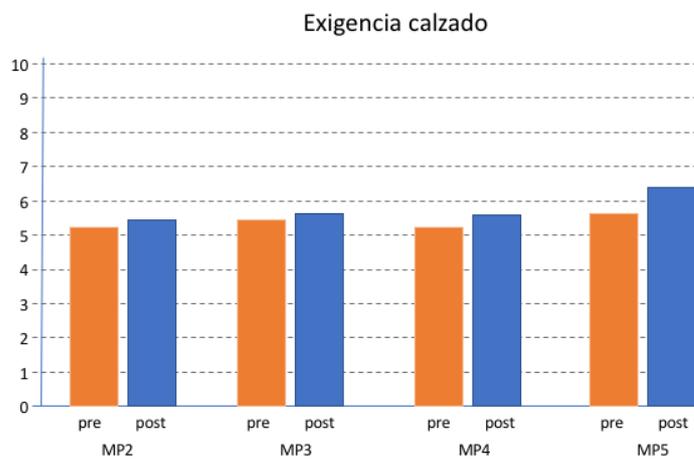


Figura 48. Puntuación de la subescala exigencia del calzado, en la escala AOFAS

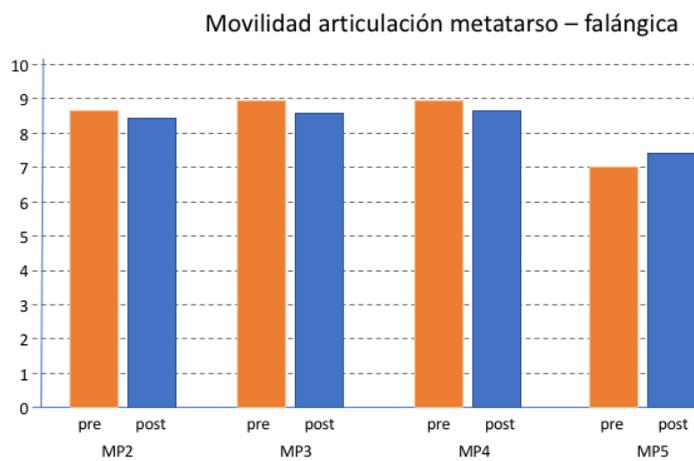


Figura 49. Puntuación de la subescala movilidad metatarso-falángica, en la escala AOFAS

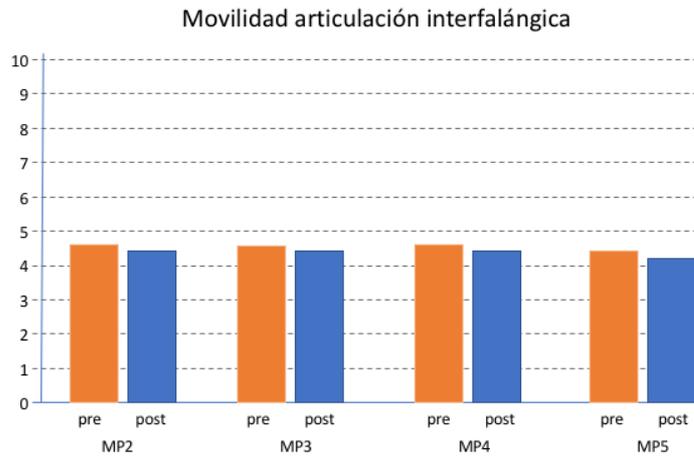


Figura 50. Puntuación de la subescala de movilidad de la articulación interfalángica, en la escala AOFAS

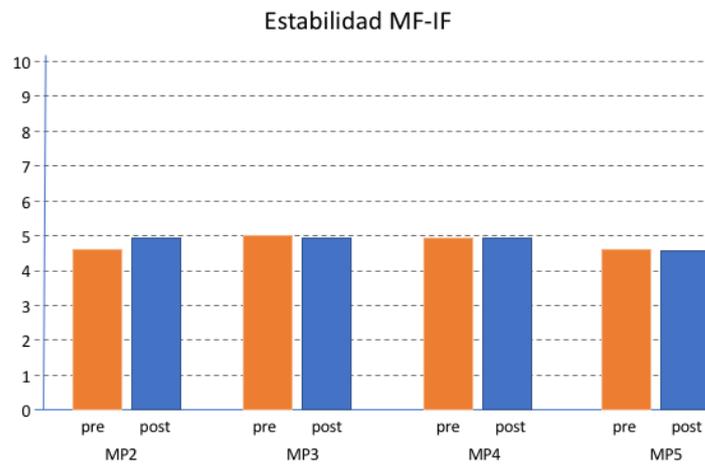


Figura 51. Puntuación de la subescala estabilidad metatarso-falángica - interfalángica, en la escala AOFAS

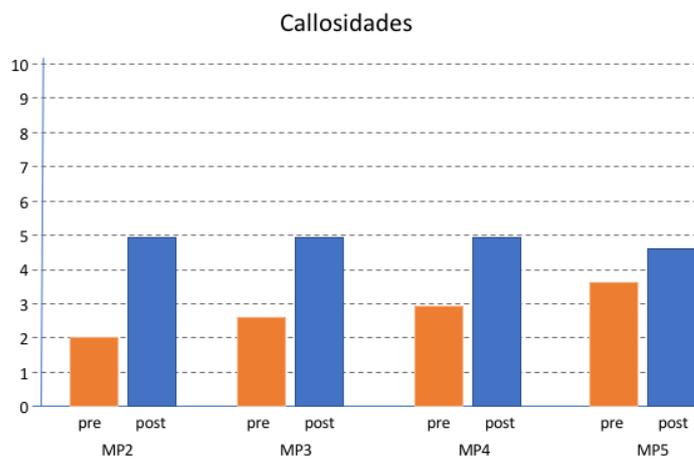


Figura 52. Puntuación de la subescala callosidades, en la escala AOFAS

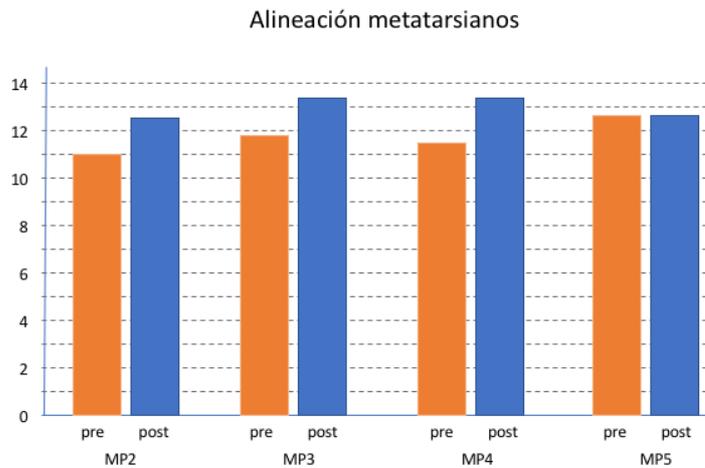


Figura 53. Puntuación de la subescala alineación de los metatarsianos, en la escala AOFAS

Vimos que el hallux valgus influye significativamente con la variable dolor preoperatorio ($p=0,001$) fueron menos dolorosos los pies con un hallux valgus que los pies con metarsalgia y, por lo tanto, la escala AOFAS tuvo mayor puntuación preoperatoria ($p=0,001$) en los pies con hallux valgus. También se encontraron diferencias significativas de ambos tipos de pie (metarsalgia aislada y asociada a hallux valgus), entre el dolor preoperatorio y el dolor posoperatorio ($p=0,001$).

No encontramos relación del tipo de pie y el resultado total en la escala AOFAS ($p=0,930$).

La patología pre-quirúrgica asociada a los dedos la dividimos en alteraciones proximales o distales, reductibles o fijas, como se expresa en la Tabla 8.

La movilidad fue medida en flexión dorsal y en flexión plantar, antes y después de la cirugía, presentando los resultados en la Tabla 9. La flexión dorsal y la flexión plantar disminuyeron ligeramente con la cirugía, en todos los dedos (Figura 54).

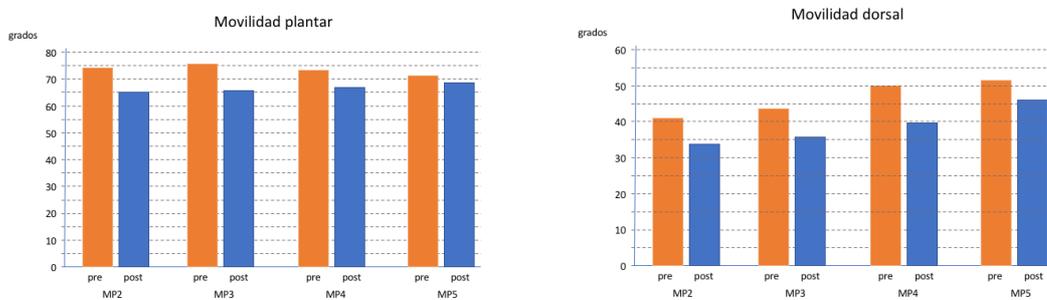


Figura 54. Puntuación de la subescala de flexión plantar y de flexión dorsal, en la escala AOFAS

Tabla 8

Patologías asociadas a los diferentes dedos

Dedo	Total	Proximal	Distal	Ambos (prox y distal)	Reductible	Fijo
II	41	38	3		16	24
III	19	18	1	2	14	6
IV	15	13	2	3	12	5
V	7	4	3	2	5	1

Tabla 9

Movilidad de las articulaciones metatarso-falángicas

	MP2	MP3	MP4	MP5
Movilidad MF dorsal (°) pre				
X (DE) (rango)	44,9 (23,55)	45,92	51,96	53,77
	(90-5)	(23,17)	(20,10)	(19,13)
		(90-5)	(-)	(0-0)
Movilidad MF dorsal (°) post				
X (DE) (rango)	37,22	38,07	41,33	48,65
	(27,45)	(27,49)	(25,76)	(22,34)
Movilidad MF plantar (°) pre				
X (DE) (rango)	76	76,33	72,9	70,47
	(18,23)	(17,67)	(15,36)	(13,9)
Movilidad MF plantar (°) post				
X (DE) (rango)	67,28	67,17	67,48	68,33
	(18,62)	(18,66)	(18,25)	(17,03)

Del examen radiográfico, previo a la cirugía, obtuvimos la fórmula metatarsiana que comparamos con el postoperatorio, observando pocas modificaciones, únicamente 7 pies del total cambiaron su fórmula a Plus (M1>M2), 5 eran Plus minus (M1=M2) antes de la cirugía y dos eran Minus (M1<M2) por el acortamiento (Tabla 10) (Figura 55).

Tabla 10

Fórmula metatarsiana

Fórmula	prequirúrgico	postquirúrgico
M1=M2	26	21
M1 < M2	87	84
M1 > M2	1	9

Fórmula metatarsiana radiográfica

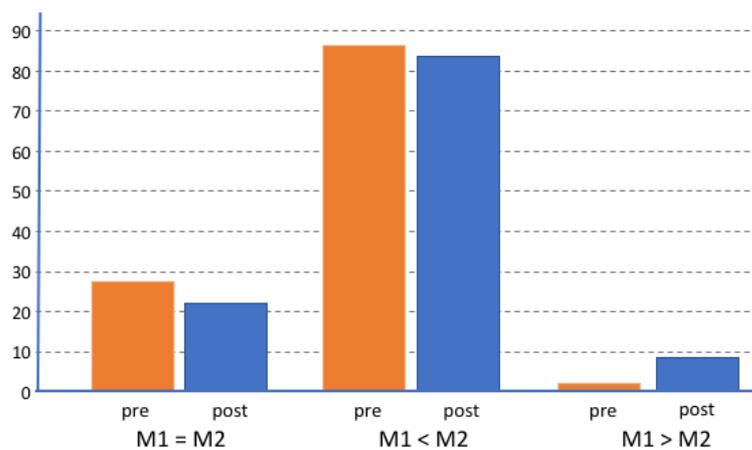


Figura 55. Fórmula metatarsal, pre- y postquirúrgica

Encontramos que los pies con metatarsalgia y hallux valgus muestran mayor porcentaje de pies M1=M2 ($p=0,032$).

Tabla 11

Morfología del pie, antes y después de la cirugía, en función de los dedos

Tipo pie	Pre-quirúrgico	Post-quirúrgico	diferencia
Egipcio	93 (80,2%)	52 (44,8%)	-41 (44,1%)
Cuadrado	5 (4,3%)	54 (46,6%)	49
Griego	18 (15,5%)	10 (8,6%)	-8 (55,5%)

La fórmula digital cambió. El 44,1% de los pies egipcios se transformaron, tras la cirugía, en pies cuadrados y el 55,5% de los pies griegos pasaron a pie cuadrado (Tabla 11) (Figura 56). El pie egipcio predominante antes de la cirugía se iguala con el morfotipo de pie cuadrado después de la misma.

Encontramos diferencias en los pacientes con metatarsalgia aislada o asociada a hallux valgus con el tipo de pie ($p=0,003$). Los pies con hallux valgus muestran mayor porcentaje de pies cuadrados (55,2%) y pie egipcio (37,9%), mientras que en la metatarsalgia aislada el pie más frecuente es el tipo egipcio (66,7%).

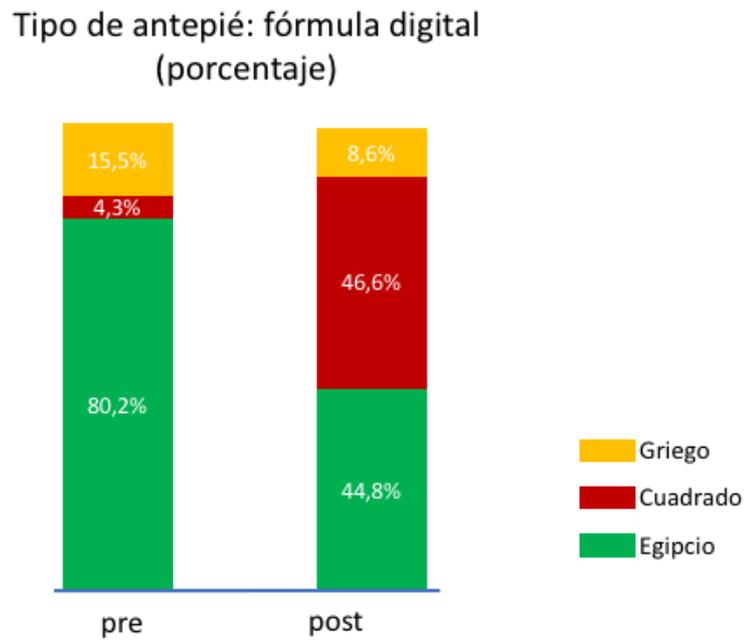


Figura 56. Fórmula digital, pre- y postquirúrgica (porcentaje)

En las figuras 57 y Figura 58 se presentan la radiografía dorso plantar en carga de cuatro casos intervenidos con la técnica DMMO de manera aislada y con la técnica Reverdin-Isham.



Figura 57. Caso 1. Paciente a) pre, b) un mes después de la cirugía, c) a los 6 meses de la cirugía



Figura 58. Caso 3. Paciente a) pre, b) dos meses después de la cirugía, c) a los 8 meses de la cirugía

Complicaciones

Entre las complicaciones observamos, una necrosis en la cabeza de M3 y dos pseudoartrosis, una en M4 y otra en M5 y un retraso de consolidación en M4. Además, encontramos dolor regional complejo en un caso y el edema se presentó en 32 ocasiones. Se encontró una metatarsalgia por transferencia, cuatro recidivas con retoque del segundo

metatarsiano y tres casos de rigidez. Si bien, una única paciente tuvo, simultáneamente, edema, dolor, retraso de consolidación y rigidez (Tabla 12).

Tabla 12

Complicaciones en los diferentes metatarsianos intervenidos

	MF2	MF3	MF4	MF5
Necrosis	0	1	0	0
Pseudoartrosis	0	0	1	1

Satisfacción del cirujano y de los pacientes

La nota de satisfacción del cirujano después de la cirugía, valorada de 0 “muy decepcionado” a 10 “muy satisfecho”, tuvo 8,11 puntos de media (DE: 0,6; rango: 7-9) (Figura 59).

Nota de satisfacción de los cirujanos tras la intervención (0 - 10)

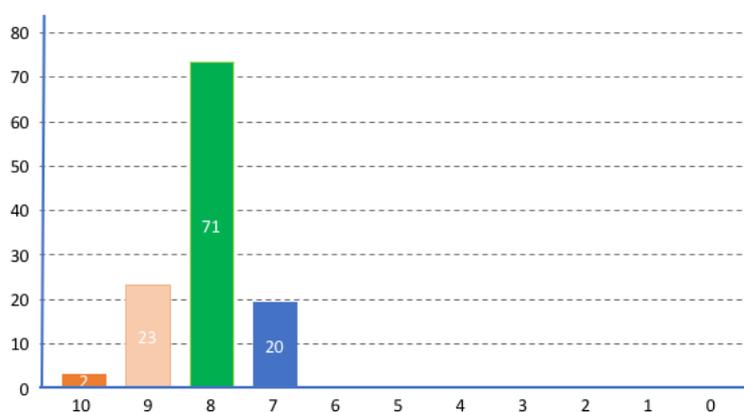


Figura 59. Satisfacción de los cirujanos después de la cirugía

Los pacientes, al final del tratamiento, manifestaron estar muy satisfechos en el 51,7% de los casos mientras que este porcentaje fue inferior en los cirujanos, un 35,3%. Solo un 10% de los pacientes y el 5% de los cirujanos se mostraron decepcionados o muy decepcionados una vez concluido el tratamiento (Tabla 13) (Figura 60).

No encontramos diferencias de satisfacción entre los pacientes con metatarsalgia aislada y los pacientes con hallux valgus (p=0,069).

Tabla 13

Grado de satisfacción de pacientes y cirujanos al final de la evolución

	Paciente N (%)	Cirujano N (%)
Muy satisfecho	60 (51,7)	41 (35,3)
Satisfecho	45 (38,8)	69 (59,6)
Decepcionado	8 (6,9)	4 (3,4)
Muy decepcionado	3 (2,6)	2 (1,7)

Grado de satisfacción: pacientes y cirujano (porcentaje)

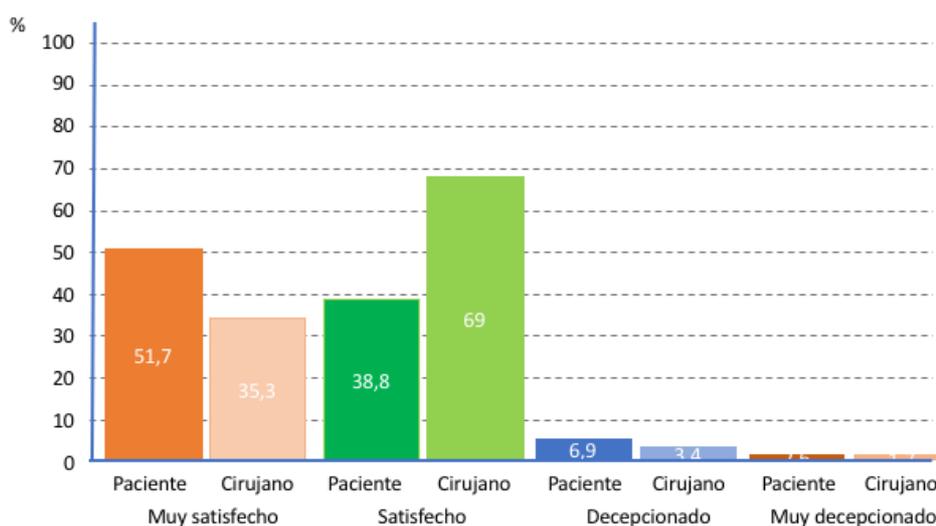


Figura 60. Encuesta a pacientes y cirujanos en función del grado de satisfacción al final de la evolución

Los pacientes con metatarsalgia aislada mostraron mayor porcentaje de cirujano “muy satisfecho”, mientras que los pies con hallux valgus, el porcentaje mayor fue de el cirujano “satisfecho”, viendo diferencia significativa entre ambos grupos ($p=0,001$). La satisfacción del paciente estuvo, como es lógico, relacionada con el valor de la puntuación de la escala AOFAS ($p=0,000$) y una $r=0,708$.

Analizando las categorías de satisfacción y la escala AOFAS vimos que había diferencias significativas ($p=0,001$) y que las mismas se dan entre todas las categorías de satisfacción excepto entre “decepcionado” y “satisfecho”. Encontramos relación entre la satisfacción del cirujano y la puntuación final en la escala AOFAS ($p=0,000$). Estas correlaciones se dan entre la categoría “muy decepcionado” con todas las demás, y “satisfecho” y “muy satisfecho”

No encontramos relación entre el grado de satisfacción del paciente y el tipo de pie después de la cirugía ($p=0,664$). Tampoco lo encontramos con el grado de satisfacción del cirujano ($p=0,232$).

Resultados en función de la edad

Dividimos la población de nuestro estudio en dos grupos, grupo 1: ≤ 59 años y grupo 2: ≥ 60 años. En el grupo 1, incluimos 62 pacientes, con una edad media de 55 (DE: 4; rango: 38-59) años. En el grupo 2 se incluyeron 54 pacientes, con una edad media de 65 (DE: 4; rango: 60-78) años. Las técnicas quirúrgicas para el tratamiento del hallux valgus utilizadas en ambos grupos de edad se especifican en la tabla 14 (Figura 61).

Tabla 14

Técnicas quirúrgicas utilizadas para el tratamiento del hallux valgus según la edad

Técnica	Grupo 1 (≤ 59 años)	Grupo 2 (≥ 60 años)
Chevron	33 (53,2%)	39 (70,9%)
Scarf	5 (8,1%)	2 (3,6%)
Isham - Reverdin	24 (38,7%)	14 (25,5%)

La fórmula digital fue semejante en ambos grupos (Tabla 15) (Figura 62) y encontramos mayor número de pies planos, sin diferenciar su gravedad, en el grupo de más edad y más pies normales en el grupo más joven.

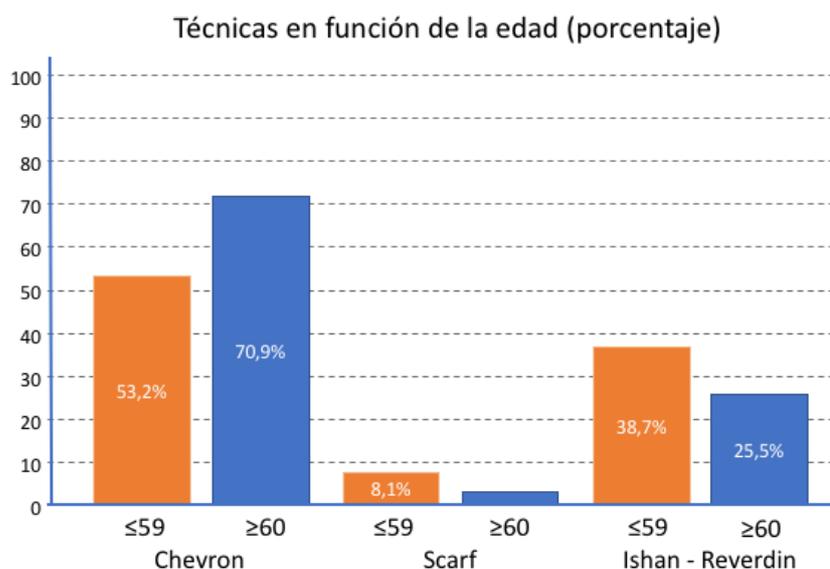


Figura 61. Técnicas utilizadas para el hallux valgus en función del grupo de edad

Tabla 15

Arco longitudinal interno del pie, según el grupo de edad

Tipo	Grupo 1 (≤ 59 años)	Grupo 2 (≥ 60 años)
Pie plano	12 (19,4%)	22 (40%)
Pie cavo	24 (38,7%)	18 (32,7%)
Normal	26 (41,9%)	15 (27,3%)

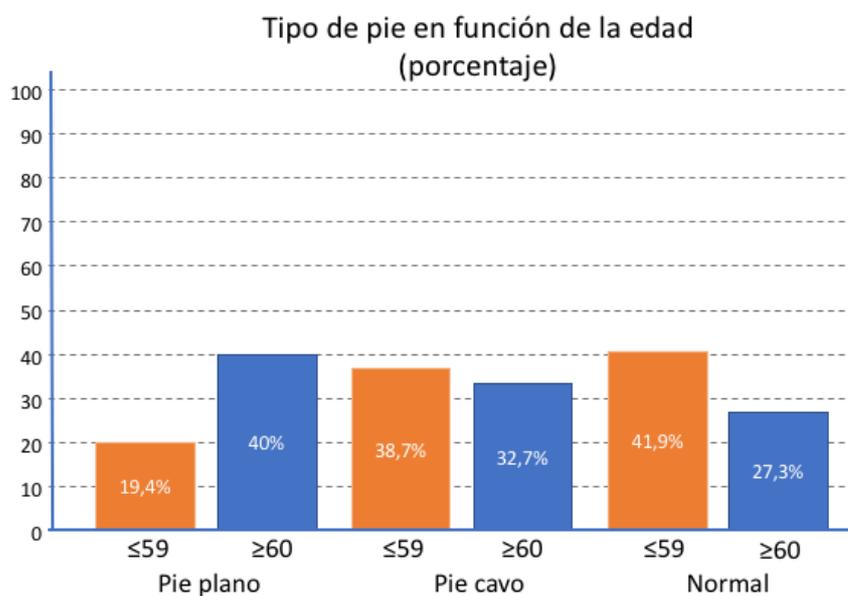


Figura 62. Arco longitudinal interno del pie, según el grupo de edad

Fórmula digital y fórmula metatarsal, según la edad

El pie egipcio fue el más frecuente en ambos grupos (Tabla 16) (Figura 63).

Tabla 16

Morfotipo del antepie según la fórmula digital y los grupos de edad

Tipo	Grupo 1 (≤ 59 años)	Grupo 2 (≥ 60 años)
Cuadrado	5 (8,1%)	2 (3,6%)
Egipcio	48 (77,4%)	43 (78,2%)
Griego	9 (14,5%)	10 (18,2%)

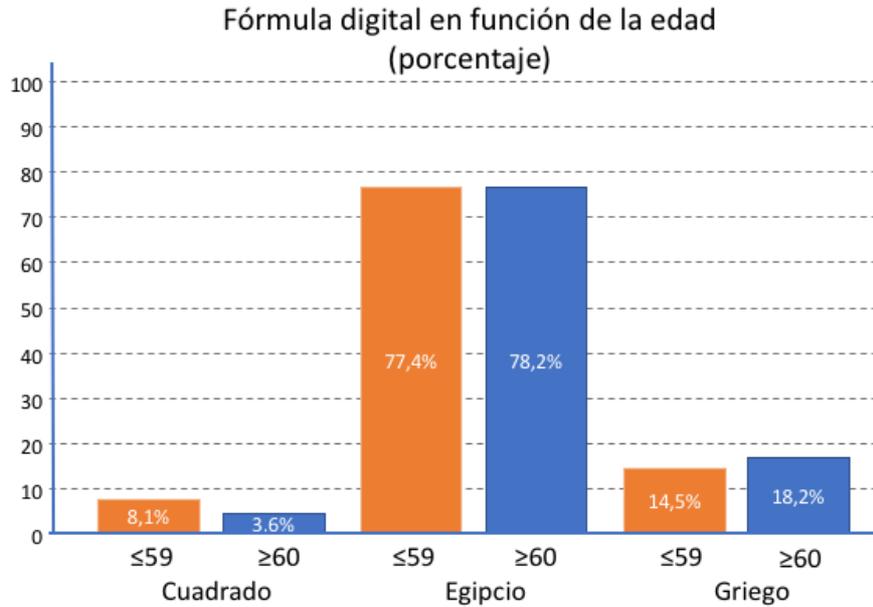


Figura 63. Morfotipo del antepie según la fórmula digital y los grupos de edad

La longitud de los metatarsianos (M1-M2), según los grupos de edad, no muestran diferencias (Tabla 17) (Figura 64), siendo el tipo Index minus la más frecuente.

La valoración total de la escala AOFAS (Tabla 18), mostró mejores resultados en el tercer ($p=0,29$) y cuarto ($p=0,16$) radio en el grupo de más edad (Figura 65).

Tabla 17

Fórmula metatarsiana, en función de la edad

Tipo	Grupo 1 (≤59 años)	Grupo 2 (≥60 años)
1 (M1 = M2)	14 (22,5%)	12 (23,7%)
2 (M1 < M2)	46 (74,3%)	38 (70,9%)
3 (M1 > M2)	2 (3,2%)	3 (5,4%)

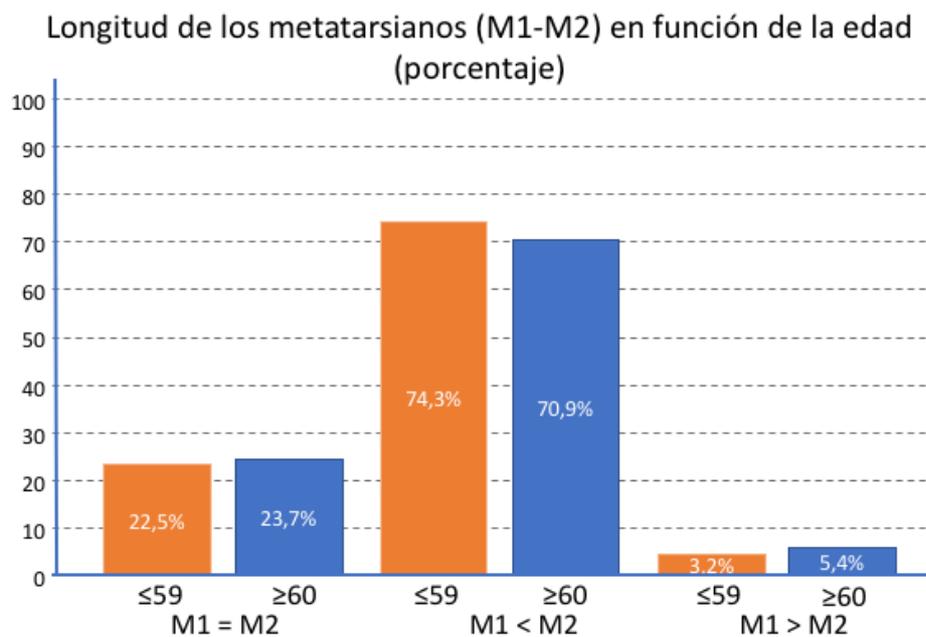


Figura 64. Fórmula metatarsiana, en función de la edad

Tabla 18

Puntuación total de la escala AOFAS, en función de los metatarsianos

Radio	Grupo 1 (≤59 años)	Grupo 2 (≥60 años)
MP2	54,04 (DE: 17,78)	54,7 (DE: 14,11)
MP3	57,79 (DE: 16,97)	61,41 (DE: 15,65)
MP4	58,92 (DE: 19,33)	64,25 (DE: 14,97)

Puntuación total baremo Kitaoka, en función de la edad

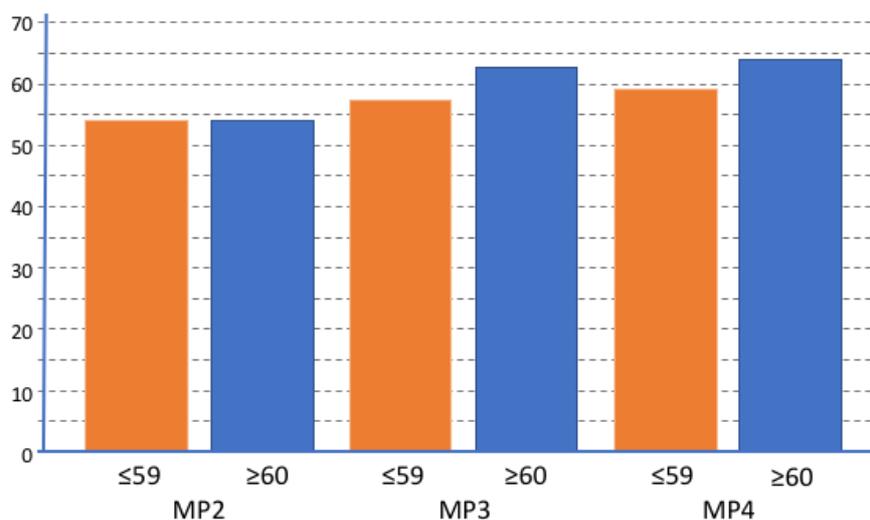


Figura 65. Puntuación total de la escala AOFAS, en función de los metatarsianos

La movilidad de los diferentes radios, midiendo la flexión dorsal y la flexión plantar (Tabla 19) presentaron valores superiores en el grupo de más edad, tanto para la flexión dorsal como para la flexión plantar, aunque no fue significativo en ningún caso.

Tabla 19

Movilidad de los diferentes radios, en función de la edad

Radio	Flexión plantar		Flexión dorsal	
	Grupo 1 (≤59 años)	Grupo 2 (≥60 años)	Grupo 1 (≤59 años)	Grupo 2 (≥60 años)
MP2	44,65 (23,98)	45,49 (23,44)	74,21 (18,98)	78,65 (16,69)
MP3	44,57 (23,7)	47,8 (22,79)	74,21 (18,12)	79,41 (16,30)
MP4	50,18 (20,82)	54,4 (19,18)	70,71 (15,47)	76 (14,28)

Resultados en función de la técnica utilizada para el tratamiento del hallux valgus

Los pacientes operados con la técnica de Isham-Reverdin tenían valores inferiores, es decir era pies más graves ($p=0,03$), aunque después de la cirugía se igualaron los resultados con la técnica en “chevron” (Tabla 20)

Tabla 20

Puntuación de la escala AOFAS, para cada radio, en función de la técnica, pre y postquirúrgico

	Chevron (N = 73)	Isham Reverdin (N = 37)	Scarf (N = 7)
MP2			
Pre	59,46 (12,61)	44,29 (17,46)	58,14 (17,61)
	100 - 19	82 - 14	
Post	81,87 (11,55)	79,05 (10,11)	72,43 (10,36)
	100 - 15	100 - 58	
MP3			
Pre	65,79 (10,88)	45,92 (17,49)	63,86 (17,48)
	100 - 37	82 - 14	
Post	83,66 (11,55)	78,97 (10,22)	74,86 (12,3)
	100 - 15	100 - 58	
MP4			
Pre	68,75 (10,86)	45,42 (18,72)	68,28 (13,74)
	95 - 37	95 - 14	
Post	84,25 (11,3)	78,35 (10,23)	77,28 (9,05)
		100 - 58	

La movilidad (flexión plantar y flexión dorsal) de la articulación metatarso-falángica, antes y después de la cirugía (Tabla 21), observando valores diferentes.

Tabla 21

Movilidad (flexión plantar y flexión dorsal) de la articulación metatarso-falángica, antes y después de la cirugía, con las distintas técnicas

	Chevron	Isham - Reverdin	Scarf
Flexión plantar MTF			
MP2			
Pre	35,15 (16,86) 80 - 5	64,05 (21,79) 90 - 20	35 (28,81) 90 - 10
Post	24,86 (17,60) 90 - 10	63,33 (25,75) 90 - 10	21,66 (19,41)
MP3			
Pre	36,69 (17,00) 90 - 5	64,05 (21,78) 90 - 20	36,67 (28,05) 90 - 10
Post	25,91 (18,48) 90 - 10	63,33 (25,75)	23,33 (18,62)
MP4			
Pre	45,23 (15,62) 90 - 5	67,71 (17,86) 90 - 30	37,86 (23,07)
Post	30,28 (17,95) 80 - 10	66,47 (22,94)	25,71 (12,72)
Flexión dorsal MTF			
MP2			
Pre	81,08 (18,04) 90 - 10	70,27 (13,22) 90 - 40	64,28 (25,73)
Post	69,51 (18,53) 90 - 5	66,66 (15,49) 90 - 30	50 (28,28)
MP3			
Pre	81,54 (17,52) 90 - 10	69,72 (12,98) 90 - 40	61,14 (22,15)
Post	69,37 (18,43) 90 - 5	66,66 (15,49) 90 - 30	50 (28,28)
MP4			
Pre	77,19 (15,37) 90 - 10	67,14 (12,02) 80 - 40	67,14 (16,03)
Post	69,93 (18,29)	64,7 (16,37) 80 - 20	60 (23,09)

La fórmula digital (M1-M2) tras la cirugía es muy semejante con las técnicas utilizadas, la única diferencia que encontramos es un mayor porcentaje de M1>M2 en el grupo operado con la técnica de Isham – Reverdin (Tabla 22).

Tabla 22

Fórmula digital (M1-M2), en función de las técnicas utilizadas

	Chevron	Isham - Reverdin	Scarf
M1 = M2	14 (19,2%)	6 (16,2%)	2 (28,6%)
M1<M2	57 (78,1%)	26 (70,3%)	5 (71,4%)
M1>M2	2 (2,7%)	5 (13,5)	

La satisfacción de los pacientes y de los cirujanos tras la cirugía (Tabla 23), mostró un alto grado de satisfacción con todas las técnicas empleadas, aunque en el grupo con la técnica en “chevron”, se encontraron los dos pacientes “muy decepcionados”.

Tabla 23

Satisfacción de los pacientes y de los cirujanos tras la cirugía

	Paciente			Cirujano		
	Chevron	Isham	Scarf	Chevron	Isham	Scarf
Muy satisfecho	35 (47,9%)	23 (62,2%)	1 (14,3%)	18 (24,6%)	18 (48,6%)	1 (14,3%)
Satisfecho	32 (43,8%)	11 (29,7%)	5 (71,4%)	51 (69,8%)	18 (48,6%)	6 (85,7%)
Decepcionado	4 (5,6%)	3 (8,1%)	1 (14,3%)	3 (4,2%)	1 (2,8%)	
Muy decepcionado	2 (2,7%)			1 (1,4%)		

Estudio comparativo entre los resultados clínicos de las metatarsalgias aisladas y asociadas a hallux valgus

Si bien la población de metatarsalgia asociada a hallux valgus fue más frecuente (92 pacientes) que la metatarsalgia aislada (29 pacientes) ambos grupos fueron muy similares (Tabla 24).

La mayoría de las cirugías en ambos grupos se efectuó sobre los metatarsianos M2, M3 y M4, (48,3% en grupo metatarsalgia aislada y 89,1% en grupo asociado a hallux valgus). En ocasiones se realizó una tenotomía y en el 20,7% de la metatarsalgia aislada se realizó una osteotomía de la falange proximal y en el 10,7% de las metatarsalgias asociadas a hallux valgus.

Tabla 24

Metatarsianos operados

	Aislada	Hallux valgus
M2		2
M2-M3	3	4
M2-M3-M4	16 (55,2%)	83 (90,2%)
M2-M3-M4-M5	10	3

Las diferencias entre ambos grupos fue el dolor, menos dolorosa la metatarsalgia asociada al hallux valgus que la aislada. La puntuación final de la escala AOFAS fue similar en ambos grupos. La única diferencia que encontramos entre ambos grupos, después de la cirugía, fue una flexión plantar menor cuando la metatarsalgia se asociaba a un hallux (Tabla 25) (Figura 66) (Figura 67) (Figura 68).

Total puntuación subescalas Kitaoka

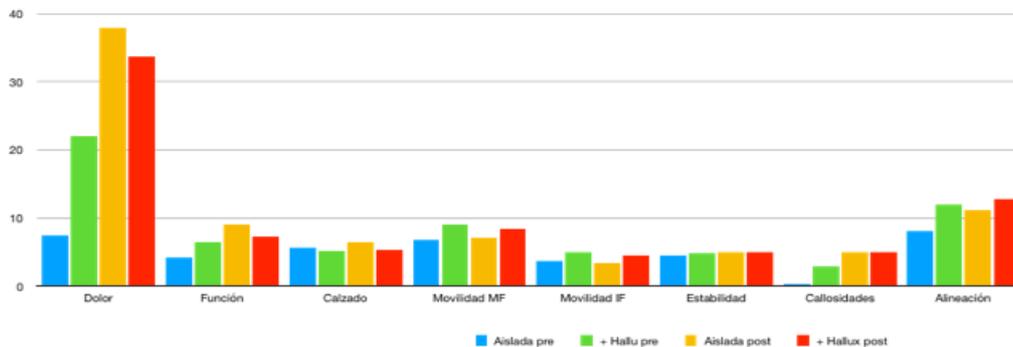


Figura 66. Puntuación de las diferentes subescalas de la escala AOFAS, pre- y postquirúrgica, en el grupo de metatarsalgia aislada y metatarsalgia asociada a hallux valgus

En el grupo de metatarsalgia asociada a hallux valgus tuvimos mayor número de pie plano de cualquier grado (34,8% frente a 17,1%), mientras los pies cavos de cualquier grado fueron más frecuentes en la metatarsalgia aislada (44,8% frente a 32,7%). Un tercio aproximadamente de los pies de ambos grupos fueron normales (38,2% en el grupo de metatarsalgia aislada y 31,5% asociada a hallux valgus).

Tabla 25

Valores generales del grupo de metatarsalgia aislada y asociada a hallux valgus

	Metatarsalgia aislada	Asociada a hallux valgus
Prequirúrgico		
Seguimiento	54 (14) (71-27)	38 (13) (71-14)
Edad (años)	58 (6) (67 – 46)	59 (7) (78 – 38)
lado	16 D / 13 I	48 D / 44 I
Tabaco	2	0
Dolor MT2	7,39 (10,54) 0 - 30	22,09 (6,75) 0 – 30
Función	4,16 (1,67)	6,5 (1,5)
Calzado	5,6 (2,2) 5 - 10	5,16 (0,89)
Movilidad M-F	6,8 (2,45) (5 – 10)	9,14 (1,9)
Movilidad I-F	3,69 (2,24)	4,94 (0,54)
Estabilidad	4,52 (1,5)	4,91 (0,66)
Callo	0,26 (1,14)	2,95 (2,51)
Alineación	8,17 (4,19)	11,95 (3,78)
Total AOFAS	38,48 (13,77)	58,74 (13,85)
Flexión plantar (°)	66,8 (22,86)	38,39 (19,57)
Flexión dorsal (°)	68,8 (13,63)	78,11 (18,92)
Seguimiento final		
Dolor	37,91 (4,15) (40-30)	33,75 (6,76)
Función	9 (1,44) (7 – 10)	7,26 (1,95)
Calzado	6,46 (2,75) (5-10)	5,38 (1,9)
Movilidad M-F	7,08 (2,5)	8,46 (2,34)
Movilidad I-F	3,33 (2,41)	4,61 (1,3)
Callo	5	5
Alineación	11,2 (3,56) (15-8)	12,86 (3,29)
Total AOFAS	80,41 (9,49) (95-58)	79,86 (13,42)
Flexión plantar (°)	67,5 (21,72) (90 – 20)	36,18 (27,16)
Flexión dorsal (°)	65,83 (17,67) (90 – 10)	66,79 (19,97)

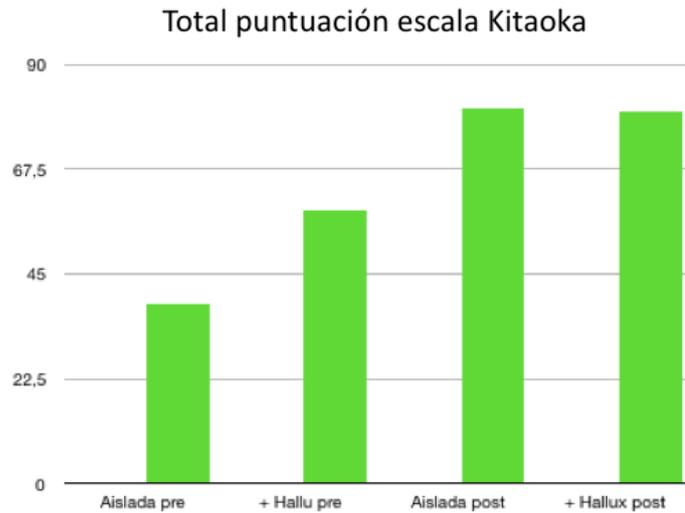


Figura 67. Puntuación de la escala AOFAS, pre- y postquirúrgica, en el grupo de metatarsalgia aislada y metatarsalgia asociada a hallux valgus

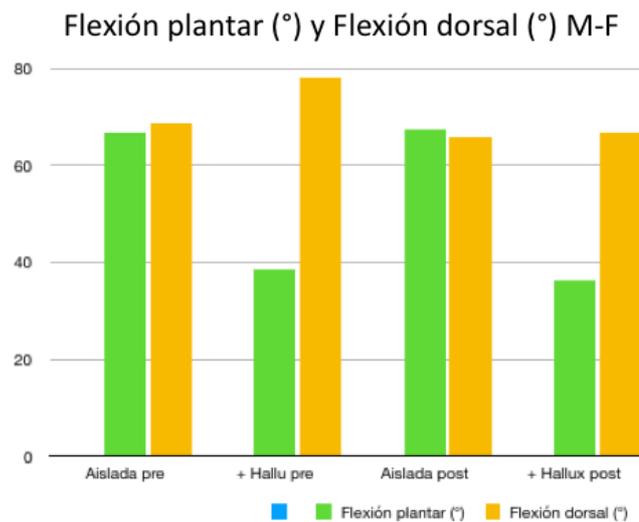


Figura 68. Puntuación de la subescala flexión plantar / flexión dorsal, pre- y postquirúrgica, en el grupo de metatarsalgia aislada y metatarsalgia asociada a hallux valgus

La fórmula digital presentó en ambos grupos, antes de la cirugía, una distribución muy semejante, mayoría de pie egipcio, seguido del pie griego y, por último, el pie cuadrado. Si bien en el grupo con hallux valgus la gran mayoría (86,5%) eran pies egipcios en el grupo con metatarsalgia aislada algo más de la mitad (60%) eran pies egipcios y un tercio pies griegos (28%). Después de la cirugía la proporción fue muy semejante en el grupo de metatarsalgia aislada. En el grupo de metatarsalgia asociada a hallux valgus aumentaron de forma significativa los pies cuadrados (56,2%) disminuyendo los pies egipcios (37,1%). (Tabla 26) (Figura 69)

Tabla 26

Fórmula digital, pre- y postquirúrgica

Metatarsalgia	aislada	Hallux valgus
Antes de cirugía		
Cuadrado	3 (12%)	3 (3,4%)
Egipcio	15 (60%)	77 (86,5%)
Griego	7 (28%)	9 (10,1%)
Después de cirugía		
Cuadrado	4 (16%)	50 (56,2%)
Egipcio	16 (64%)	33 (37,1%)
Griego	5 (20%)	6 (6,7%)

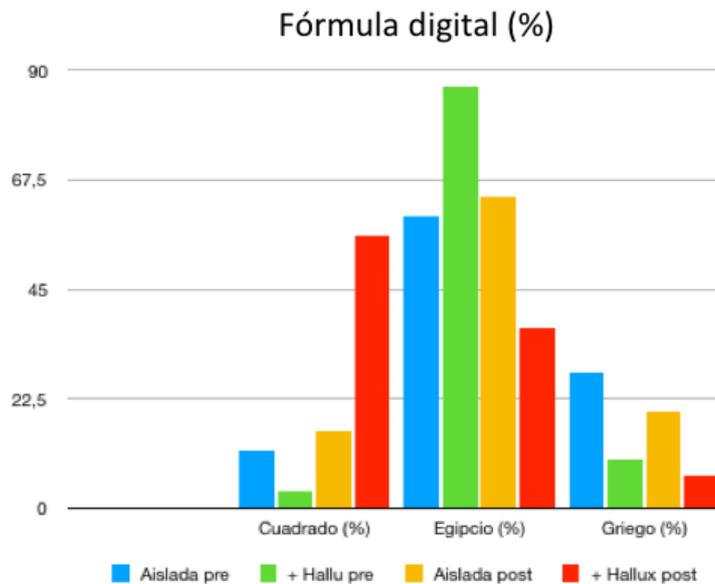


Figura 69. Fórmula digital (%), pre- y postquirúrgica, en el grupo de metatarsalgia aislada y metatarsalgia asociada a hallux valgus

El índice metatarsiano $M1 < M2$ es el tipo más frecuente en ambos grupos antes de la cirugía, 80% en la metatarsalgia aislada y 72% asociada a hallux valgus, tras la cirugía hay una redistribución, en la metatarsalgia aislada, dos tercios (64%) siguen siendo $M1 < M2$, y el tercio restante se dividió a partes iguales entre $M1 = M2$ (16%) y $M1 > M2$ (20%). En el caso de la metatarsalgia asociada a hallux valgus, algo más de la mitad (56%) fueron $M1 = M2$, un tercio (37,1%) fue $M1 < M2$ y el 6,7% $M1 > M2$ (Tabla 27) (Figura 70)

Tabla 27

Índice metatarsiano, pre- y postquirúrgico, en metatarsalgia aislada y asociada a hallux valgus

Metatarsalgia	Aislada		Hallux valgus	
	Pre	Post	Pre	Post
M1=M2	2 (8%)	4 (16%)	24 (25,8%)	50 (56,2%)
M1<M2	20 (80%)	16 (64%)	67 (72%)	33 (37,1%)
M1>M2	3 (12%)	5 (20%)	2 (2,2%)	6 (6,7%)

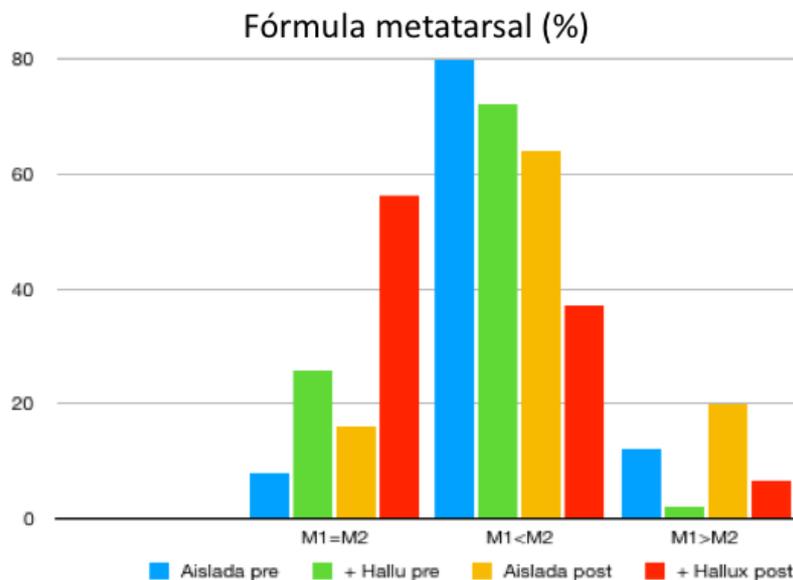


Figura 70. Fórmula metatarsal (%), pre- y postquirúrgica, en el grupo de metatarsalgia aislada y metatarsalgia asociada a hallux valgus

La valoración subjetiva del cirujano después de la cirugía fue, con una escala de 0 a 10, de 8,64 (DE: 0,69; rango: 8-9) puntos de media para el grupo metatarsalgia aislada y 8 (DE: 0,6; rango: 7 – 9) para el grupo asociada con hallux valgus (Tabla 28) (Figura 71).

Al final del seguimiento el cirujano quedó “muy satisfecho” en mayor porcentaje en el caso de las metatarsalgias aisladas que cuando se asociaron a la cirugía de hallux valgus.

También los pacientes estaban más satisfechos cuando se operaron de una metatarsalgia aislada.

Hay que resaltar que en más del 95%, tanto cirujanos como pacientes, manifestaron estar “muy satisfechos” o “satisfechos” después de la cirugía.

Hubo un caso decepcionante en cada grupo que guardaba relación con las complicaciones.

Tabla 28

Grado de satisfacción de pacientes y cirujano, antes de la cirugía y en el último control, en el grupo de metatarsalgia aislada y metatarsalgia asociada a hallux valgus

	Después cirugía		Seguimiento final			
	Cirujano		Cirujano		Paciente	
	Aislada	Hallux	Aislada	Hallux	Aislada	Hallux
Muy satisfecho (%)	64	11,3	72	22	76	45,1
Satisfecho (%)	36	86,5	24	71,5	20	46,1
Decepcionado (%)		2,2	4	3,3	4	5,5
Muy decepcionado (%)				2,2		3,3

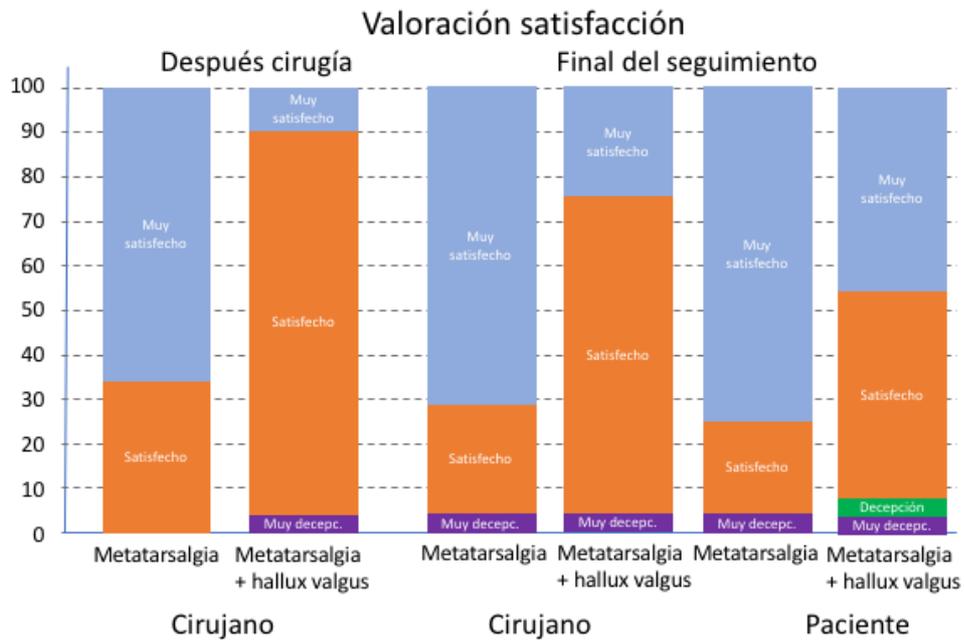


Figura 71. Grado de satisfacción de pacientes y cirujanos después de la cirugía y en el último control, en el grupo de metatarsalgia aislada y metatarsalgia asociada a hallux valgus

Discusión

Metatarsalgia, una decisión clínica

En la metatarsalgia hay una sobrecarga en una zona localizada de la planta del antepie producida, generalmente, por una alteración mecánica. La solución puede ser un tratamiento conservador, con plantillas y un calzado adecuado o quirúrgico enfocado a cambiar la zona de carga y redistribuir las presiones en la planta del pie. Para ello se han propuesto diferentes tipos de osteotomías, es decir, fracturar uno o varios metatarsianos para acortarlos y cambiar su orientación. Dreeben y Mann [80] propusieron colocar las cabezas de los metatarsianos de manera correcta, en el plano horizontal, para lo cual resulta necesaria una osteotomía angular subcapital dorsal, pues encontraron una relación entre la altura de los metatarsianos y la sintomatología, tanto antes como después de la cirugía. Vieron que la posición media de las cabezas, en pacientes con metatarsalgia, era 2 mm inferior a la de los pies libres de síntomas. Después de la osteotomía angular dorsal, las cabezas subieron, de media, 4,5 mm y el 77% de los pies quedaron libres de dolor, pero un 8% desarrollaron metatarsalgia de transferencia.

Estas osteotomías se pueden hacer en un hueso o en varios, aunque no siempre es fácil determinar el número de huesos a osteotomizar. Las osteomias sobre los metatarsianos laterales, es decir el segundo, tercero, cuarto y quinto, buscan cambiar y mejorar el apoyo del arco transversal del antepie en el plano antero – posterior [59][184] y restaurar una distribución normal de la presión de apoyo del antepié para mejorar la biomecánica durante la marcha [207]. Por el contrario, las osteotomías para el tratamiento del hallux valgus buscan eliminar el dolor y la deformidad. En nuestro estudio La mayoría de las cirugías en ambos grupos se efectuó sobre los metatarsianos M2, M3 y M4, (48,3% en grupo metatarsalgia aislada y 89,1% en grupo asociado a hallux valgus). En ocasiones se realizó una tenotomía y en el 20,7% de la metatarsalgia aislada y en el 10,7% de las metatarsalgias asociadas a hallux valgus se realizó una osteotomía de la falange proximal.

Hay que tener en cuenta que la metatarsalgia puede ser una patología única o estar asociada, con mucha frecuencia a un hallux valgus. La metatarsalgia en pacientes con hallux valgus puede estar producido por el aumento de la magnitud del hallux valgus que conlleva una sobrecarga mecánica de los metatarsianos menores y el aumento relativo de la longitud de los metatarsianos menores, es la denominada insuficiencia del primer radio. Sin embargo, no hay evidencia de que estos factores estructurales conduzcan a metatarsalgia primaria [279]. Este es uno de los objetivos de nuestro proyecto, analizar el comportamiento de los pies con metatarsalgia aislada y aquellos que la tienen asociada al hallux valgus.

Se debe desarrollar un algoritmo de tratamiento en función de si la metatarsalgia se asocia con un hallux normal o un hallux valgus [21]; durante mucho tiempo se ha considerado que el acortamiento del M1 en la reconstrucción del hallux valgus puede conducir a una

metatarsalgia por transferencia postoperatoria, pero, sin embargo, el acortamiento es beneficioso para corregir deformidades graves por hallux valgus y aliviar las articulaciones rígidas [108].

Viladot [308] propone un algoritmo quirúrgico más complicado fijándose en las alteraciones anatómicas y la manera más adecuada para resolverlas (Figura 72). Desde nuestro punto de vista es importante simplificar las indicaciones pues la bibliografía científica no ha llegado a tal grado de evidencia y, como hemos dicho y repetiremos, conseguir la parábola ideal “anatómica de Maestro no puede ser nunca nuestro objetivo (Figura 73).

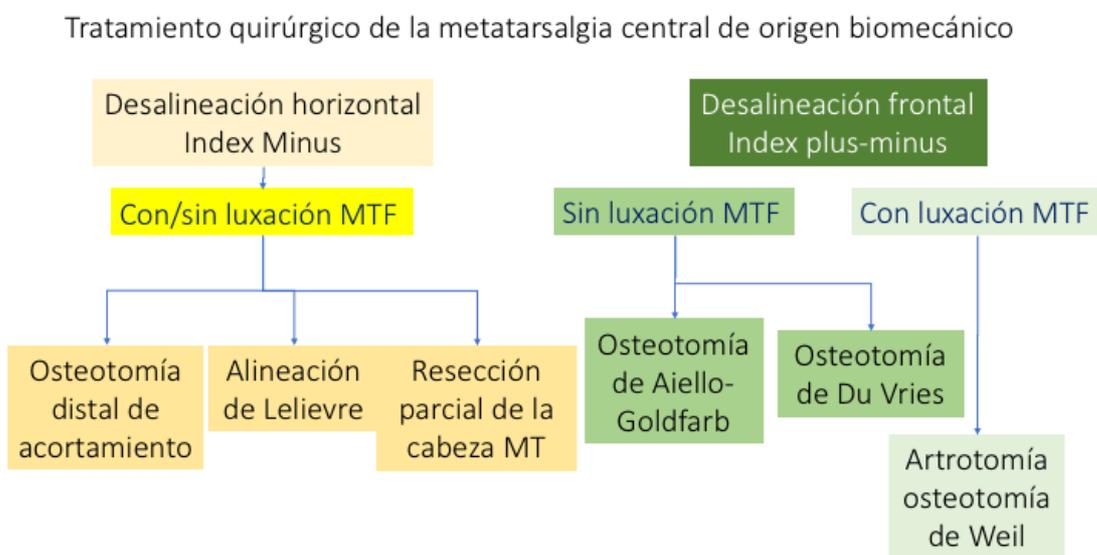


Figura 72. Algoritmo anatómico para el tratamiento de la metatarsalgia propuesto por Viladot y Viladot [307]

Aunque la técnica descrita por de Prado [61-63] recomienda operar solo un pie a la vez, no hay estudios publicados que lo confirmen. Carvalho et al., [39] evaluaron la diferencia de los resultados en pacientes operados percutáneamente con un pie y casos bilaterales en el mismo tiempo quirúrgico para la corrección del hallux valgus leves a moderados en 93 pies (61 pacientes). En el grupo unilateral se incluyeron 29 pacientes y 32 en el bilateral. El seguimiento medio fue de 24 meses. La puntuación del AOFAS postoperatoria fue de 86,8, (82,9 en el grupo unilateral y 88,6 en el grupo bilateral). El 90,6% estaban satisfechos o muy satisfechos en el grupo unilateral y el 89,7% en el grupo bilateral tampoco encontraron diferencias en la corrección promedio de MPA, DMAA e IMA y la tasa de complicaciones fue similar en ambos grupos.

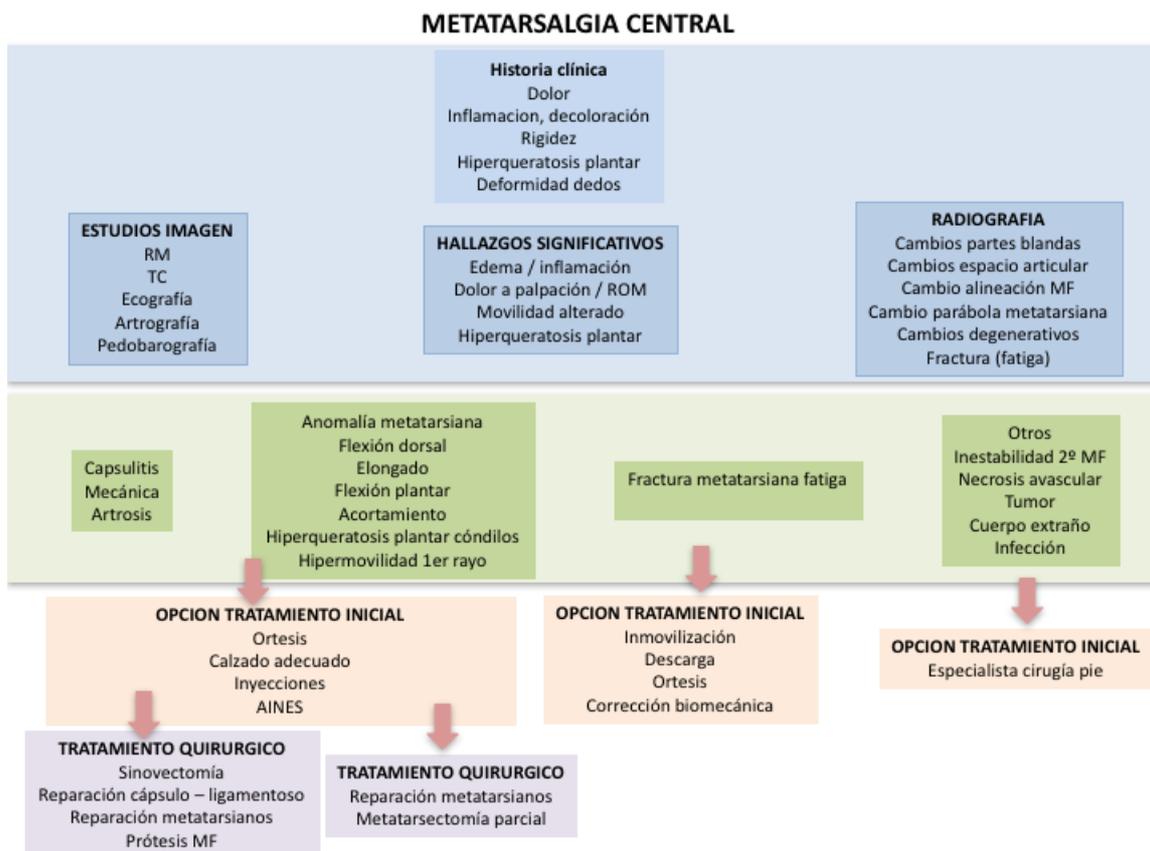


Figura 73. Algoritmo para el tratamiento de la metatarsalgia propuesto por Besse et al. [21]

Ginés-Cespedosa et al., [110] evaluaron la calidad de vida, con el SF-36, en 94 pacientes viendo que los pacientes que presentaban el hallux valgus asociado a la metatarsalgia tenían peor función, mayor dolor corporal y peor respuesta emocional y salud mental en comparación con los pacientes que presentaban un hallux valgus aislado. No vieron una relación entre el hallux valgus radiográfico y los ángulos intermetatarsianos con el SF-36. Esto nos lleva a manifestar que la metatarsalgia se debe abordar como una afección del antepié, asociada con un hallux valgus [182][230].

Las osteotomías producen un desplazamiento en el plano horizontal. Tienen un efecto por el acortamiento de los metatarsianos, en combinación con un desplazamiento dorsal o plantar de su cabeza, como ocurre con la osteotomía de Weil [8]. Esta técnica se ha evaluado sobre cadáveres con resultados contradictorios [157][173][283], viendo que disminuyen la presión entre el 0% y el 66%, pero ninguno de estos trabajos examinó el arco transversal del antepié en el plano horizontal, antes y después de la cirugía [35][277].

La escala AOFAS [159] no está validada y no refleja la función real de los resultados [284], pero muchos cirujanos continúan utilizándola como una encuesta a los pacientes, es la

más utilizada, ofreciendo una buena comparación entre los diferentes estudios [237]. Sin lugar a dudas es la más utilizada [127].

La mayoría de los trabajos publicados señalan entre el 78% y el 88% de buenos resultados en un periodo de hasta 7 años tras la cirugía. Visto de otra manera podemos decir que, en muchos trabajos publicados, es cierto que algunos recogieron la experiencia inicial, permanecen entre un 10% y un 20% de malos resultados, lo cual sigue siendo un estímulo para modificar la técnica, seleccionar las indicaciones y establecer un algoritmo adecuado para que disminuyan las complicaciones y mejoren las perspectivas de los pacientes [20][132][295][303].

Se ha establecido que una de las etiologías de metatarsalgia más frecuentes es la inadecuada geometría de los metatarsianos [104], por eso muchos cirujanos intentan, con las osteotomías, recuperar la llamada “forma anatómica ideal o armónica del antepie”, con técnicas y valoraciones radiográficas muy precisas. Pero olvidan que cada persona tiene una morfología diferente y que el problema de la metatarsalgia no es tanto anatómico como biomecánico y la satisfacción del paciente depende de que desaparezca el dolor que le permita tener una vida activa y social. La llamada “curva de Maestro et al.”, [191] no es el único factor a considerar; hay que pensar en otras variables como son la inestabilidad, el plano frontal y la biomecánica global del pie, además de las alteraciones sufridas por haber llevado un calzado incorrecto, especialmente en mujeres, durante muchos años. Jardè et al., [145] concluyen que los pacientes con una alineación postoperatoria de la cabeza de los metatarsianos próxima a la curva ideal de Maestro [191] tienen mejores resultados y menor número de complicaciones [115]. Los criterios de Maestro son útiles para calcular el acortamiento de los huesos metatarsianos, pero el morfotipo armónico ideal se encuentra solo en pocos pies y carece de valor predictivo en los resultados clínicos [25]. Restaurar una “curva arquitectónica armónica” del antepie no debe ser el objetivo a cualquier precio, pues no garantiza el equilibrio de las presiones plantares o libera del dolor de la metatarsalgia en el postoperatorio [35].

En nuestro estudio la fórmula digital cambió, el 44,1% de los pies tipo egipcio se transformaron, tras la cirugía, en pies cuadrados y también el 55,5% de los pies griegos pasaron a pie cuadrado. El pie egipcio predominante antes de la cirugía se iguala con el morfotipo de pie cuadrado después de la misma. Estos cambios se produjeron por el acortamiento ligero de los metatarsianos operados. El examen radiográfico previo a la cirugía nos permitió obtener la fórmula metatarsiana que comparamos con el postoperatorio, siendo pocas las modificaciones. Únicamente 7 pies del total cambiaron su fórmula a Plus ($M1 > M2$), 5 eran Plus minus ($M1 = M2$) antes de la cirugía y dos eran Minus ($M1 < M2$) por el acortamiento. Comparando dos grupos de edad, mayores y menores de 60 años no presentaron diferencias en la morfología de los dedos ni de los metatarsianos. La fórmula digital también fue muy semejante según las técnicas

utilizadas para la cirugía del hallux valgus, encontrando un mayor porcentaje de $M1 > M2$ en el grupo operado con la técnica de Isham – Reverdin.

Comparando la metatarsalgia aislada o asociada a hallux valgus, la fórmula digital fue, antes de la cirugía en el grupo con hallux valgus un 86,5% eran pies de tipo egipcio. En el grupo con metatarsalgia aislada algo más de la mitad (60%) eran pies tipo egipcio y un tercio pies tipo griego (28%). Después de la cirugía la proporción fue muy semejante en el grupo de metatarsalgia aislada y en el grupo de metatarsalgia asociada a hallux valgus aumentaron de forma significativa los pies tipo cuadrado (56,2%) disminuyendo los pies tipo egipcio (37,1%).

El índice metatarsiano $M1 < M2$ fue el más frecuente en ambos grupos antes de la cirugía. Tras la cirugía, en la metatarsalgia aislada, dos tercios (64%) siguieron siendo $M1 < M2$, y el tercio restante se dividió a partes iguales entre $M1 = M2$ (16%) y $M1 > M2$ (20%). En el caso de la metatarsalgia asociada a hallux valgus, algo más de la mitad (56%) fueron $M1 = M2$, un tercio (37,1%) fue $M1 < M2$ y el 6,7% $M1 > M2$.

La cirugía mínimamente invasiva (MIS) o percutánea ha evolucionado con el desarrollo de nuevas técnicas, más precisas y seguras, si se hacen las indicaciones correctas [64], son cada vez más utilizadas y los matices técnicos continúan evolucionando [219] y se pueden utilizar para realizar muchos procedimientos quirúrgicos en los tejidos blandos y los huesos del antepié, proporcionando diferentes opciones de tratamiento [19].

El término correcto para describir estos procedimientos debe ser percutáneo, aunque ha habido alguna confusión, y debe reservarse el término de MIS (Minimal Invasive Surgery) para procedimientos de cirugía abierta con pequeñas incisiones. La cirugía mínimamente invasiva (MIS) tiene como objetivo mejorar la estética y minimizar la interrupción de los tejidos blandos mediante el uso de pequeñas incisiones en la piel [72]. La cirugía percutánea está experimentando un crecimiento sostenido basado en técnicas de tercera generación, en procedimientos quirúrgicos que actúan sobre los tejidos blandos y los huesos del pie.

Existen muchas técnicas quirúrgicas para la corrección del hallux valgus. Se han descrito más de 150 procedimientos quirúrgicos y la mayoría recomienda un enfoque abierto, aunque poco a poco los cirujanos se fueron decantando por la cirugía percutánea con resultados muy positivos [276]. Teóricamente, este tipo de procedimiento podría disminuir el tiempo de recuperación y rehabilitación, con una reducción de la morbilidad [270].

La decisión de cual técnica utilizar depende del grado de deformidad, la extensión de los cambios degenerativos de la primera articulación metatarso-falángica y la forma y el tamaño del hueso metatarsiano, así como la desviación de la falange. Estabilizar la primera articulación tarso-metatarsiana es controvertido. Las técnicas quirúrgicas incluyen el procedimiento modificado de McBride, osteotomías metatarsianas distales, osteotomías del eje metatarsiano,

osteotomía de Akin, osteotomías metatarsianas proximales, fusión de Lapidus modificada y fusión de la articulación del hallux [98].

También las osteotomías metatarsianas percutáneas han recibido un reconocimiento creciente debido a la eficacia demostrada, comparable a los enfoques abiertos tradicionales y sus ventajas son evidentes en la corrección del hallux valgus de grado leve y moderado [211] pues crean una exposición quirúrgica reducida, tienen poca agresividad sobre las partes blandas con poco sangrado. La mala alineación metatarsiana lateral y las deformidades del dedo del pie son buenas indicaciones para el tratamiento percutáneo y produce resultados similares a los de la cirugía convencional con tasas de morbilidad más bajas [19].

La cirugía percutánea ofrece las ventajas de un tiempo operatorio más corto, una recuperación más rápida y una estadía hospitalaria reducida en comparación con la cirugía abierta tradicional [23]. Además, las tasas de complicaciones son más bajas y los tiempos de recuperación más rápidos [28] también las tasas de morbilidad son más bajas y los pacientes apoyan con carga inmediata [16][265]. Las incisiones más pequeñas incluyen una disección mínima de tejidos blandos que permite realizar procedimientos de cirugía ambulatoria y existe la creencia de que conduce a un tiempo de recuperación más rápido con un regreso más temprano a sus actividades cotidianas y laborales.

La cirugía percutánea presenta menor costo y mayor satisfacción del paciente, además de realizar corrección de osteotomía multiplanar con incisiones más pequeñas y disminución de las cicatrices y los problemas que pueden producir. Según Poggio et al., [243] la incomodidad del paciente, la carga de la atención clínica, es decir, el número de visitas y consultas a los servicios de urgencia, y el costo económico de la atención postoperatoria inmediata son aspectos que se deben tener en cuenta. El uso de estos tratamientos también se ha propuesto para pacientes médicamente comprometidos que no se espera que se recuperen bien de los enfoques abiertos tradicionales [74][262].

Las posibles desventajas de la cirugía percutánea están relacionadas con la necesidad de equipos específicos, el manejo postoperatorio y sus cuidados [19] y requieren una larga curva de aprendizaje que debe ser respetada [28][121][158], sin olvidar que requiere fluoroscopia intraoperatoria, por lo cual Martínez-Ayora et al., [207] proponen la utilización de la ecografía para guiar el procedimiento y eliminar la radiación.

Dhukaram et al., [72] estudiaron en diez pies de cadáver los efectos de la cirugía mínimamente invasiva con las osteotomías en “chevron” y Akin (MICA) para la corrección del hallux valgus y una osteotomía extraarticular metatarsiana distal mínimamente invasiva (DMO) para los metatarsianos menores, realizada por un experto (ocho pies) y por un residente (dos pies). Luego diseccionaron cada pie para identificar posibles lesiones neurovasculares o

tendinosas. El nervio dorsal medial cutáneo y el nervio plantar interdigital estaban intactos. No encontraron daño en el plexo arterial que irrigaba la cabeza del primer metatarsiano y no se identificaron lesiones del tendón flexor o extensor. Al examinar las osteotomías, se descubrió que los cortes no estaban en el plano deseado. Tanto en MICA como en las DMO, la disección también reveló tejidos blandos intactos en el lugar de la osteotomía, lo que preserva la vascularización y agrega estabilidad a la osteotomía. También McGann et al., [211] en diez pies de cadáver realizaron una osteotomía en “chevron” distal percutánea y una resección de la tuberosidad medial del M1. El nervio cutáneo medial dorsal se lesionó en 5 ocasiones (50%), pero no resultaron afectados en ninguna muestra, ni los tendones, ni el aparato sesamoideo, ni tampoco la cápsula de la primera articulación metatarsofalángica.

Del Vecchio et al., [64], en 8 pies de cadáver, inspeccionaron las estructuras en busca de los daños tras realizar una cirugía percutánea en “chevron”, estableciendo medidas de seguridad que fueron (1) la distancia entre el portal 1 (P1) y el borde lateral del tendón extensor largo del dedo gordo (EHL) era de 17,6 (rango 12,7-21,3) mm; (2) la distancia entre P1 y el nervio digital dorsomedial (DMDN) de 7,2 (rango 1,6-10,4) mm; (3) la distancia entre P1 y la articulación metatarsofalángica, de 15,7 (rango 9,4-20,5) mm; distancia entre el portal 2 (P2), o el portal de osteosíntesis, y la articulación metatarsofalángica: promedio de 25,5 mm (rango 22-30,4); distancia entre P2 y el borde lateral del tendón EHL: promedio 12,7 mm (rango 8-16,7); y distancia entre P2 y el DMDN: promedio de 4,1 mm (rango 1,7-8,2). No hubo lesiones iatrogénicas y la angulación promedio de la osteotomía, en el plano sagital, fue de 85,6°.

Yañez Arauz et al., [322] estudiaron las relaciones anatómicas y el riesgo de producir lesiones en los tejidos blandos con el portal de cirugía percutánea dorso-medial para efectuar la osteotomía de Akin, y el abordaje percutáneo dorso-lateral para la liberación lateral, en 16 pies de cadáver, sin encontrar lesiones nerviosas. La lesión del paratenon del músculo extensor hallucis longus se observó en 9 casos (56%), pero sin observar ninguna lesión del tendón flexor largo del dedo gordo ni de los nervios plantares colaterales. Aunque la posibilidad de lesionar estructuras anatómicas es alta (9-55%), no se observaron lesiones en estructuras vasculares o nerviosas.

Como hemos señalado, en las últimas décadas, las técnicas percutáneas se han utilizado cada vez más. Maffulli et al., [192] en una búsqueda bibliográfica hasta enero de 2010, señalaron que la corrección percutánea del hallux valgus puede proporcionar mejores resultados para los pacientes que no se recuperarían bien con abordajes abiertos, debido a la disminución de los tiempos de recuperación y rehabilitación, ya que la exposición quirúrgica y la disección de tejidos blandos son más pequeñas y menos agresivas. Caravelli et al., [38] realizaron una búsqueda sistemática de las bases de datos entre 1981 y 2016 sobre la cirugía

percutánea del hallux valgus y encontraron cuatro artículos publicados de 2005 a 2015, que incluían un total de 464 hallux valgus a los que se les realizó una osteotomía distal percutánea del primer metatarsiano. Aunque existe una curva de aprendizaje con estos procedimientos, la ventaja de realizar osteotomías metatarsianas percutáneas, en poblaciones de alto riesgo, permite una resolución rápida y predecible de las úlceras recalcitrantes o recurrentes [261]. En la revisión sistemática sobre la cirugía percutánea para el hallux valgus, realizada por Malagelada et al., [196] hasta enero de 2018, en los 23 artículos que cumplían con sus criterios de inclusión incluyeron 2.279 cirugías, en 1.762 pacientes. La técnica de Chevron y Akin mostraron el mayor potencial para mejorar el ángulo de hallux valgus y el Endolog para mejorar el ángulo intermetatarsiano. La tasa general de complicaciones fue del 13% contabilizando todos los estudios incluidos.

Bia et al., [23] revisaron sistemáticamente los datos publicados y la evidencia clínica de la cirugía percutánea del hallux valgus con 18 estudios que informaron un total de 1.534 procedimientos, en 1.397 pacientes. La corrección del ángulo promedio de la deformidad del hallux valgus mejoró después de la operación. Con respecto a las complicaciones, se describieron recurrencia de la deformidad en el 7,8%, rigidez de la primera articulación metatarso-falángica en un 9,8% y defectos de unión y consolidación entre el 4% y el 8,7%. Las tasas de infección variaron desde el 1,9% al 14,3% y la tasa de complicaciones fue elevada, incluso entre los cirujanos más experimentados. La cirugía ambulatoria tiene beneficios en términos de organización y economía, con una estancia hospitalaria más corta. Para los procedimientos bilaterales, el promedio de días de hospitalización fue más largo y no encontraron correlación entre el edema postoperatorio y el dolor o entre el grado de edema entre los 15 días y los dos meses. La baja por enfermedad promedio fue más corta para los procedimientos percutáneos en comparación con la cirugía convencional o las técnicas mínimamente invasivas [176].

En nuestro estudio, la satisfacción de los pacientes y del cirujano, valorados de 0 a 10, fue en los cirujanos, de media, 8,11 (DE: 0,6; rango: 7 – 9) puntos. Los pacientes, al final del tratamiento, manifestaron estar muy satisfechos en el 51,7% de los casos mientras que este porcentaje fue inferior en los cirujanos, un 35,3%. Solo un 10% de los pacientes y el 5% de los cirujanos se mostraron decepcionados o muy decepcionados una vez concluido el tratamiento. A los dos pacientes “muy decepcionados” se les efectuó la técnica en “chevron”. La valoración subjetiva del cirujano, después de la cirugía fue, con una escala de 0 a 10, de 8,64 (DE: 0,69; rango: 8-9) puntos de media para el grupo metatarsalgia aislada y 8 (DE: 0,6; rango: 7 – 9) para el grupo asociada con hallux valgus.

Cirugía del hallux valgus

En nuestro trabajo, centrado en la metatarsalgia, el hallux valgus es una deformidad asociada en muchos de los casos y comparamos los dos grupos, metatarsalgia aislada y asociada a hallux valgus. La metatarsalgia en pacientes con hallux valgus puede estar producido por el aumento de la magnitud del hallux valgus, que conlleva a una sobrecarga mecánica de los metatarsianos menores y por el aumento relativo de la longitud de los metatarsianos menores.

La metatarsalgia estuvo presente en el estudio de Slullitel et al., [279] en 84 (45,6%) pies y encontraron una relación de la metatarsalgia con una menor deformidad del dedo del pie, acortamiento del m. gastrocnemio, índice metatarsiano y el peso que contradicen la teoría de que tanto la magnitud de la deformidad del hallux valgus como el aumento de la longitud de los metatarsianos menores conducen a una metatarsalgia primaria.

Un ángulo intermetatarsiano aumentado se asocia con una mayor dorsiflexión del primer radio durante la marcha en los pacientes con hallux valgus y la inestabilidad de la primera articulación tarsometatarsiana aumenta la transferencia de fuerza máxima al antepié central con el riesgo potencial de provocar una metatarsalgia [76].

El tratamiento quirúrgico del hallux valgus apunta a la restitución mecánica del primer radio con movilidad preservada de la primera articulación metatarso falángica y un bajo riesgo de recurrencia después de la cirugía [291], por lo cual los métodos quirúrgicos consisten en osteotomía en la parte proximal del M1.

Las intervenciones quirúrgicas a nivel del eje medio del M1 solo son útiles si la forma anatómica del metatarsiano muestra un diámetro transversal ancho, lo que permite un gran cambio en la osteotomía. En todos los demás casos con deformidad grave en el hallux valgus se recomiendan dos principios quirúrgicos diferentes: 1. osteotomía proximal o basal del M1, sin inestabilidad ni signos artrósicos en la primera articulación metatarso falángica y primera cuneo-metatarsiana. 2. Artrodesis de la primera articulación cuneo-metatarsiana en caso de inestabilidad o signos degenerativos con una primera articulación metatarso-falángica intacta, artrodesis de Lapidus [291] pues la presencia de artrosis puede ser una indicación para realizar una artrodesis, mientras que las osteotomías son el procedimiento de elección si está conservada la primera articulación metatarsofalángica [226]. También la cirugía percutánea para el hallux rigidus es simple y proporciona resultados similares a los de la cirugía abierta [17].

Di Giorgio et al., [73] evaluaron el uso de un nuevo protocolo de tratamiento diseñado para minimizar el dolor postoperatorio relacionado con el tratamiento quirúrgico del hallux valgus, con la administración conjunta de un anti-cox2 y un opioide en las primeras horas postoperatorias para reducir la inflamación de los tejidos blandos y controlar el dolor sin causar efectos secundarios significativos.

Wen et al., [318] dividieron los pacientes en un grupo con hallux valgus con dolor y asintomáticos y estudiaron el apoyo plantar, Waldecker [310][311] compararon los pies con hallux valgus con y sin metatarsalgia e intentaron encontrar las variedades de las presiones predictivas. Sin embargo, el pie con hallux valgus preoperatorio están afectados biomecánicamente, independiente o no de la metatarsalgia, pero la mayor parte de los cambios biomecánicos se corrigen con las correcciones quirúrgicas, por lo que Geng et al., () piensan que el hallux valgus preoperatorio no puede predecir si después de la cirugía se producirá una metatarsalgia de transferencia.

Wen et al., [318] y Geng et al., [107] pacientes con hallux valgus con dolor tienen menor tiempo de contacto en una mayor área del antepié. Los pies con hallux valgus tienen picos de fuerza mayores bajo las cabezas de M2 y M3 comparado con el pie normal y el pie con hallux valgus doloroso tiende a cargar más sobre M1 y M2 comparado con los pies sin dolor. Esto puede explicar porque M1 y M2 son los puntos dolorosos más frecuentes y donde suelen aparecer las queratosis. Geng et al., [107], por su parte, demostraron que el pie con hallux valgus con metatarsalgia, después de la cirugía, los metatarsianos M2 y M3 tienden a cargar más relativamente mientras M1 y el primer dedo disminuyen la carga.

Waldecker [311] comparando con pies con hallux valgus asintomático, las cabezas de todos los metatarsianos de los pacientes con metatarsalgia presentan un pico mayor de presión y mayor apoyo, mientras el primer dedo tiende a presentar menores valores. Por eso sospecha que la carga se transfiere del primer dedo, no del primer metatarsiano, a los radios laterales siendo una causa fundamental para la aparición de una metatarsalgia cuando hay un hallux valgus.

Crespo Romero et al., [53] realizaron un estudio prospectivo de 108 pacientes, con hallux valgus sometidos a cirugía percutánea en el antepié, con un seguimiento mínimo de dos años. La EVA media preoperatoria fue de $6,3 \pm 1,5$ puntos y las puntuaciones de AOFAS $50,6 \pm 11$ puntos. En el último seguimiento, ambas puntuaciones mejoraron a $1,9 \pm 2,4$ puntos y $85,9 \pm 1,83$ puntos, respectivamente. El ángulo medio del hallux valgus cambió de $34,3^\circ \pm 9,3^\circ$ antes de la operación a $22,5^\circ \pm 11,1^\circ$ en el seguimiento. El 76,5% de los sujetos estaban satisfechos o muy satisfechos, aunque la recurrencia del dolor de cabeza medial en la M1 ocurrió en 22 casos (16,7%). Según los autores la cirugía percutánea del antepié no mejora los resultados de la tasa de satisfacción radiográfica y del paciente en comparación con los procedimientos convencionales y conllevan una corrección insuficiente de ángulo de hallux valgus.

En la cirugía del hallux valgus la movilidad del primer radio y, en particular, la inestabilidad de la primera articulación tarsometatarsiana son el argumento clave para seleccionar el tratamiento quirúrgico más adecuado [76]. Vernois y Redfern [306] recomiendan

para en el hallux valgus grave una osteotomía basal y dejar la osteotomía en “chevron” para la deformidad leve y moderada. Con una fijación, el chevron también se puede indicar en las deformidades graves. Los procedimientos percutáneos están indicados en el tratamiento para la corrección del hallux valgus, excepto en los casos en que la articulación metatarso-falángica muestre signos de artrosis [300].

La mayoría de los estudios de cirugía de hallux valgus se centran en los hallazgos radiográficos y en el seguimiento clínico a medio plazo. Los resultados obtenidos con las diversas osteotomías no difieren mucho. Sin embargo, la comodidad del paciente y la necesidad de atención postoperatoria muestra diferencias que son una parte importante de la satisfacción [243].

Siddiqui et al., [276] realizaron una osteotomía percutánea extraarticular metatarsiana distal para la deformidad de hallux valgus leve o moderado. La técnica percutánea se empleó en 217 pies (180 pacientes; edad 49 años), 28 pacientes (15,6%) fueron casos bilaterales simultáneos y 9 pacientes (5%) casos bilaterales no simultáneos. El apoyo con carga postoperatorio fue inmediato y el ángulo intermetatarsiano preoperatorio medio, el ángulo del hallux abductus y la posición sesamoide tibial fueron 14,6°, 30,7° y 5,4 respectivamente. En el seguimiento final de 9 meses, el ángulo intermetatarsiano medio, el ángulo del hallux abductus y la posición sesamoide tibial fueron 4,7°, 8,4° y 2 respectivamente. No se observaron complicaciones mayores.

Osteotomía en “chevron”

Según Lam et al., [170] los pacientes intervenidos con osteotomías percutáneas en “chevron”-Akin tienen menos dolor en el seguimiento, mayor corrección del ángulo del hallux valgus y un tiempo de operación más corto en comparación con las osteotomías abiertas. La fijación estable de la osteotomía en “chevron” permite un apoyo con carga más temprano. Las opciones quirúrgicas con abordajes abiertos tradicionales para el tratamiento de la metatarsalgia provocan rigidez involuntaria, mientras que el uso de las técnicas percutáneas permite un enfoque más versátil y personalizado, pero siempre con un entrenamiento previo del cirujano, en la sala de disección, con el pie de cadáver [251].

Lai et al., [169] analizaron los resultados clínicos y radiográficos de las osteotomías percutáneas en “chevron”-Akin, en 29 pies, frente a las osteotomías abiertas de scarf-Akin, en 58 pies, con 24 meses de seguimiento. Ambos grupos mostraron resultados clínicos y radiográficos comparables. Sin embargo, el grupo percutáneo mostró menos dolor en el período perioperatorio. Hubo diferencias en el cambio del ángulo del hallux valgus entre los grupos, pero los resultados fueron comparables en el ángulo intermetatarsiano. En el grupo

percutáneo la cirugía precisó menos tiempo y no tuvieron complicaciones frente a las tres complicaciones, todas ellas en la herida del grupo abierto. Por su parte, Maffulli et al., [194] compararon 36 pacientes que se sometieron a una osteotomía subcapital percutánea del M1, con otros 36 pacientes intervenidos con un scarf abierto. El seguimiento mínimo fue de 2 años. Las puntuaciones AOFAS y FAOS fueron similares, pero el procedimiento percutáneo necesitó menos tiempo de cirugía y obtuvo el alta más pronto. También Kaufmann et al., [153] compararon la osteotomía en “chevron” percutánea, 25 pacientes, y la misma técnica abierta, 22 pacientes, para la corrección de la deformidad del hallux valgus; ambas técnicas lograron una corrección significativa de la deformidad del hallux, mejorando el ángulo intermetatarsiano y el ángulo de hallux valgus. Pero la satisfacción del paciente fue superior en el grupo percutáneo.

En 287 pacientes con deformidades del antepié, Yassin et al., [324] operaron 112 pacientes usando una técnica abierta y 175 pacientes con técnica percutánea. En 96 pacientes realizó una cirugía correctiva de hallux valgus y el resto tenían deformidades menores en los dedos. Fueron seguidos durante 24 meses y encontraron menos dolor con las técnicas percutáneas durante las primeras 6 semanas postoperatorias; el AOFAS, a 6 y 24 meses, fue similar en ambos grupos y las complicaciones fueron raras en cualquiera de los grupos.

Guo et al., [120] examinaron la osteotomía en “chevron” oblicua plantar, en 65 pacientes con hallux valgus (77 pies) y callosidades dolorosas. Encontraron una disminución de la altura del M2 que se relacionó con la disminución de la altura del M1, pero los cambios fueron menores en M1. Las callosidades dolorosas desaparecieron en todos los pies, mejoraron tanto el EVA como el AOFAS y no observaron metatarsalgia de corrección ni de transferencia. En la cirugía de hallux valgus, la metatarsalgia de transferencia puede ser producida por un problema en la posición del M1 tras una osteotomía inadecuada o mal hecha o por un problema de rigidez del músculo gastrocnemio no reconocido previamente [9].

Choi et al., [47] propusieron una osteotomía de acortamiento de tipo en “chevron” inverso que corrige las deformidades del valgo en el metatarsiano proximal, acorta y baja el metatarso, en un solo tiempo. En 16 pacientes, con un seguimiento mínimo de 18 meses, fueron sometidos a osteotomías de doble “chevron” con 20° de oblicuidad plantar, en el metatarsiano proximal. Se realizó una osteotomía Weil adicional del M2 en todos los pies. El primer metatarsiano se acortó en, aproximadamente, 8,75 mm y la longitud relativa del M2 no difirió después de la operación. Tampoco varió la altura relativa del M2, ni observaron callosidades plantares dolorosas ni metatarsalgia de transferencia. La disminución adecuada y una osteotomía de Weil adicional previenen el dolor postoperatorio y la callosidad dolorosa debajo de la cabeza de M2.

La osteotomía en “chevron” proximal proporciona buenas correcciones, pero, sin embargo, tiene tasas relativamente altas de retraso de consolidación o pseudoartrosis en dorsiflexión de hasta el 17% de los casos. Esto conduce a una carga insuficiente de peso del primer radio que, por lo tanto, sobrecarga al resto de los metatarsianos [266].

En la actualidad, la corrección percutánea del hallux valgus se logra principalmente con la osteotomía en “chevron” del M1, para la cual se recomienda una fijación interna y un abordaje mínimamente invasivo, no mayor de 2 cm [19]. Pero estas normas no son seguidas por muchos cirujanos. Lucattelli et al., [187] trataron a 195 pacientes consecutivos con hallux valgus sintomático con una técnica percutánea, sin fijación interna y un seguimiento medio de 35 meses. Los pacientes mejoraron de 54,7 en el preoperatorio a 89,6 dos años después. El 94% de los pacientes estaban satisfechos o muy satisfechos. Se logró una corrección radiográfica media del ángulo de hallux valgus de 15,5°, del ángulo intermetatarsiano de 5,4° y del DMAA de 5,4°, aunque registraron un total de 19 (9,7%) casos con complicaciones.

Vasso et al., [304] presentaron los resultados de una osteotomía modificada Austin – “chevron” para el tratamiento del hallux valgus y hallux rigidus. La rama dorsal de la osteotomía se realizó ortogonal al plano horizontal del M1 que permite una corrección multiplanar más fácil. Aplicaron la técnica en 184 pacientes consecutivos con hallux valgus sintomático y 48 pacientes con hallux rigidus sin degeneración articular metatarsofalángica. La edad media de los pacientes fue de 55 (rango 21-70) años y el seguimiento fue de 42 (rango 24-56) meses. El 93% de los pacientes quedaron satisfechos con la cirugía y la puntuación media de la AOFAS mejoró de 56,6, antes de la cirugía, a 90,6 en el último seguimiento. El EVA disminuyó de 5,7 preoperatoriamente a 1,6 en el seguimiento final. El ángulo medio del hallux valgus disminuyó de 34,1°, antes de la operación, a 6,2° en el seguimiento final y el ángulo intermetatarsiano disminuyó de 18,5° antes de la operación a 4,1° en el seguimiento final.

Feng et al., [90] utilizaron la osteotomía en “chevron” modificada para el tratamiento quirúrgico del hallux valgus grave, en 26 pacientes con 28 pies y un seguimiento de 16 (rango 8-25) meses. El tiempo de consolidación medio fue de 12 semanas. Baig et al., [7] intervinieron 20 pacientes, 19 mujeres, con una edad media de 56 años, con una osteotomía en “chevron”. La media de la escala AOFAS mejoró de 51 puntos antes de la operación a 82 después de la cirugía. El ángulo de hallux valgus mejoró de 26° preoperatoriamente a 14° en el postoperatorio. Tuvieron cinco complicaciones, cuatro de ellas como consecuencia del alambre de Kirschner utilizado en la fijación. Lucas y Hernández et al., [186] estudiaron 38 pacientes (45 pies), con hallux valgus moderado, sometidos a osteotomía percutánea extra-articular en “chevron” en L invertida y una osteotomía Akin percutánea adicional, en 37 pies, y la liberación capsular lateral percutánea, en 22 pies. La puntuación media de AOFAS aumentó de 62,5 antes de la operación

a 97,1 después, con 37 pacientes (97%) satisfechos. En el último seguimiento disminuyó el ángulo del hallux valgus, el ángulo intermetatarsiano y el ángulo del conjunto articular proximal. El rango de movimiento de la primera articulación metatarso-falángica mejoró significativamente.

Osteotomía de Reverdin-Isham

La corrección percutánea de la deformidad de hallux valgus leve y moderada con la osteotomía de Reverdin-Isham del M1 logra resultados clínicos y radiográficos comparables a otras osteotomías metatarsianas distales, percutáneas o abiertas. La cirugía de radios laterales asociada a la cirugía del hallux valgus con la osteotomía de Reverdin-Isham aumentó el riesgo postoperatorio de incongruencia de la articulación metatarso-falángica [19]. Restuccia et al., [253] estudiaron la corrección percutánea de 49 hallux valgus con la osteotomía de Reverdin-Isham modificada, durante 34 meses de seguimiento. El valor medio del ángulo de hallux valgus disminuyó de 35,18°, en el pre, a 14,3° después de la operación; el valor medio del ángulo intermetatarsiano pasó de 15,5° antes de la cirugía a 8,7° tras la cirugía y el PASA de 7,2° a 5,25°. Postoperatoriamente, la puntuación del AOFAS fue de 95.

Di Giorgio et al., [73] comparan dos técnicas (sistema Endolog y osteotomía Reverdin-Isham) en un estudio aleatorizado para tratar el hallux valgus moderado, en 40 pacientes consecutivos con 40 pies con hallux valgus sintomático moderado con 20 pies cada grupo sin detectar diferencias entre los dos grupos con respecto a la puntuación AOFAS, ángulo de hallux valgus y ángulo intermetatarsiano, con buenos y excelentes resultados en los dos grupos.

Biz et al., [25] evaluaron los resultados radiográficos y funcionales en 80 pacientes con un hallux valgus de leve a grave sometidos a una osteotomía percutánea Reverdin-Isham y Akin, después de una exostosectomía y liberación lateral. La puntuación media de la escala AOFAS fue 87,15 puntos en el seguimiento final y la puntuación EVA de 8,35. Las correcciones medias, en el último seguimiento, fueron el ángulo intermetatarsiano 3,90°, el ángulo de hallux valgus 12,5°, el ángulo articular metatarsiano distal (DMAA) 4,72° y la posición del sesamoideo tibial de 1,1. La superficie articular era congruente en 77 (96,25%) casos. La consolidación de las osteotomías fue completa y se logró en todas las series a los 3 meses de seguimiento. Los resultados obtenidos en la corrección del hallux valgus graves fueron menos alentadores.

En el estudio Pichierri et al., [241] mejoró el AOFAS, en 138 osteotomías percutáneas de Reverdin - Isham, con una mediana postoperatoria de 91 puntos y la consideran una alternativa a otras técnicas percutáneas y procedimientos quirúrgicos abiertos. Sin embargo, no es simple, necesita el cumplimiento estricto de las indicaciones y tiene una curva de aprendizaje más larga. Cervi et al., [44] en 213 osteotomías percutáneas de Reverdin-Isham, con un mínimo de 5 meses

y un máximo de 2 años de seguimiento, obtuvieron una puntuación clínica postoperatoria media de 90 puntos. La técnica fue bien aceptada por los pacientes debido a la poca agresividad, poco dolor postoperatorio y la recuperación funcional inmediata incluso con malos resultados radiográficos.

Severyns et al., [270] estudiaron las osteotomías percutáneas de Reverdin-Isham y Akin sin fijación para el hallux valgus leve y moderado, después de 60 meses de seguimiento, en 48 pacientes (57 casos). La puntuación de la escala AOFAS aumentó desde una mediana preoperatoria de 55,9 a 89,2 después de la operación. El 89,5% de los pacientes estaban satisfechos o muy satisfechos al final del seguimiento. El ángulo de hallux valgus y el ángulo articular metatarsiano distal (DMAA) se redujeron 29,3° y 14,1° a 15,4° y 7,7°, respectivamente, aunque encontraron un aumento de casos de rigidez de la primera articulación metatarsofalángica.

Bauer et al., [16] evaluaron los resultados clínicos y radiológicos a 2 años con la corrección percutánea del hallux valgus aplicando la osteotomía de Reverdin-Isham en 104 casos de hallux valgus medio y moderado. La puntuación de la AOFAS aumentó de una mediana preoperatoria de 49 a 87,5 después de la operación. El 89% de los pacientes estaban satisfechos o muy satisfechos con el resultado final. Los ángulos hallux valgus y el ángulo articular metatarsiano distal (DMAA) se redujeron (30° y 15° a 15° y 7°, respectivamente). En un estudio muy semejante realizado con posterioridad y una casuística mayor, Bauer et al., [19], confirmaron estos resultados, en 189 pies de 168 pacientes, intervenidos consecutivamente. Ciento cincuenta y seis sujetos (87%) estaban satisfechos o muy satisfechos con el resultado del procedimiento. La mediana de la puntuación postoperatoria del AOFAS fue de 93 puntos y tuvieron una pérdida del 17% del movimiento de la primera articulación metatarsofalángica. El ángulo mediano del hallux valgus y el ángulo intermetatarsiano mejoraron de 28° y 13° respectivamente, antes de la operación, a 14° y 10° después de la cirugía.

Con la osteotomía Reverdin-Isham realizada en 20 pies con hallux valgus, leve y moderado, Rodríguez-Reyes et al., [257] señalan que los valores medios de presión de la región lateral del antepié aumentaron mientras que la región medial del antepié no mostró cambios. La técnica de Reverdin-Isham promueve un nuevo patrón de presión plantar en el antepie que aumenta la presión observada bajo las cabezas metatarsianas laterales sin cambios bajo la cabeza del primer metatarsiano. Por su parte, Martínez-Nova et al., [205] con el procedimiento percutáneo de liberación de tejido blando distal (DSTR), en 99 procedimientos percutáneos DSTR-Akin, mejoró el resultado final en la escala AOFAS y se redujeron las desviaciones angulares viendo como restaura los patrones normales de presión plantar sobre el hallux y logra una corrección significativa de los ángulos radiográficos y una mejora proporcional en el estado

clínico. En un estudio anterior, estos autores [206], en 26 pacientes (30 pies), vieron como mejoró el estado clínico de los pacientes y se redujeron las presiones plantares bajo del hallux. Esta mejora puede atribuirse a la eliminación de la eminencia medial, que elimina el dolor alrededor de la primera articulación metatarsofalángica, y al procedimiento de Akin, que proporciona una posición postoperatoria más fisiológica del hallux.

En el caso de un hallux valgus grave, en 52 pies operados, en 48 pacientes, Díaz-Fernández et al., [74][75] realizaron una osteotomía percutánea doble (osteotomía proximal de cierre y un Akin distal) o triple cuando se agregó una osteotomía Reverdin-Isham. Midieron la escala AOFAS preoperatoriamente, al año y a los 2 años, así como los valores del ángulo de hallux valgus, el ángulo intermetatarsiano, el ángulo tobillo - metatarsiano distal mejoraron en todos los pacientes, pero en 5 casos (10%) se elevó el metatarsiano distal, pero solo en 2 casos se desarrolló una metatarsalgia de transferencia. No encontraron correlación entre la cantidad de acortamiento y la presencia de metatarsalgia postoperatoria. La escala AOFAS mejoró de $47,6 \pm 5,6$ a $89,7 \pm 10,1$ puntos.

Osteotomía de “scarf”

La osteotomía de scarf se ha utilizado ampliamente para restaurar la orientación axial del primer rayo en el tratamiento de la deformidad del hallux valgus [178] y para corregir las deformidades del hallux valgus en pacientes con artrosis de la primera articulación metatarsofalángica.

El desplazamiento y el acortamiento del scarf corrigen el hallux valgus grave, pero el acortamiento puede provocar metatarsalgia por transferencia. Karpe et al., [152] evaluaron 15 pacientes (20 pies) sometidos a acortamiento del M1 con un scarf y un seguimiento medio de 25 (rango 22-30) meses. El ángulo intermetatarsiano mejoró de 18,6 (rango 13,4-26,2) antes de la operación a 9,7 (rango 8-13,7) después de la operación. El ángulo hallux valgus también mejoró de 43,2 (rango 27,4 – 68,2) antes de la operación a 13,6 (rango 3-37,4) tras la cirugía. La puntuación de la escala AOFAS mejoró de 29,2 (rango 14-60) a 82,2 (rango 55-100) después de la operación. Todos los pacientes calificaron como satisfecha o muy satisfecha y ninguno tuvo síntomas de metatarsalgia por transferencia.

Nakagawa et al., [230] en un análisis retrospectivo de 102 casos de osteotomía de scarf, con un seguimiento medio de 16 meses, vieron que el ángulo de hallux valgus preoperatorio disminuyó de 37° a 3° y el ángulo intermetatarsiano de 17° a 4°. La puntuación media de la escala JSSF-hallux (Japanese Society of Surgery of the Foot) mejoró de 56 a 96 puntos y el área media de las callosidades plantares disminuyó de 3.1 a 1.5 mm². El 60% de los casos de metatarsalgia mejoraron y el 85% de las callosidades indoloras desaparecieron después de la

operación. La preservación de la longitud relativa del primer metatarsiano después de la osteotomía de M1 fue importante para prevenir la metatarsalgia postoperatoria.

Qu et al., [247] evaluaron, a corto plazo, la osteotomía scarf combinada con una osteotomía de Akin en el hallux valgus asociadas con un metatarso aducto leve y moderado, en 30 pacientes (48 pies), en pacientes jóvenes con una media de 29 (rango 18-50) años. Después de la cirugía mejoraron el ángulo de hallux valgus y el ángulo intermetatarsiano M1-M2, así como las puntuaciones de AOFAS y VAS. El 93,3% estaban satisfechos y muy satisfechos, aunque 4 pies sufrieron una metatarsalgia. Lenz et al., [178] presentan el seguimiento de 106 pacientes (118 pies) intervenidos de hallux valgus con una osteotomía de scarf. El ángulo del hallux valgus disminuyó significativamente en un promedio de 18,7° y el ángulo intermetatarsiano en 7,8°. Todos mostraron un acortamiento significativo de M1 con un alargamiento relativo medio del M2 de 0,45 mm y una reducción del ángulo del hallux valgus y del ángulo intermetatarsiano, con una baja tasa de complicaciones.

Frigg et al., [99] operaron 50 pacientes con hallux valgus con un scarf asociado a un Akin y otros 48 una osteotomía en “chevron” – Akin, con un tiempo mínimo de seguimiento de 2 años. Encontraron rigidez moderada en 3 casos en ambos grupos. Ambos grupos mostraron mejoras similares en la puntuación AOFAS, el dolor y el valor subjetivo del pie. La evidencia radiográfica de corrección fue comparable, excepto por un mayor acortamiento del M1 en 3 mm con la osteotomía en “chevron”. Los problemas de la cicatriz incluyeron un 10% de infecciones superficiales en cirugía abierta y del 4% en la cirugía percutánea. La tasa de recurrencia y otras complicaciones fueron comparables, a excepción de las reoperaciones, que fueron más altas en el “chevron” (27% principalmente por tornillos sobresalientes) que en el scarf (8% principalmente por rigidez).

Otras osteotomías para el hallux valgus

El procedimiento mínimamente invasivo de Mitchell-Kramer también puede ser un método indicado para corregir la deformidad de hallux valgus de leve y moderada (Figura 74). Gadek y Liszka [102] evaluaron 54 pacientes sometidos a una osteotomía metatarsiana distal del M1 con preservación de la corteza lateral del fragmento distal. La estabilización percutánea se efectuó con una aguja de K de 2 mm, sin inmovilizar y con descarga postoperatoria del antepié. Preoperatoriamente, el ángulo medio del hallux valgus fue de 33,9°, el ángulo IMA de 14,8°, el EVA de 8,9 y el AOFAS de 37. Al final del seguimiento, el ángulo del hallux valgus pasó a 14,2°, el ángulo IMA a 9,7°, el EVA a 2,6 y la AOFAS a 90,7. El acortamiento metatarsiano medio fue de 2,7 mm. No encontraron metatarsalgia por transferencia a los 18 meses de seguimiento y todos los pacientes estaban satisfechos.

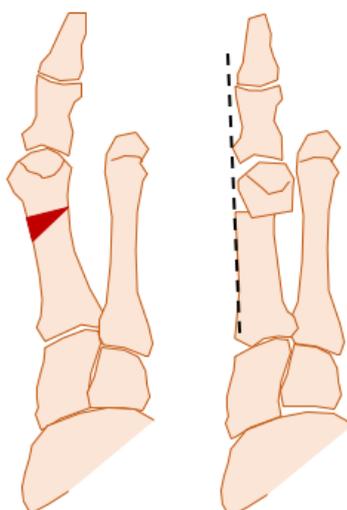


Figura 74. Osteotomía de Kramer

Chen et al., [46] compararon los resultados clínicos en pacientes con y sin osteotomía de Mitchell modificada para corregir el hallux valgus, en 65 pacientes (83 pies). En 36 pies se realizó una osteotomía metatarsal asociada, fue el grupo de cirugía combinada, y los restantes se clasificaron como grupo control (53 pies). La tasa general de metatarsalgia sintomática persistente, después del tratamiento quirúrgico, fue del 19,28%. Hubo 6 pies con metatarsalgia residual en el grupo combinado y 10 pies en el grupo control. No vieron diferencias en la tasa de síntomas persistentes en los dos grupos y la osteotomía de Mitchell modificada aislada no presentó una tasa más alta de metatarsalgia residual que la corrección combinada. Por su parte, Huang et al., [137], en 95 pacientes sometidos a una osteotomía de Mitchell, para corregir el hallux valgus, con tornillos a compresión, encontraron que solo 5 pacientes (5,8%) precisaron la extracción del tornillo por irritación de su punta; ocho pacientes (6,5%) tenían una metatarsalgia de transferencia de M2, dos de ellas causadas por la inclinación dorsal de la cabeza del metatarsiano y un paciente presentó una corrección insuficiente.

Liuni et al., [181] trataron 58 casos con el procedimiento percutáneo de Bianchi (técnica PBS) para la corrección de la deformidad leve, moderada y grave del hallux valgus. El AOFAS mejoró de 28,6 preoperatorio a 91,7 en el último seguimiento; el EVA mejoró de 6,7, antes de la cirugía, a 0,6, en el último seguimiento. El ángulo medio de hallux valgus, el ángulo intermetatarsiano y el ángulo articular metatarsiano distal disminuyeron desde la evaluación preoperatoria hasta el último seguimiento.

Poggio et al., [243] compararon 69 pies sometidos a una osteotomía de Kramer, u osteotomía percutánea del metatarso distal o SERI, que se asegura con una aguja de K y 133

con el scarf. Ambas técnicas obtuvieron resultados clínicos satisfactorios al año, pero la osteotomía de Kramer presentó mayor tasa de complicaciones y mayores costes asociados [5].

Kurashige y Suzuki [168] investigaron la osteotomía percutánea de cuña de cierre proximal con osteotomía de Akin para la corrección del hallux valgus grave y el aumento de la altura del arco longitudinal, en 17 pies consecutivos, con una edad media de 71 años y un seguimiento medio de 22 meses. La resección de la eminencia medial, la liberación distal de tejidos blandos y la osteotomía de Akin se realizaron por vía percutánea. Las mejoras del ángulo del hallux valgus y del ángulo intermetatarsiano fueron 27,6° y 9,9°, respectivamente. El acortamiento de M1 fue 2,7 mm. La dorsiflexión de la primera articulación metatarso – falángica mejoró 2,2°; sin embargo, el procedimiento no aumenta el arco longitudinal medial.

La técnica de Bösch percutánea se ha utilizado para corregir las deformidades del hallux valgus con la fijación con una aguja de Kirschner [193]. Kaipel et al., [147] en 40 pies de cadáver con una deformidad de hallux valgus los sometieron a una osteotomía percutánea según la técnica de Bösch y fijación con una aguja de Kirschner. Veinte pies fueron operados por un cirujano experimentado y otros veinte por residentes. El nervio cutáneo dorsal se lesionó en una ocasión por el cirujano experto y en 6 casos de los operados por los residentes, además vieron una diferencia en las complicaciones. Díaz Fernández [75] realizó 24 osteotomías subcapitales percutáneas consecutivas de M1, con la técnica de Bösch y fijación con placa para el tratamiento del hallux valgus, incluyendo DMMO en 12 pies para el tratamiento de la metatarsalgia. Se realizó un procedimiento de Akin en el 81% de los casos y todos los casos se sometieron a una tenotomía del tendón del músculo aductor hallucis. La corrección media lograda del ángulo hallux valgus fue de $36,57^\circ \pm 7,1$ a $12,22 \pm 8,69^\circ$, para el ángulo intermetatarsiano de $13,8^\circ \pm 1,59$ a $7,08^\circ \pm 2,72^\circ$ y para el DMAA de $13,98^\circ \pm 7,38$ a $6,07^\circ \pm 4,99^\circ$. La escala AOFAS mejoró de $45,8^\circ \pm 9,6$ a $91,29^\circ \pm 9,8^\circ$ y la consolidación de las osteotomías se observó radiográficamente entre 6 y 12 semanas después de la cirugía. La placa tuvo que ser retirada en 3 casos (12,5%).

Seki et al., [269] evaluaron los resultados clínicos y radiográficos de la osteotomía percutánea metatarsiana lineal distal (DLMO), en 95 pacientes (141 pies) con hallux valgus. Aunque el M1 se acortó, con dorsiflexión y elevación en las radiografías postoperatorias, la tasa de satisfacción fue del 87,2% y la puntuación media de la escala de la JSSF mejoró de 60,4 (44-73) a 90,4 (65-100). La media del hallux valgus y los ángulos intermetatarsianos mejoraron de $45,5^\circ$ (40-60°) a $10,3^\circ$ (-28-41°) y de $19,9^\circ$ (14-28,7°) a $8,3^\circ$ (-1,6-18,5°), respectivamente. Se observó un retraso de consolidación en 18 pies, metatarsalgia en 16 pies, recurrencia en 22 pies y hallux varus en 22 pies.

Faour-Martín et al., [88] evaluaron 115 pies diez años después de una osteotomía retrocapital distal percutánea del M1, seguidos durante diez años. La escala AOFAS en el décimo año postoperatorio se mantuvieron favorables en comparación con sus valores preoperatorios, manteniendo una mejora de 42,2 puntos de promedio. El ángulo medio del hallux se mantuvo por debajo de 20°, con un ángulo intermetatarsiano medio de 8,1°.

Li et al., [180] revisaron retrospectivamente 49 pies, de 32 pacientes, con una edad media de 57 años, operados de hallux valgus combinado con la deformidad del juanete de sastre. Todos los pacientes fueron tratados con una osteotomía. El tiempo promedio de operación fue de 40 minutos, 33 pies obtuvieron un resultado excelente, 15 buenos y otro regular.

Scala y Vendettuoli [265], revisaron retrospectivamente 126 pacientes (146 pies) operados por un hallux valgus, con una edad media de 53 años y un seguimiento postoperatorio de 29 meses, tratados consecutivamente con una osteotomía. Antes de la operación, el ángulo promedio de hallux valgus fue de 32,3° y después 4,5°. El ángulo intermetatarsiano preoperatorio fue 14,4°, mientras que después de la operación fue de 4,8°. La posición media del sesamoideo tibial fue 6,3 antes de la operación y 2,5 después y el puntaje medio de la AOFAS fue 54,6 antes de la operación y 85,3 después. Encontraron 15 complicaciones postoperatorias (10,3%) que incluyeron hallux varus, osteosíntesis dolorosa y retraso de consolidación.

Sun et al., [287] siguieron a 79 pacientes, 150 pies con hallux abducto valgus operados con una osteotomía de incisión mínima, fueron seguidos durante más de cinco años. El resultado en 56 pies (37,3%) fue excelente, en 88 pies (58,7%) buenos y en 6 pies (4%) regulares. La puntuación media postoperatoria de AOFAS fue 84,2 puntos. El ángulo de hallux valgus medio disminuyó de 33,28° a 12,31° y el ángulo intermetatarsiano 1-2 pasó de 11,75° a 6,8°. La posición del sesamoideo tibial se corrigió de 4,29 a 3,07 en el seguimiento final. De los 97 pies (64,7%) con metatarsalgia, desapareció en 35 pies, mejoró en 54 y se agravó en 8 pies después de la operación.

Lambers Heerspink et al., [171] compararon el acortamiento de M1 después de efectuar osteotomías en “chevron” y Mitchell para la corrección de hallux valgus, en 84 pacientes, con 42 pacientes en cada grupo. La osteotomía de Mitchell produjo mayor acortamiento de la longitud del M1, pero sin presentar diferencias en las metatarsalgia de transferencia. Un 30% de los pacientes estaban poco o nada satisfechos con la cirugía, fundamentalmente los pacientes con metatarsalgia asociada. También Buciuto [36] intervino a 120 mujeres afectas de hallux valgus grave, aleatorizadas prospectivamente, para osteotomía de Mitchell u osteotomía en “chevron”, con un seguimiento de 3 años. El ángulo hallux valgus con la osteotomía de Mitchell

se redujo de 30° a 15° y el ángulo intermetatarsiano de 11° a 7°. Con la osteotomía en “chevron” el ángulo hallux valgus se redujo de 31° a 16° y el ángulo IMA de 14° a 6°.

La osteotomía de Akin del dedo gordo del pie es un procedimiento asociado quirúrgico frecuente para corregir la deformidad del hallux valgus interfalángico. En una serie de 81 pies, a lo que se realizó la técnica percutánea de Akin, con fresa de alta velocidad, pero sin dispositivo de fijación, Kaufmann et al., [154] encontraron cambios en el ángulo que pasó de 10° antes de la operación a 2,3° después de la operación, con una curación de la osteotomía satisfactoria.

Una osteotomía en cuña de cierre deslizante oblicua proximal (POSCOW) para el tratamiento del hallux valgus fue propuesto por Wagner et al., [309] en 187 pies. La tasa de satisfacción de los pacientes fue del 87%. El ángulo de hallux valgus postoperatorio promedio fue de 12,3°, el ángulo intermetatarsiano de 4,8°, la puntuación AOFAS de 89 puntos y el acortamiento medio en la longitud del M1 de 2,2 mm. Doce pies (6,4%) tuvieron una recurrencia de la deformidad y requirieron una nueva cirugía, retirando el material de osteosíntesis, por molestias, en 23 pies (12,3%).

Guler et al., [119] compararon los resultados de la osteotomía del metatarso oblicuo distal (DOM), paralela a la superficie de articulación de la falange proximal, en 30 pacientes, con la osteotomía en “chevron”, en 31 pacientes, y evaluaron el desplazamiento y el acortamiento del M1 para ver el efecto sobre la metatarsalgia y la satisfacción del paciente. La osteotomía en “chevron” y DOM mejoran el primer ángulo intermetatarsiano, el ángulo de hallux valgus, el ángulo articular metatarsiano distal, el rango de movimiento de la primera articulación metatarsofalángica, la puntuación de la AOFAS y la posición de los sesamoideos, sin diferencias significativas entre los 2 grupos. La satisfacción del paciente y la metatarsalgia tampoco presentaron diferencias, el grupo con osteotomía DOM tuvo mayor desplazamiento plantar y acortamiento absoluto del M1.

En nuestros resultados vimos que los pacientes operados con la técnica de Isham-Reverdin tenían valores inferiores, es decir era pies más graves, aunque después de la cirugía se igualaron los resultados con la técnica en “chevron”. La fórmula digital (M1-M2) tras la cirugía es muy semejante con las técnicas utilizadas, la única diferencia que encontramos es un mayor porcentaje de M1>M2 en el grupo operado con la técnica de Isham – Reverdin. La satisfacción de los pacientes y de los cirujanos tras la cirugía mostró un alto grado de satisfacción con todas las técnicas empleadas, aunque en el grupo con la técnica en “chevron”, se encontraron los dos pacientes “muy decepcionados”.

El dolor antes de la cirugía fue menor en la metatarsalgia asociada al hallux valgus que en la aislada. La puntuación final de la escala AOFAS fue similar en ambos grupos. La única

diferencia detectada entre ambos grupos después de la cirugía, fue una menor flexión plantar menor cuando la metatarsalgia se asociaba a un hallux.

La fórmula digital presentó en ambos grupos, antes de la cirugía, una distribución muy semejante, mayoría de pie egipcio, seguido del pie griego y, por último, el pie cuadrado. Después de la cirugía la proporción fue muy semejante en el grupo de metatarsalgia aislada. En el grupo de metatarsalgia asociada a hallux valgus aumentaron de forma significativa los pies cuadrados (56,2%) disminuyendo los pies egipcios (37,1%).

El índice metatarsiano $M1 < M2$ es el tipo más frecuente en ambos grupos (70%-80%) antes de la cirugía. Tras la cirugía hay una redistribución, en la metatarsalgia aislada, dos tercios (64%) siguen siendo $M1 < M2$, y el tercio restante se dividió a partes iguales entre $M1 = M2$ (16%) y $M1 > M2$ (20%). En el caso de la metatarsalgia asociada a hallux valgus, algo más de la mitad (56%) fueron $M1 = M2$, un tercio (37,1%) fue $M1 < M2$ y el 6,7% $M1 > M2$. La valoración subjetiva del cirujano después de la cirugía fue 8,64 (DE: 0,69; rango: 8-9) puntos de media para el grupo metatarsalgia aislada y 8 (DE: 0,6; rango: 7 – 9) para el grupo asociada con hallux valgus y más del 95%, tanto cirujanos como pacientes, manifestaron estar “muy satisfechos” o “satisfechos” después de la cirugía. Hubo un caso decepcionante en cada grupo que guardaba relación con las complicaciones.

Osteotomía de los metatarsianos laterales

Las osteotomías de los metatarsianos laterales son fundamentales para conseguir disminuir las presiones focales y redistribuir las presiones plantares del antepie. Como ya se ha insistido, para nosotros es fundamental producir las osteotomías y dejar que consoliden de forma adecuada para cada persona. Esto se demuestra por la desaparición de las callosidades en la planta del antepie. Actualmente los cirujanos se decantan mayoritariamente por dos tipos de osteotomías metatarsianas la osteotomía de Weil y las osteotomías metafisarias metatarsianas distales (DMMO).

Osteotomía de Weil

La osteotomía de Weil o “sliding oblique lesser metatarsal osteotomy” es el tratamiento quirúrgico más utilizado para el tratamiento de la metatarsalgia [254] y para eliminar el dolor de la articulación metatarso falángica y las deformidades asociadas [105][316][317]. Es una osteotomía oblicua del cuello metatarsiano paralela al suelo, empujando el fragmento distal hacia proximal para acortar el hueso. Este procedimiento puede eliminar el dolor de la metatarsalgia al disminuir la presión plantar en el antepie. Las presiones plantares se elevan por

un metatarsiano demasiado largo o demasiado curvado hacia plantar, en relación con los otros metatarsianos o también por estar luxado o subluxado en la articulación metatarso-falángica. También es una opción en pacientes con deformidades menores de los dedos, como son los dedos en martillo o en garra, por relajación de las estructuras periarticulares [20][132][235]. Los resultados suelen ser buenos, pero también producen un elevado número de complicaciones como son “dedos flotantes”, rigidez de la articulación metatarso-falángica, con limitación a la extensión, relajación, dolor persistente, metatarsalgia de transferencia y migración del material de osteosíntesis [20][132][222][235][296][303].

La osteotomía de Weil, asociada o no con otros procedimientos, es un método efectivo para el tratamiento de la metatarsalgia que disminuye el dolor y resuelve las callosidades plantares al cambiar los puntos de apoyo, ofreciendo una mejoría en la calidad de vida de los pacientes [55] [132][198][235][236][294][296][303]. Trnka et al., [294] efectuaron un estudio sobre cadáveres y con huesos de plástico y señalaron que tras una osteomía deslizante de Weil, los tendones de los m. interóseos se mueven dorsalmente con relación al eje de la articulación metatarso falángica debido a la depresión del fragmento plantar del metatarsiano. El centro de rotación de la articulación metatarso falángica cambia, lo cual hace que los m. interóseos actúen como dorsi-flexores, en lugar de flexores plantares, produciendo un empuje en sentido contrario del tendón extensor para flexionar hacia dorsal el dedo.

Si se efectúa una osteotomía de Weil sobre un M2 sintomático, se debe efectuar una osteotomía asociada sobre el M3 para evitar la frecuente “hipoplasia M4-M5” [301]. La presencia o ausencia de una inestabilidad clínica puede ayudar a decidir cuánto debe ser acortado y elevado. De hecho, la inestabilidad clínica puede ser considerada como un reflejo anatómico y funcional de la intolerancia o una señal de aviso de rotura de la placa plantar, producida por la hiperpresión, la cual se hará sintomática si la cirugía aumenta las restricciones. Si se efectúa una osteotomía de acortamiento en una articulación metatarso falángica estable, puede desequilibrar la cabeza metatarsiana.

Si la osteotomía de acortamiento se realiza en una articulación inestable hay menor riesgo de provocar una metatarsalgia de transferencia en los radios adyacentes [236]. La osteotomía de Weil deberá ser realizada únicamente en articulaciones metatarso falángicas inestables para evitar convertir las articulaciones asintomáticas en articulaciones con problemas [115][116][303] y obtener una suave redistribución de las fuerzas en el antepie.

Sin embargo, como la osteotomía de Weil es una corrección tridimensional, el plan preoperatorio se hace únicamente en el plano anteroposterior lo que constituye una simplificación de una patología compleja [52].

Hofstaetter et al., [132] evaluaron prospectivamente, entre 1 y 7 años, los resultados de

la osteotomía de Weil para el tratamiento de la metatarsalgia con la articulación metatarso falángica subluxada o luxada. Los resultados buenos y excelentes se alcanzaron en el 84% de los casos al año, y el 88% a los 7 años. Sin embargo, tuvieron un 8% de reluxaciones al año y un 12% a los 7 años. Beech et al., [20] mostraron una mejoría del dolor en el 86,3% de los pacientes y el 80% repetirían la intervención, pero un 33% tenían dedos flotantes y la reducción de la movilidad articular de la metatarsofalángica se presentaba en todos los pacientes. Otro estudio muy similar [235], demostró una reducción en el rango de movimiento de la articulación metatarso falángica en el 43% de los casos, mientras que Dungal y Podskubka [82] mostraron una incidencia de dedos flotantes del 20%. Muhlbauer et al., [229] obtuvieron buenos y excelentes resultados en el 70% de los pacientes, aunque el 47% presentaban una restricción de la flexión plantar, a los 15 meses de la cirugía. Otras complicaciones recogidas incluyen la metatarsalgia de transferencia y la debilidad de los dedos [82][235][303].

En nuestro estudio todos los pacientes vieron una disminución de la movilidad de la flexión dorsal y plantar en todas las articulaciones metatarso falángicas e interfalángicas operadas. De hecho, comparando el grupo de metatarsalgia aislada con el de hallux valgus asociado, la única diferencia que encontramos entre ambos grupos, después de la cirugía, fue una flexión plantar menor cuando la metatarsalgia se asociaba a un hallux.

Estas complicaciones han empujado a efectuar cambios en la osteotomía de Weil para intentar una osteotomía segmentaria que acorte el metatarsiano y reduzca el peso plantar sobre la cabeza del metatarsiano.

La osteotomía segmentaria tiene sus ventajas pues en la osteotomía de deslizamiento, parte de la superficie articular dorsal de la cabeza metatarsiana se reseca mientras que la superficie articular se preserva por completo. Además, la osteotomía de deslizamiento puede trasladar la cabeza del metatarsiano hacia plantar si la osteotomía no es paralela a la planta del pie lo cual aumenta la presión plantar y predispone al paciente a una deformidad de dedo flotante [157][173][294].

La osteotomía segmentaria permite mayores resecciones en el foco de osteotomía y por tanto aumenta el acortamiento. En una osteotomía por deslizamiento, la cantidad de acortamiento está limitado cuando la osteotomía pierde el contacto óseo. La osteotomía segmentaria es mucho más sencilla técnicamente si los cortes no se hacen paralelos a la planta del pie [105].

Lui [188] describe una técnica de osteotomía percutánea de cierre de cuña dorsal del cuello del metatarsiano para controlar la metatarsalgia recalcitrante. En su estudio sobre 33 pacientes (36 pies y 63 metatarsianos operados), todas las osteotomías consolidaron sin deformidad en el plano transversal. Las callosidades dolorosas disminuyeron excepto en un

metatarsiano y tuvo una recurrencia de callosidades dolorosas en 2 metatarsianos operados. La metatarsalgia de transferencia ocurrió en 2 pies y el dedo flotante apareció en dos rayos operados.

Osteotomías metatarsianas metafisarias distales (DMMO)

La osteotomía metafisaria metatarsiana distal (DMMO) es una técnica extraarticular con poco peligro, a diferencia de la osteotomía de Weil de producir rigidez; con la DMMO se establece la longitud del metatarso automáticamente al soportar el peso del pie y da mejor movilidad articular que la osteotomía de Weil [127].

La DMMO puede tener tasas de complicaciones más bajas que la osteotomía de Weil debido a su ubicación extraarticular y su naturaleza poco agresiva [146]. Henry et al., [127] compararon la DMMO y la osteotomía de Weil en 72 pacientes, con un seguimiento medio de 15 (rango: 12-24) meses. La escala AOFAS postoperatoria y la movilidad articular fueron comparables en ambos grupos (86,5 y 85,3, respectivamente) y también fueron semejantes los problemas estáticos (edema, metatarsalgia, hiperqueratosis y luxación) y la metatarsalgia recurrió en cuatro pacientes de cada grupo. A los 3 meses, el edema y la metatarsalgia fueron significativamente mayores en el grupo DMMO y las mediciones radiográficas fueron comparables. El retroceso de la cabeza del metatarso fue idéntico entre cada radio en el grupo DMMO. La DMMO tuvo una recuperación postoperatoria más prolongada, debido al edema y no mejoró el rango de movimiento articular.

Henry et al., [127] encontraron que el DMMO requiere mayor tiempo de consolidación que la osteotomía de Weil, pero con mejores resultados. No encontraron diferencias entre los resultados clínicos (AOFAS) de la osteotomía de Weil y la DMMO.

Jardé et al., [145] concluyen que después de la osteotomía de Weil se consiguen los criterios establecidos por Maestro con mayor facilidad y tenían mejores resultados los pacientes con un antepie más armónico [230]. Sin embargo, según Biz et al., [25], la reconstrucción de una curva ideal solo lo consiguieron en tres de sus 93 pies operados (3,2%) y no encontraron ninguna relación entre la puntuación de la escala clínica (AOFAS) y la armonía de la curva metatarsal ni tampoco con los datos matemáticos. De hecho, Biz et al., [25] sostienen que con la DMMO no se consigue restaurar la curva de Maestro, pero garantiza una redistribución equilibrada de las presiones plantares y liberan de la metatarsalgia durante un largo tiempo.

La DMMO ofrece la curación de la metatarsalgia en el 85% de los pacientes, el mismo porcentaje de operados que están satisfechos o muy satisfechos después de la cirugía, según Henry et al., [127]. Los resultados son muy parecidos a los obtenidos por otros autores

[69][70][296][298][303] con la osteotomía de Weil. La puntuación de la escala AOFAS varió entre 77,6 [298] y 82,2 [70]. La Asociación francesa de cirugía del pie publicó una monografía [54] recogiendo 222 casos de osteotomía DMMO con una puntuación de 92,3, a los quince meses de la cirugía.

En su casuística sobre 93 pies, Biz et al [25] vieron que la escala clínica AOFAS aumentaba de forma significativa, con reducción del dolor (EVA) y una mejoría de la calidad de vida después de la cirugía. López-Vigil et al., [182] con la DMMO obtuvieron una puntuación AOFAS de 95,26, con un rango entre 75 y 100. La consolidación se obtuvo en el 76,3% de los metatarsianos intervenidos, a los tres meses de la cirugía, el 100% a los 6 meses [25].

Migues et al., [222] y Hofstaeter et al., [132] describieron la hiperqueratosis dolorosa en el 16% y en el 12% respectivamente de los pacientes con osteotomía de Weil. Ni en nuestro estudio ni previamente otras publicaciones [182] muestran dolor plantar por las callosidades después de una DMMO, el efecto de las osteotomías sobre la aponeurosis plantar es inmediata desapareciendo las durezas plantares. Como señala de Prado et al., [61] si se sigue la fórmula de Leventen y Pearson [179], no hay peligro de provocar una metatarsalgia de transferencia y desaparecen las áreas de hiperqueratosis.

Rivero Santana et al., [254] efectuaron una revisión bibliográfica sobre la eficacia y seguridad de la osteotomía de Weil comparada con la DMMO sin encontrar diferencias significativas en los resultados clínicos ni en la satisfacción de los pacientes. El tiempo de consolidación fue más largo en la DMMO, aunque la osteotomía de Weil mostró más problemas con las heridas y mayor rigidez de la articulación metatarso falángica. Johansen et al., [146] compararon de forma aleatoria 30 pacientes (45 osteotomías) con osteotomía de Weil (con otros 30 pacientes con DMMO (73 osteotomías), con un seguimiento medio de 13 meses. Seis semanas después de la operación presentaron edema del antepié el 66,7% para el grupo de la osteotomía de Weil y en el 73,3% para la DMMO que disminuyó con el tiempo, pero la rigidez postoperatoria y el déficit en el rango de movimiento no cambiaron en el transcurso del tiempo. El EVA mejoró para ambos grupos. El tiempo de isquemia y el de cirugía fueron más bajos y las dosis de radiación más altas en el grupo DMMO. También se ha señalado que la DMMO logró un menor grado de acortamiento que la osteotomía de Weil [182].

Biz et al., [25] evaluaron la seguridad y efectividad de la DMMO en el tratamiento de la metatarsalgia central y verificaron los buenos resultados de la DMMO para restaurar el morfotipo armónico del antepié, según los criterios de Maestro, en 93 pies (93 pacientes), con una edad media de 62 (31-87) años y un seguimiento medio de 59 (36-96) meses. Todas las puntuaciones clínicas mejoraron significativamente. La mayoría de las osteotomías (76,3%) habían consolidado a los 3 meses, aunque el morfotipo armónico ideal se restableció solo en el

3,2% de los pies, con un porcentaje de complicaciones a largo plazo en 12 casos (12,9%). La DMMO es un método seguro y efectivo para el tratamiento de la metatarsalgia [25].

Magnan et al., [195] describen los resultados clínicos y radiográficos de la DMMO en el tratamiento quirúrgico de la metatarsalgia primaria con inestabilidad metatarso falángica. Evaluaron 106 DMMO de los M2, M3 o M4, en 57 pacientes (70 pies), con una edad media de 60 (30-81) años para el tratamiento de la metatarsalgia. El seguimiento medio fue de 45 ± 13 (24-68) meses. La puntuación media general de AOFAS mejoró de $42,7 \pm 13,4$ puntos (9-77) a $92,8 \pm 8,6$ puntos (44-100) en el seguimiento final. La satisfacción subjetiva del paciente según la clasificación de Coughlin fue excelente en 62 pies (88,6%), buena en 7 pies (10%), regular en ningún pie y pobre en un pie (1,4%).

Haque et al., [121] en 30 pacientes sometidos a DMMO percutánea, con una edad promedio de 60 años, realizaron más de una osteotomía metatarsiana para el tratamiento de la metatarsalgia. El Manchester-Oxford Foot Questionnaire fue excelente y bueno en todos los pacientes tras la cirugía y el EVA mejoró, excepto en dos pacientes, a 3,5 después de la operación. Tuvieron cuatro complicaciones, una falta de consolidación, una pseudoartrosis, una metatarsalgia de transferencia y osificación de tejidos blandos.

Lopez Vigil et al., [182] estudiaron 30 pies, centrados en el M2, antes y después de la DMMO. Paralelamente analizaron la técnica en 10 pies de cadáver. El acortamiento medio fue de 2,76 mm. Con un seguimiento medio de 18 meses, la puntuación media final de la escala AOFAS fue de 95,26 puntos. En ninguno de los casos se vio afectada la movilidad de la articulación metatarso-falángica. El acortamiento medio en los pies cadavéricos fue de 2,10 mm y, en todos los casos, se conservó la placa plantar y el aparato flexor.

López-Vigil et al., [182] y Botezatu et al., [28] obtienen buenos resultados clínicos y estéticos con la osteotomía DMMO, sin problemas de inestabilidad o rigidez de la articulación metatarso-falángica u otras complicaciones serias. La buena consolidación y la falta de problemas la convierten en una indicación ideal para el tratamiento de la metatarsalgia.

Enan et al., [84] realizaron un estudio prospectivo en 24 pacientes para evaluar los resultados de la DMMO y tratar el hallux valgus leve o moderado, en adultos, estabilizada con una aguja de Kirschner, con carga de peso inmediata. La evaluación clínica mostró que 31 de los 36 pacientes estaban satisfechos con sus resultados y, a los 21 meses, las radiografías de los pies en carga presentaron un cambio en comparación con el preoperatorio: las correcciones medias del ángulo de hallux valgus y del primer ángulo intermetatarsiano fueron $13,1^\circ$ y $5,4^\circ$, respectivamente. Ningún caso mostró falta de consolidación, unión defectuosa, sobrecorrección, metatarsalgia de transferencia u osteonecrosis.

El acortamiento del metatarsiano con las DMMO, según López-Vigil et al., [182] fue de 2,76 mm inferior al obtenido con las osteotomías de Weil con cirugía abierta [127][132][222][235][263]. Cuando el acortamiento es superior a 4 mm está relacionado con la aparición de complicaciones más graves, como es la rigidez o el dedo flotante [128].

No hay muchos estudios comparativos entre las osteotomías de Weil y las DMMO, pero Yeo et al., [325] han señalado un mayor rango de movilidad con la DMMO que con la osteotomía de Weil, mientras Jardé et al., [145] señalan pérdida del rango de movilidad con todas las osteotomías de Weil realizadas. En nuestro estudio también hemos encontrado una pérdida del rango de movilidad con la DMMO. Según Henry et al., [127] el grado de movimiento de la articulación metatarso-falángica fue semejante comparando un grupo operado con la osteotomía de Weil y otro con una DMMO; sin embargo, una mayor proporción de operados con la DMMO tenían una movilidad normal o ligera limitación. Solo el 2,7% de los pacientes operados con la DMMO presentaron rigidez grave de la articulación metatarso-falángica. En el trabajo de Jardé et al., [145] la movilidad después de una osteotomía de Weil fue normal solo en el 42% de los pacientes operados. Darcel et al., [54] señalaron que con la DMMO el 86% de los pacientes tenían movilidad normal y solo el 0,5% mostraron una articulación rígida y señalan que la rigidez postoperatoria puede reducirse preservando la cápsula articular durante la intervención. Aunque Henry et al., [127] no pueden confirmar este aspecto demuestran que el rango de movilidad era mayor tras la DMMO. De hecho, la movilidad total (flexión dorsal flexión plantar) de la articulación metatarso-falángica estaba con un rango entre 67° y 70°, dependiendo del radio, en el grupo operado con la DMMO y entre 62° y 67° en el grupo tratado con la osteotomía de Weil. Devos et al., [69] encontraron una movilidad semejante (flexión dorsal: 46,5°; flexión plantar: 13,3°) tras la osteotomía de Weil. Haque et al., [121] estudiaron los resultados funcionales en 30 pacientes a los que se les había realizado una DMMO con un 13% de complicaciones.

En nuestro estudio la mejoría en la puntuación final fue evidente, comparada con la evaluación inicial, antes de la cirugía, alcanzando una puntuación media superior a 80 sobre 100 puntos, en todos los metatarsianos que habían partido de una puntuación prequirúrgica medio de 50 puntos. Observamos una mejoría significativa del dolor y la desaparición de las callosidades, mejorando de forma más ligera la estabilidad articular metatarso-falángica e interfalángica y la alineación de los metatarsianos. La exigencia del calzado no cambió tras la cirugía, disminuyendo la movilidad, tanto de las articulaciones metatarso-falángicas como interfalángicas. La valoración de la puntuación total de la AOFAS mostró mejores resultados en el tercer y cuarto metatarsiano en el grupo de más edad, mayor de 60 años.

Las diferencias entre el grupo con metatarsalgia aislada o metatarsalgia asociada a hallux valgus fue el dolor, la metatarsalgia asociada al hallux valgus era menos dolorosa que la aislada. Esto hizo que la puntuación total de la escala AOFAS prequirúrgica fuera menor en la metatarsalgias aisladas. Sin embargo, la puntuación final de la escala AOFAS fue similar en ambos grupos.

En el grupo de metatarsalgia asociada a hallux valgus tuvimos mayor número de pies planos de cualquier grado (34,8% frente a 17,1%). Por el contrario, los pies cavos de cualquier grado fueron más frecuentes en la metatarsalgia aislada (44,8% frente a 32,7%). Solo un tercio aproximado de los pies de ambos grupos fueron normales (38,2% en el grupo de metatarsalgia aislada y 31,5% asociada a hallux valgus).

De los 93 pies operados por Biz et al., [25] el 87% tenían asociado un hallux valgus, en los cuales la inestabilidad del primer radio está implicada y puede ser una predisposición o exacerbación causante de la metatarsalgia. La hipermovilidad evaluada clínica y radiográficamente, tanto en el plano coronal como sagital y también en las direcciones dorsal y dorso-medial [278].

Tenotomías asociadas

Nieto Garcia et al., [232] analizaron si la asociación de las tenotomías con osteotomías de falange, incompletas o parciales, tiene un impacto significativo en los resultados clínicos, la aparición de complicaciones y el tiempo de recuperación después de la cirugía. Para ello revisaron dos cohortes de casos operados por hallux valgus y las deformidades en los dedos menores asociada, mediante técnicas poco invasivas, en 223 pacientes. La puntuación media de AOFAS preoperatoria fue similar en ambas cohortes. Las puntuaciones de AOFAS disminuyeron a medida que aumentó el número de las deformidades en los dedos menores asociados.

Los casos operados por osteotomía parcial y tenotomía mostraron una alta tasa de complicaciones, como uniones tardías, callo hipertrófico, fractura de la falange en el sitio de la osteotomía o falta de corrección. La ocurrencia general de eventos adversos fue en los casos operados con tenotomía del 38,6% frente al 13,9% en los casos que solo se hizo la osteotomía [232].

Los casos operados sin tenotomía mostraron un tiempo más corto para completar la recuperación de las actividades de la vida diaria. El desempeño de las tenotomías asociadas a las osteotomías de falange incompletas proporciona peores resultados clínicos, mayores tasas de complicaciones y un mayor tiempo de recuperación en comparación con cirugías similares en el antepié sin tenotomías [232].

Complicaciones

Las tres complicaciones más comunes de la cirugía de pie y tobillo son infección, dehiscencia de la herida y úlceras o flictenas dérmicas. Las osteotomías metatarsianas intraarticulares se asocian comúnmente con rigidez debido a las cicatrices y, en consecuencia, dedos en martillo. Al reducir la lesión de las partes blandas con la cirugía percutánea, los riesgos se minimizan [121].

Las complicaciones después de la corrección del hallux valgus incluyen recurrencia, la metatarsalgia de transferencia, la necrosis avascular, el hallux varus por una corrección excesiva y la falta o retardo de consolidación de las osteotomías metatarsianas, además de artrosis, la necesidad de extraer el material de osteosíntesis, una lesión nerviosa y la propia insatisfacción del paciente [174].

Una de las complicaciones más frecuentes tras una osteotomía metatarsiana central es la aparición de deformidades digitales, específicamente el dedo flotante [67], la inestabilidad de un dedo que no toca el suelo durante la bipedestación. Conviene recordar que la mayoría de los dedos flotantes ya lo son antes de la cirugía [9][67][132][261][307]. Miguez et al., [222] publicaron un 28,5% de incidencias totales y un 50% de incidentes tras la osteotomía de Weil con artrodesis proximal de la articulación interfalángica, consideran una complicación común el dedo flotante. Beech et al., [20] tuvieron un 33% de dedos elevados y O'Kane y Kilmartin [235] un 20%, mientras que Vandeputte et al., [303] encontraron en su casuística un 15% de dedos flotantes.

Tras una DMMO se han reflejado muchas complicaciones en la bibliografía [188][230][235][251], pero Biz et al., [25] tienen en su estudio prospectivo de larga evolución pocas complicaciones; la complicación más frecuente es una rigidez persistente a los 6 meses en el 9,7% de los pacientes y tres casos (3,2%) de metatarsalgias de transferencia que se resolvieron con una segunda intervención percutánea añadiendo una osteotomía de M4. No tuvieron casos de dedos flotantes, inestabilidad residual o subluxación, infección, pseudoartrosis, necrosis avascular o desplazamiento de la cabeza metatarsiana que son las complicaciones más graves.

Las complicaciones con la osteotomía de Weil son relativamente altas e importantes, con la presencia de dedos flotantes, metatarsalgia de recurrencia y de transferencia y algunos problemas de consolidación de las osteotomías [130].

Comparando un grupo operado con la osteotomía de Weil y otro con la DMMO, Biz et al., [25] no tuvieron ninguna metatarsalgia de transferencia o recurrente. Henry et al., [127] tuvieron 7 recurrencias de la metatarsalgia en el grupo DMMO y tres en el grupo operado con la

osteotomía de Weil y una metatarsalgia de transferencia en cada grupo. Devos y Leemrijse [70] tuvieron un 8,2% de recurrencias y metatarsalgia de transferencia en el 6,8%. Vandeputte et al., [303] un 11% de metatarsalgias de transferencia, Helal et al., [125] con su osteotomía, en 310 pies operados, un porcentaje más bajo, el 4%, mientras que Trnka et al., [298] la metatarsalgia de transferencia ocurrió en el 41% de los pacientes operados con la osteotomía de Helal y ninguna con la osteotomía de Weil; si bien entre estos pacientes tuvieron un 20% de recurrencias.

Ruiz Ibán [263] obtuvo buenos y excelentes resultados en el 87,5% (AOFAS medio: 85 puntos) de los 40 pacientes operados con osteotomías de Weil. Hofstaeter et al., [132] obtuvieron buenos resultados en el 88% de sus 24 casos, con un seguimiento medio de 7 años, alcanzado una puntuación en la escala AOFAS de 85,3%. En estos estudios los problemas más frecuentes son las metatarsalgias de transferencia y recurrentes.

El dedo flotante se produce según Trnka et al., [295] porque el centro de rotación de la articulación metatarso falángica se hace proximal y plantar tras la osteotomía. Esto cambia la cinemática de los músculos intrínsecos de la articulación metatarso falángica. Concretamente, los m. interóseos ahora discurren dorsales al eje de la articulación metatarso falángica y actúan como dorsi-flexores de los dedos [222]. Otra teoría está relacionada con la longitud relativa funcional de las partes blandas alrededor de la articulación metatarso falángica. El primer objetivo de una osteotomía de Weil es acortar el metatarsiano para conseguir la descarga de las presiones plantares. Este acortamiento óseo produce una relajación de los tendones de la musculatura intrínseca y extrínseca. Anatómicamente, los músculos extrínsecos (m. extensor digitorum longus y m. flexor digitorum longus) terminan con una inserción en los dedos menores y al acortar el metatarsiano con la osteotomía, una de las cuatro inserciones de los tendones queda relativamente alargada, comparada con los otros dedos [67].

Otra complicación es un dedo en martillo con subluxación de la articulación metatarso-falángica que produce una flexión plantar en el metatarsiano respectivo [326]. Hay que tener en cuenta que la cirugía del dedo en martillo unida con una osteotomía metatarsiana aumenta la incidencia de dedos flotantes [222], por ello es recomendable elongar el tendón extensor, hacer una capsulotomía de la articulación metatarso falángica y, más importante, efectuar la transferencia del tendón flexor largo [67].

El M1 se acorta después de una osteotomía distal; este acortamiento puede dar lugar a una metatarsalgia de transferencia posoperatoria que es una lesión de nuevo desarrollo, que incluye la metatarsalgia con una callosidad dolorosa o indolora, que no estaba presente antes de la cirugía del hallux valgus [1][46]. El fracaso de la cirugía del hallux valgus puede provocar un hallux valgus residual o recurrente y una metatarsalgia de transferencia [48].

Existen dos teorías para explicar el desarrollo de la metatarsalgia de transferencia; una, es que a medida que aumenta el hallux valgus, se produce una sobrecarga mecánica sobre la cabeza de M2 y la otra teoría defiende que la disminución de la longitud de M1 contribuye a la metatarsalgia. Por lo tanto, cuando se efectúa una osteotomía sobre el primer radio (hallux valgus o hallux rigidus), no se debe acortar demasiado el M1 [111][312]. Las presiones plantares bajo el hallux valgus sigue dividida, pero hay una transferencia de carga desde la región dolorosa medial a la región central y lateral del antepie [131].

En el hallux valgus se produce una desviación lateral del dedo y una desviación medial del metatarsiano. Por ello es importante determinar el número de metatarsianos que tienen que ser osteotomizados. Nosotros seguimos los criterios de Leventen y Pearson [179] ya explicados, fijándonos en la hiperqueratosis de la planta del pie, signo evidente de una sobrecarga de las partes blandas para proteger del aumento de la presión plantar en esa zona. Cuando la hiperqueratosis plantar está bajo la cabeza del segundo metatarsiano, efectuamos una osteotomía distal de M2 y M3. En el caso de hiperqueratosis plantar bajo la cabeza de M3, realizamos osteotomías en el segundo, tercero y cuarto metatarsianos y cuando está bajo la cabeza de M4, las osteotomías las efectuamos sobre el tercero y cuarto metatarsianos. Indicamos habitualmente la realización de osteotomías en los tres metatarsianos centrales salvo en casos excepcionales de hiperpresión sobre la cabeza de un solo metatarsiano, normalmente el 4º.

Díaz Fernández et al., [74] no establecieron la correlación con la metatarsalgia de transferencia por levantar o acortar el metatarsiano y parece que las lesiones de transferencia del M2 tampoco está relacionada con el grado de acortamiento de M1, siempre que el acortamiento sea inferior a 5,8 mm [1]. Aunque para Zhang et al., [327] la preservación de la longitud del M1 previene la metatarsalgia por transferencia postoperatoria en el segundo y tercer radios y el acortamiento de M1 no debe superar nunca los 2 mm. En la casuística de Ahn et al., [1] las callosidades indoloras, reflejo de una metatarsalgia, se desarrolló en 5 pies (2,7%) de los 185 pies operados. El acortamiento medio de M1 después de la osteotomía fue de 0,6 mm, según el método de Morton (rango, -6,4 a 6,4 mm), y 1,9 según el método de Hardy-Clapham (rango, -5,8 a 5,8). También la falta de consolidación o una reparación defectuosa del M1 puede transferir las fuerzas que soporta el primer radio y sobrecargar los metatarsianos menores.

La metatarsalgia de transferencia después de una cirugía fallida de hallux valgus es problemática y más frecuente de lo deseado [189]. En la casuística de Vasso et al., [304] de 184 pies operados solo uno desarrolló metatarsalgia de transferencia postoperatoria, tratada con éxito con osteotomía percutánea por segunda vez de los metatarsianos menores. Buciuto [36]

tuvo una incidencia elevada de metatarsalgias de transferencia, utilizando la osteotomía de Mitchell, en 36 (60%) pacientes y el dedo en martillo en 6 (10%) pacientes, mientras que con el “chevron” se produjo una metatarsalgia en 5 pacientes. La osteotomía en “chevron” ofreció resultados significativamente mejores en la escala de AOFAS, con menor número de complicaciones postoperatorias, mayor satisfacción de los pacientes y un tiempo inferior de baja.

La metatarsalgia de transferencia apareció en 9 pies (4,8%) con una osteotomía en cuña de cierre deslizante oblicua proximal [309]. Wang et al., [313] en 21 pacientes (30 pies) con metatarsalgia de transferencia por cirugía del hallux valgus sin osteotomía de acortamiento, mejoran tras la cirugía el 63,5% de los casos y desaparecieron el 73,1% de las callosidades dolorosas; una osteotomía simple del primer metatarsiano proporciona excelentes resultados con una baja tasa de complicaciones en comparación con la osteotomía de acortamiento del metatarso lateral combinado.

Zhang et al., [327] realizaron un análisis retrospectivo de 626 pies sometidos a osteotomía percutánea del primer metatarsiano, con un seguimiento medio de 18 meses. Todos los pacientes tuvieron una consolidación ósea satisfactoria. Encontraron una correlación negativa entre la longitud de M1 y la metatarsalgia de transferencia en M2 y M3 y una correlación positiva entre la disminución de ángulo de hallux valgus y la satisfacción del paciente con la alineación postoperatoria del pie.

La metatarsalgia recurrente es una problemática diferente que se debe, a menudo, a una técnica deficiente o una planificación inadecuada por no haber comprendido el problema, aunque no es menos cierto que tiene una etiología multifactorial. El análisis de la causa es crítico para planificar el tratamiento apropiado. Comprender la etiología ayuda a comprender el mecanismo de prevención, que es el mejor tratamiento [8]. La tasa de recurrencia del tratamiento quirúrgico del hallux valgus varía del 2,7% al 16% [195], independientemente del procedimiento utilizado. La recurrencia después de la cirugía de hallux valgus en 74 pacientes (89 pies), con un hallux valgus leve y moderado, operados con cirugía percutánea del antepie ocurrió en 12 casos (13,5%) [53]. Henry et al., [127] tuvo un 2,5% de metatarsalgias recurrentes de luxación metatarso-falángica y ninguna entre las osteotomías de Weil, aunque Devos et al., () y Vandeputte et al., () presentaron recurrencias de 8,2% y 8,5% respectivamente.

Núñez Samper et al., [234] proponen tratar el fracaso de las técnicas correctivas para el hallux valgus, que produce un acortamiento del primer radio y dificulta la marcha, con una artrodesis metatarsofalángica después de distracción ósea con un mini-fijador externo e insertar injerto de hueso de la cresta ilíaca, estabilizándolo con una placa o con el mismo mini-fijador. Rose et al., [259] proponen la osteotomía en scarf para corregir una deformidad

recurrente del hallux valgus y alargar el M1 acortado en la primera cirugía que provocó una braquimetatarsia iatrogénica sintomática. En 31 pacientes el alargamiento medio alcanzado fue de 4,9 mm y todas las osteotomías consolidaron sin problemas. La reducción media del ángulo intermetatarsiano fue 4° y el ángulo hallux valgus 13°, mientras que el aumento medio de la puntuación AOFAS fue de 33,8, sin encontrar una relación entre la cantidad de alargamiento metatarsiano y el resultado clínico.

La necrosis avascular y la falta de unión son poco frecuentes después de efectuar osteotomías para corregir el hallux valgus y pueden prevenirse cuidando la anatomía local, la biomecánica y las comorbilidades y condiciones generales del paciente. El acortamiento, la elevación, la flexión plantar, el varo o valgo y la rotación del M1 son los tipos más comunes para producir una mala consolidación que provoca dolor, rigidez, recurrencia de la deformidad y metatarsalgia de transferencia [94].

La rigidez después de la cirugía abierta de hallux valgus afecta del 7% al 38% de los pacientes [99], pensando que la cirugía disminuiría esta tasa al reducir la agresión sobre el tejido blando.

Para evitar los fracasos de consolidación y la posición inadecuada del M1 tras una osteotomía en "chevron", Schuh et al., [266] proponen la osteosíntesis con una placa de bloqueo, superior a la fijación con un tornillo, especialmente si el hueso es osteoporótico. Kalender et al., [148] utilizaron placas y tornillos para evitar la movilización de la osteotomía. En 43 pies, de 25 pacientes, con una edad media de 45 años y un seguimiento medio de 17 meses mejoraron el rango de movimiento de la articulación metatarsofalángica, consiguieron el alivio del dolor y una alineación satisfactoria del primer radio en 41 pies (95,3%).

Herrera-Pérez et al., [129] evaluaron la incidencia del retardo de consolidación después de la osteotomía percutánea de Akin, en 26 casos, y un seguimiento medio de 18 meses. Tuvieron dos quemaduras en la piel que curaron sin secuelas. El tiempo medio de fusión fue de 5 meses y 17 de las 26 osteotomías (65,4%) consolidaron radiográficamente a los 3 meses, mientras que las otras 9 (34,6 %) sufrieron un retraso en la consolidación medio de 8 meses.

Entre las complicaciones de nuestra casuística observamos 4 luxaciones de la MF2, 1 en la MF 3, una necrosis en la cabeza de M3 y dos pseudoartrosis, una en M4 y otra en M5 y un retraso de consolidación en M4. Además, encontramos dolor regional complejo en un caso y el edema se presentó en 32 ocasiones. Se encontró una metatarsalgia por transferencia, cuatro recidivas con retoque del segundo metatarsiano y tres casos de rigidez. Si bien, una única paciente tuvo, simultáneamente, edema, dolor, retraso de consolidación y rigidez. En el grupo de metatarsalgia aislada se encontraron dos retardos de consolidación. En el grupo de metatarsalgia asociada a hallux valgus tuvimos un síndrome de dolor regional, 32 casos de

edema después de la cirugía, un retardo de consolidación, una metatarsalgia de transferencia, cuatro recidivas y tres hallux rigidus tras la cirugía.

Limitaciones del estudio

Hemos realizado una revisión prospectiva de una casuística multicéntrica de metatarsalgias aisladas o asociadas con un hallux valgus operados de forma continua en cada uno de los centros participantes. Después de nuestro análisis pensamos que la técnica quirúrgica del hallux valgus tenía que haber sido homogénea, inicialmente pensamos que sería adecuado contar con diferentes técnicas para ver si encontrábamos diferencias en los resultados de la metatarsalgia, pero finalmente la casuística no fue lo suficientemente grande para encontrar diferencias entre los diferentes grupos. Otra limitación es el estudio radiográfico pues nos centramos en el análisis de los metatarsianos tras la osteotomía DMMO y sobre todo en el cálculo de la fórmula metatarsal. El estudio se debería haber completado con un análisis baropodométrico para analizar el cambio de las presiones plantares, antes y después de la cirugía a medio plazo y relacionarlo con los resultados obtenidos.

Conclusiones

1. En nuestro estudio la puntuación total de la escala AOFAS global en pacientes intervenidos con cirugía de metatarsalgia aislada o asociada a hallux valgus alcanza, al final del seguimiento, una puntuación media superior a 80 sobre 100, en todos los casos. La puntuación prequirúrgica media había sido de 50 puntos. El aumento de la puntuación se basa en la mejoría significativa del dolor y la desaparición de las callosidades, mejorando ligeramente la estabilidad articular metatarso-falángica e interfalángica y la alineación de los metatarsianos. El tipo de calzado no cambió tras la cirugía, disminuyendo la movilidad de las articulaciones metatarso- falángicas o interfalángicas.
2. La única diferencia entre el grupo de metatarsalgia aislada y el de metatarsalgia asociada a hallux valgus, al final del seguimiento, fue menor flexión plantar de la articulación metatarso-falángica en el grupo de metatarsalgia con hallux valgus.
3. La fórmula digital cambió con la cirugía. El 44,1% de los pies egipcios y el 55,5% de los pies griegos se transformaron en pies cuadrados. Este cambio es consecuencia del ligero acortamiento de los metatarsianos operados. En el grupo de metatarsalgia asociada a hallux valgus aumentaron los pies cuadrados (56,2%) y disminuyeron los pies egipcios (37,1%).
4. La fórmula metatarsiana no cambió con la cirugía.
5. Al final del tratamiento el 51,7% de los pacientes estaban muy satisfechos y el 39,3% satisfechos. Solo el 10% de los pacientes se mostraron decepcionados o muy decepcionados una vez concluido el tratamiento.
6. Las complicaciones fueron pocas, encontramos una metatarsalgia por transferencia, cuatro recidivas que requirieron el retoque del segundo metatarsiano y dos retardos de consolidación. En el grupo de metatarsalgia asociada a hallux valgus tuvimos un síndrome de dolor regional y tres casos de hallux rigidus. El edema después de la cirugía fue muy frecuente (32 casos), pero desapareció al poco tiempo.

Bibliografía

1. Ahn J, Lee HS, Seo JH, Kim JY. Second Metatarsal Transfer Lesions Due to First Metatarsal Shortening After Distal Chevron Metatarsal Osteotomy for Hallux Valgus. *Foot Ankle Int.* 2016.
2. Ajsis A, Koti M, Maffulli N. Tailor's bunion: a review. *J Foot Ankle Surg* 2005; 44:236-45.
3. Arie EK, Moreira NS, Freire GS, Dos Santos BS, Yi LC. Study of the metatarsal formula in patient with primary metatarsalgia. *Rev Bras Ortop.* 2015; 50:438-44.
4. Ashman CJ, Klecker RJ, Yu JS. Forefoot pain involving the metatarsal region: differential diagnosis with MR imaging. *Radiographics.* 2001; 21:1425-40.
5. Asunción J, Poggio D, Pellegrini MJ, Melo R, Ríos J. Evaluation of first metatarsal head declination through a modified distal osteotomy in hallux rigidus surgery. A cadaveric model. *Foot Ankle Surg.* 2015; 21:187-92.
6. Baer A. The approach to the painful joint. Emedicine Web site December 6, 2006. Available at: <http://www.emedicine.com/med/topic3562.htm>. Accessed June 26, 2008.
7. Baig MN, Baig U, Tariq A, Din R. A Prospective Study of Distal Metatarsal Chevron Osteotomies with K-Wire Fixations to Treat Hallux Valgus Deformities. *Cureus.* 2017; 9:1704.
8. Barouk LS, Barouk P. Joint-preserving surgery in rheumatoid forefoot: preliminary study with more-than-two-year follow-up. *Foot Ankle Clin.* 2007; 12:435-54.
9. Barouk LS. L'osteotomie cervicocéphalique de Weil dans les métatarsalgies médianes. *Med Chir Pied* 1994; 1:23-33.
10. Barouk LS. The BRT new proximal metatarsal osteotomy. Forefoot reconstruction. France: Springer-Verlag; 2003. p. 133-48.
11. Barrio Jiménez A. Estudio en axial de las cabezas metatarsales y huesos sesamoideos en la metatarsalgia. *Imagen Diagnóstica.* 2011; 2:59-62.
12. Barrôco R, Nery C, Favero G, Mombach R, Nascimento O, Jorge S, Monteiro M, Diedrichs L, Abreu F. Evaluation of metatarsal relationships in the biomechanics of 332 normal feet using the method of measuring relative lengths. *Rev Bras Ortop.* 2011; 46:431-438.
13. Basmajian JV, Bentzon JW. An electromyographic study of certain muscles of the leg and foot in the standing position. *Surg Gynec & Obst.* 1954; 98:662-6.
14. Basmajian JV, Stecko G. Role of muscles in arch support of the foot. *J Bone Joint Surg (Am).* 1963; 45-A:1180-90.
15. Basmajian JV. *Electro-fisiología de la acción muscular.* Buenos Aires: editorial Panamericana, 1976
16. Bauer T, Biau D, Lortat-Jacob A, Hardy P. Percutaneous hallux valgus correction using the Reverdin-Isham osteotomy. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2010; 96:407-16.
17. Bauer T, de Lavigne C, Biau D, De Prado M, Isham S, Laffenêtre O. Percutaneous hallux valgus surgery: a prospective multicenter study of 189 cases. *Orthop Clin North Am.* 2009; 40:505-14.

18. Bauer T, Gaumetou E, Klouche S, Hardy P, Maffulli N. Metatarsalgia and Morton's Disease: Comparison of outcomes between open procedure and neurectomy versus percutaneous metatarsal osteotomies and ligament release with a minimum of 2 years of follow-up. *J Foot Ankle Surg.* 2015; 54:373-7.
19. Bauer T. Percutaneous forefoot surgery. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2014; 100(1 Suppl):191-204.
20. Beech I, Rees S, Tagoe M. A retrospective review of the weil metatarsal osteotomy for lesser metatarsal deformities: an intermediate follow-up analysis. *J Foot Ankle Surg.* 2005; 44:358-64.
21. Besse JL. Metatarsalgia. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2017; 103(1 Suppl):29-39.
22. Bhutta MA, Chauhan D, Zubairy AI, Barrie J. Second metatarsophalangeal joint instability and second metatarsal length association depends on the method of measurement. *Foot ankle Int.* 2010; 31:486-91.
23. Bia A, Guerra-Pinto F, Pereira BS, Corte-Real N, Oliva XM. Percutaneous osteotomies in hallux valgus: a systematic review. *J Foot Ankle Surg.* 2018; 57:123-30.
24. Birtane M, Tuna H. The evaluation of plantar pressure distribution in obese and non-obese adults. *Clin Biomech.* 2004; 19:1055-9.
25. Biz C, Corradin M, Kuete Kanah WT, Dalmau-Pastor M, Zornetta A, Volpin A, Ruggieri P. Medium-long-term clinical and radiographic outcomes of minimally invasive distal metatarsal metaphyseal osteotomy (DMMO) for central primary metatarsalgia: do Maestro criteria have a predictive value in the preoperative planning for this percutaneous technique? *Biomed Res Int.* 2018; 2018:1947024.
26. Bojsen-Moller F, Flagstade KE. Plantar aponeurosis and internal architecture of the ball of the foot. *J Anat* 1976; 121:599–611.
27. Bossley CJ, Cairney PC. The intermetatarsophalangeal bursa—its significance in Morton's metatarsalgia. *J Bone Joint Surg* 1980; 62:184–7.
28. Botezatu I, Marinescu R, Laptoiu D. Minimally invasive-percutaneous surgery - recent developments of the foot surgery techniques. *J Med Life.* 2015; 8(Spec Issue):87-93.
29. Bouché RT, Heit EJ. Combined plantar plate and hammertoe repair with flexor digitorum longus tendon transfer for chronic, severe sagittal plane instability of the lesser metatarsophalangeal joints: preliminary observations. *J Foot Ankle Surg.* 2008; 47:125-137.
30. Boutry N, Morel M, Flipo RM, Demondion X, Cotton A. Early rheumatoid arthritis: a review of MRI and sonographic findings. *AJR* 2007; 189:1502–9.
31. Broch NL, Wyller T, Steen H. Effects of heel height and shoe shape on the compressive load between foot and base: a graphic analysis of principle. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2004; 94:461-9.
32. Bronner J, Mainard D, Kromer V, Delagoutte JP. L'ostéotomie métatarsienne de Weil: étude

- mathématique par un code de calcul sur éléments finis. *Med. Chir. Pied.* 1996; 12:159-61.
33. Bruijn SM, van Dieën JH, Meijer OG, Beek PJ. Is slow walking more stable? *J Biomechanics.* 2009; 42:1506-12.
 34. Brukner P, Bradshaw C, Khan K, White S, Crossley K. Stress fractures: a review of 180 cases. *Clin J Sports Med.* 1996; 6:85-9.
 35. Bryant A, Tinley P, Singer K. Normal values of plantar pressure measurements determined using the EMED-SF system. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2000; 90:295-9.
 36. Buciuo R. Prospective randomized study of chevron osteotomy versus Mitchell's osteotomy in hallux valgus. *Foot Ankle Int.* 2014; 35:1268-76.
 37. Burutarán JM. Hallux valgus y acortamiento anatómico del primer metatarsiano. Comunicación en las III Jornadas de la Asociación Española de Medicina y Cirugía del Pie (Podología). León, 1973.
 38. Caravelli S, Mosca M, Massimi S, Costa GG, Lo Presti M, Fuiano M, Grassi A, Zaffagnini S. Percutaneous treatment of hallux valgus: What's the evidence? A systematic review. *Musculoskelet Surg.* 2018; 102:111-7.
 39. Carvalho P, Viana G, Flora M, Emanuel P, Diniz P. Percutaneous hallux valgus treatment: Unilaterally or bilaterally. *Foot Ankle Surg.* 2016; 22:248-53.
 40. Cashmere T, Smith R, Hunt A. Medial longitudinal arch of the foot: stationary versus walking measures. *Foot Ankle Int.* 1999; 20:112-8.
 41. Cavanagh PR, Ulbrecht JS, Caputo GM. Dorsiflexion metatarsal osteotomy for treatment of recalcitrant diabetic neuropathic ulcers. *Foot Ankle Int.* 2000; 21:157-8.
 42. Cavanagh PR. Plantar soft tissue thickness during ground contact in walking. *J Biomech.* 1999; 32:623-8.
 43. Cazzato RL, Garnon J, Ramamurthy N, Tsoumakidou G, Caudrelier J, Thenint MA, Rao P, Koch G, Gangi A. Percutaneous MR-Guided cryoablation of Morton's Neuroma: rationale and technical details after the first 20 patients. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2016; 39:1521-4.
 44. Cervi S, Fioruzzi A, Bisogno L, Fioruzzi C. Percutaneous surgery of hallux valgus: risks and limitation in our experience. *Acta Biomed.* 2014; 85(Suppl 2):107-12.
 45. Chang B-C, Wang J-Y, Huang B-S, Lin H-Y, Lee WCC. Dynamic impression insole in rheumatoid foot with metatarsal pain. *Clin Biomech.* 2012; 27:196-201.
 46. Chen SJ, Cheng YM, Lin SY, Chen CH, Huang HT, Huang PJ. Modified Mitchell osteotomy alone does not have higher rate of residual metatarsalgia than combined first and lesser metatarsal osteotomy. *Kaohsiung J Med Sci.* 2015; 31:203-7.
 47. Choi JY, Lee JM, Suh JS. Shortening proximal chevron metatarsal osteotomy for patients with a hallux valgus deformity with advanced arthritis. *J Foot Ankle Surg.* 2019; 58:368-73.

48. Chowdhary A, Drittenbass L, Stern R, Assal M. Technique tip: Simultaneous first metatarsal lengthening and metatarsophalangeal joint fusion for failed hallux valgus surgery with transfer metatarsalgia. *Foot Ankle Surg.* 2017; 23:8-11.
49. Coughlin MJ, Baumfeld DS, Nery C. Second MTP joint instability: grading of the deformity and description of surgical repair of capsular insufficiency. *Phys Sportsmed.* 2011; 39:132-41.
50. Coughlin MJ, Schutt SA, Hirose CB, Kennedy MJ, Grebing BR, Smith BW, Cooper MT, Golanó P, Viladot R, Alvarez F. Metatarsophalangeal joint pathology in crossover second toe deformity: a cadaveric study. *Foot ankle Int.* 2012; 33:133-40.
51. Coughlin MJ. Common causes of pain in the forefoot in adults. *J Bone Joint Surg (Br)* 2000; 82-B:781–90.
52. Jex CT, Wan CJ, Rundell S, Haut RC, MacDonald B, Wertheimer SJ. Analysis of three types of fixation of the Weil osteotomy. *J Foot Ankle Surg.* 2006; 45:13-9.
53. Crespo Romero E, Arcas Ordoño A, Peñuela Candel R, Gómez Gómez S, Arias Arias A, Gálvez González J, Crespo Romero R. Percutaneous Hallux Valgus Surgery Without Distal Metatarsal Articular Angle Correction. *Foot Ankle Spec.* 2017; 10:502-8.
54. Darcel V, Villet L, Chauveaux D, Laffenêtre O. Prise en charge des métatarsalgies statiques par ostéotomies distales percutanées: suivi prospectif de 222 pieds. En: Besse JL, Leemrijse Th, Maestro M (eds). *Monographie AFCP n° 5. Journées de Spécialités – SOFCOT 2009.* Montpellier: Sauramps medical; 2009. P. 229-42
55. Davies MS, Saxby TS. Metatarsal neck osteotomy with rigid internal fixation for the treatment of lesser toe metatarsophalangeal joint pathology. *Foot Ankle Int.* 1999; 20:630-5.
56. Dawson J, Thorogood M, Marks SA, Juszcak E, Dodd C, Lavis G, Fitzpatrick R. The prevalence of foot problems in older women: a cause for concern. *J Public Health Med.* 2002; 24:77-84.
57. De Dea M, L Loizou C, Allen GM, Wilson DJ, Athanasou N, Uchihara Y, Cooke P, Cosker T. Talonavicular ligament: prevalence of injury in ankle sprains, histological analysis and hypothesis of its biomechanical function. *Br J Radiol.* 2017; 90:20160816.
58. de Lateur BJ, Giaconi RM, Questad K, Ko M, Lehmann JF. Footwear and posture. Compensatory strategies for heel height. *Am J Phys Med Rehabil.* 1991; 70:246-54.
59. de Palma L, Gigante A, Ventura A, Chillemi C. Regnaud procedure in the surgical treatment of metatarsalgia: interpretation of follow-up X-ray imaging. *J Foot Ankle Surg.* 1997; 36:165-9;
60. De Prado M, Cuevas-Mons M, Golanó P, Vaquero J. Distal metatarsal minimal invasive osteotomy (DMMO) for the treatment of metatarsalgia. *Techniq Foot Ankle Surg.* 2016; 15:12-8.
61. De Prado M, Ripoll P, Golanó P. Minimally invasive foot surgery: surgical techniques, indications, anatomical basis. Barcelona: Health Publishers; 2009.

62. De Prado M. Complications in minimally invasive foot surgery. *FuB Sprunggelenk*. 2013; 11:83-94.
63. De Prado M. Minimally Invasive Foot Surgery: A Paradigm Shift. En: Maffulli N (ed). *Minimally Invasive Surgery of the Foot and Ankle*. London: Springer, 2011; pp:3-11.
64. Del Vecchio JJ, Ghioldi ME. Evolution of minimally invasive surgery in hallux valgus. *Foot Ankle Clin*. 2020; 25:79-95.
65. Deland JT, Lee KT, Sobel M, Di Carlo EF. Anatomy of the plantar plate and its attachments in the lesser metatarsal phalangeal joint. *Foot Ankle Int* 1995; 16:480-6.
66. Deleu PA, Pod H, Leemrijse T, Birch I, Vande Berg B, Bevernage BD. Reliability of the Maestro radiographic measuring tool. *Foot Ankle Int*. 2010; 31:884-91.
67. Derner R, Meyr AJ. Complications and salvage of elective central metatarsal osteotomies. *Clin Podiatr Med Surg*. 2009; 26:23-35.
68. Deshaies A, Roy P, Symeonidis PD, LaRue B, Murphy N, Anctil E. Metatarsal bars more effective than metatarsal pads in reducing impulse on the second metatarsal head. *Foot (Edinb)*. 2011; 21:172-5.
69. Devos Bevernage B, Deleu PA, Leemrijse T. The translating Weil osteotomy in the treatment of an overriding second toe: a report of 25 cases. *Foot Ankle Surg*. 2010; 16:153-8.
70. Devos Bevernage B, Leemrijse T. Predictive value of radiographic measurements compared to clinical examination. *Foot Ankle Int*. 2008; 29:142-9.
71. Dhinsa BS, Bowman N, Morar Y, Chettiar K, Wiffen L, Armitage A, Skyrme A. The use of collagen injections in the treatment of metatarsalgia: a case report. *J Foot Ankle Surg*. 2010; 49:5-7.
72. Dhukaram V, Chapman AP, Upadhyay PK. Minimally invasive forefoot surgery: a cadaveric study. *Foot Ankle Int*. 2012; 33:1139-44.
73. Di Giorgio L, Sodano L, Touloupakis G, De Meo D, Marcellini L. Reverdin-Isham osteotomy versus Endolog system for correction of moderate hallux valgus deformity: a Randomized Controlled Trial. *Clin Ter*. 2016; 167:150-4.
74. Díaz Fernández R. Percutaneous triple and double osteotomies for the treatment of hallux valgus. *Foot Ankle Int*. 2017; 38:159-66.
75. Díaz Fernández R. Use of a percutaneous osteotomy with plate fixation in hallux valgus correction. *Foot Ankle Surg*. 2019; 25:106-12.
76. Dietze A, Bahlke U, Martin H, Mittlmeier T. First ray instability in hallux valgus deformity: a radiokinematic and pedobarographic analysis. *Foot Ankle Int*. 2013; 34:124-30.
77. Diligent J, Diebold P-F. Metatarsalgias estáticas. *EMC - Podol*. 2014; 16:1-13.
78. DiPreta JA. Metatarsalgia, lesser toe deformities, and associated disorders of the forefoot. *Med Clin North Am*. 2014; 98:233-51.

79. Dockery GL. Evaluation of treatment of metatarsalgia and keratic disorders. En: MS Myerson (ed). Foot and ankle disorders. Philadelphia: Saunders Co.; 2000. P. 359-77.
80. Dreeben S, Mann RA. Advanced hallux valgus deformity: long-term results utilizing the distal soft tissue procedure and proximal metatarsal osteotomy. *Foot Ankle Int.* 1996; 17:142-4.
81. Dreeben, SM; Noble, PC; Hammerman, S; Bishop, JO; Tullos, HS: Metatarsal osteotomy for primary metatarsalgia: radiographic and pedobarographic study. *Foot Ankle.* 1989; 9:214-8.
82. Dungal P, Podskubka A. [Short term experience with the modified Mitchell's (chevron) osteotomy for hallux valgus] [Abstract]. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 1982; 49:422-6.
83. Dutton M. Orthopaedic. Examination, evaluation and intervention. McGraw-Hill, 2004.
84. Enan A, Abo-Hegy M, Seif H. Early results of distal metatarsal osteotomy through minimally invasive approach for mild-to-moderate hallux valgus. *Acta Orthop Belg.* 2010; 76:526-35.
85. Espinosa N, Brodsky JW, Maceira E. Metatarsalgia. *J Am Acad Orthop Surg.* 2010; 18:474-485.
86. Espinosa N, Maceira E, Myerson MS. Current concept review: metatarsalgia. *Foot ankle Int.* 2008; 29:871-9.
87. Fadel GE, Rowley DI. Metatarsalgia. *Curr Orthop.* 2002; 16:193-204.
88. Faour-Martín O, Martín-Ferrero MA, Valverde García JA, Vega-Castrillo A, de la Red-Gallego MA. Long-term results of the retrocapital metatarsal percutaneous osteotomy for hallux valgus. *Int Orthop.* 2013; 37:1799-803.
89. Feibel JB, Tisdell CL, Donley BG. Lesser metatarsal osteotomies. A biomechanical approach to metatarsalgia. *Foot Ankle Clin.* 2001; 6:473-89.
90. Feng SM, Wang AG, Ding P, Zhang ZY, Zhou MM, Li CK, Sun QQ. [Modified Chevron osteotomy combined distal soft tissue reconstruction to treat high-grade bunionette deformity]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* 2016; 96:2234-7.
91. Fernandes E de A, Mann TS, Puchnick A, de Freitas Tertulino F, Testoni Cannato C, Nery C, da Rocha Correa Fernandes A. Can ultrasound of plantar plate have normal appearance with a positive drawer test? *Eur J Radiol.* 2015; 84:443-9.
92. Ferrao PN, Saragas NP. Rotational and opening wedge basal osteotomies. *Foot Ankle Clin.* 2014; 19:203-21.
93. Feuerstein CA, Weil L, Weil LS, Klein EE, Fleischer A, Argerakis NG. Static Versus Dynamic Musculoskeletal Ultrasound for Detection of Plantar Plate Pathology. *Foot Ankle Spec.* 2014; 7:259-65.
94. Filippi J, Briceno J. Complications after metatarsal osteotomies for hallux valgus: malunion, nonunion, avascular necrosis, and metatarsophalangeal osteoarthritis. *Foot Ankle Clin.* 2020; 25:169-82.
95. Ford LA, Collins KB, Christensen JC. Stabilization of the subluxed second metatarsophalangeal joint: flexor tendon transfer versus primary repair of the plantar plate. *J Foot Ankle Surg* 1998;

- 37:217-22.
96. Forriol F, Pascual JA. Morfología de la huella plantar desde los tres años hasta la finalización del crecimiento. *Rehabilitación* 1990; 24: 153-7
 97. Forriol F, Vaquero J, Gómez Pellico L. Estudio cinético de la marcha con bloqueo articular de la rodilla. *Rehabilitación* 1991; 25:13-6
 98. Fraissler L, Konrads C, Hoberg M, Rudert M, Walcher M. Treatment of hallux valgus deformity. *EFORT Open Rev.* 2016; 1:295-302.
 99. Frigg A, Zaugg S, Maquieira G, Pellegrino A. Stiffness and Range of Motion After Minimally Invasive Chevron-Akin and Open Scarf-Akin Procedures. *Foot Ankle Int.* 2019; 40:515-25.
 100. Fuentes Sanz A, López – Oliva F, Forriol F. Valoración pedobarográfica de 17 pacientes intervenidos con artrodesis de tobillo. *Rev esp Cir Ortop Traumatol.* 2010; 54:345-50.
 101. Fuentes-Sanz A, Moya-Angeler J, López-Oliva F, Forriol F. Clinical outcome and gait analysis of ankle arthrodesis. *Foot Ankle Int.* 2012; 33:819-27
 102. Gądek A, Liszka H. Mini-invasive Mitchell-Kramer method in the operative treatment of hallux valgus deformity. *Foot Ankle Int.* 2013; 34:865-9.
 103. Garceau GJ, Brahms MA. A preliminary study of selective plantar-muscle denervation of pes cavus. *J Bone Joint Surg (Am)* 1956; 38-A:553–62.
 104. Garcia-Aznar JM, Bayod J, Rosas A, Larrainzar R, Garcia-Bógalo R, Doblaré M, Llanos LF. Load transfer mechanism for different metatarsal geometries: a finite element study. *J Biomech Eng* 2009; 131:021011.
 105. Garg R, Thordarson DB, Schrupf M, Castaneda D. Sliding oblique versus segmental resection osteotomies for lesser metatarsophalangeal joint pathology. *Foot Ankle Int.* 2008; 29:1009-14.
 106. Gefen A. Why is the heel particularly vulnerable to pressure ulcers? *Br J Nurs.* 2017; 26(Sup20):62-74.
 107. Geng X, Huang D, Wang X, Zhang C, Huang J, Ma X, Chen L, Wang C, Yang J, Wang H. Loading pattern of postoperative hallux valgus feet with and without transfer metatarsalgia: a case control study. *J Orthop Surg Res.* 2017; 12:120.
 108. Geng X, Shi J, Chen W, Ma X, Wang X, Zhang C, Chen L. Impact of first metatarsal shortening on forefoot loading pattern: a finite element model study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2019; 20:625.
 109. Giannestras NJ. *Trastornos Del Pie.* Salvat Edi.; 1979.
 110. Ginés-Cespedosa A, Alentorn-Geli E, Sanchez JF, Leal-Blanquet J, Rigol P, Puig L, de Zabala S. Influence of common associated forefoot disorders on preoperative quality of life in patients with hallux valgus. *Foot Ankle Int.* 2013; 34:1634-7.
 111. Goldberg A, Singh D. Treatment of shortening following hallux valgus surgery. *Foot Ankle Clin.* 2014; 19:309-16.

112. Gómez Pellico L, Forriol F, Dankloff C. Estudio cinético de la marcha normal. *Rev Ortop Traumatol.* 1990; 34 IB: 699-703
113. Grassi W, Filippucci E, Busilacchi P. Musculoskeletal ultrasound. *Clin Rheumatol* 2004; 18:813–26.
114. Grassi W, Filippucci E, Farina A, Cervini C. Sonographic imaging of tendons. *Arthritis Rheum* 2000; 43:969–76.
115. Gregg J, Marks P, Silberstein M, Schneider T, Kerr J. Histologic anatomy of the lesser metatarsophalangeal joint plantar plate. *Surg Radiol Anat.* 2007; 29:141–7.
116. Gregg J, Marks P. Metatarsalgia: an ultrasound perspective. *Australas Radiol.* 2007; 51:493-9.
117. Greisberg J, Prince D, Sperber L. First ray mobility increase in patients with metatarsalgia. *Foot Ankle Int.* 2010; 31:954-8.
118. Greisberg J, Sperber L, Prince DE. Mobility of the first ray in various foot disorders. *Foot ankle Int.* 2012; 33:44-9.
119. Guler O, Yilmaz B, Mutlu S, Cerci MH, Heybeli N. Distal oblique metatarsal osteotomy for hallux valgus deformity: A clinical analysis. *J Foot Ankle Surg.* 2017; 56:497-504.
120. Guo J, Qin S, Zhang F, Dong W, Hou Z, Zhang Y. The plantarward oblique Chevron osteotomy: an optional method to treat hallux valgus with painful plantar callosities. *Sci Rep.* 2019; 9:17364.
121. Haque S, Kakwani R, Chadwick C, Davies MB, Blundell CM. Outcome of Minimally Invasive Distal Metatarsal Metaphyseal Osteotomy (DMMO) for Lesser Toe Metatarsalgia. *Foot Ankle Int.* 2016; 37:58-63.
122. Hardy RH, Clapham JC. Hallux valgus; predisposing anatomical causes. *Lancet.* 1952; 1:1180-3.
123. Hardy RH, Clapham JC. Observations on hallux valgus; based on a controlled series. *J Bone Joint Surg (Br).* 1951; 33-B:376-91.
124. Hayafune N, Hayafune Y, Jacob HAC. Pressure and force distribution characteristics under the normal foot during the push-off phase in gait. *Foot.* 1999; 9:88-92.
125. Helal B, Greiss M. Telescoping osteotomy for pressure metatarsalgia. *J. Bone Joint Surg (Br).* 1984; 66-B:213-7.
126. Helix-Giordanino M, Randier E, Frey S, Piclet B. French association of foot surgery (AFCP). Treatment of Freiberg's disease by Gauthier's dorsal cuneiform osteotomy: Retrospective study of 30 cases. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2015; 101(6 Suppl):221-5.
127. Henry J, Besse JL, Fessy MH. Distal osteotomy of the lateral metatarsals: a series of 72 cases comparing the Weil osteotomy and the DMMO percutaneous osteotomy. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2011; 97(6 Suppl):S57-65.
128. Hernández-Martínez JC, Vázquez-Escamilla J, Coronado-Puente M. Evolución a corto tiempo de la osteotomía de Weil en las metatarsalgias propulsivas. *Acta Ortop Mex.* 2017; 31:48-52.

129. Herrera-Perez M, De Prado-Serrano M, Gutiérrez-Morales MJ, Boluda-Mengod J, Pais-Brito JL. Increased rates of delayed union after percutaneous Akin osteotomy. *Foot Ankle Surg.* 2018; 24:411-6.
130. Highlander P, VonHerbulis E, Gonzalez A, Britt J, Buchman J. Complications of the Weil osteotomy. *Foot Ankle Spec.* 2011; 4:165-70.
131. Hofmann UK, Götze M, Wiesenreiter K, Müller O, Wünschel M, Mittag F. Transfer of plantar pressure from the medial to the central forefoot in patients with hallux valgus. *BMC Musculoskelet Disord.* 2019; 20:149.
132. Hofstaetter SG, Hofstaetter JG, Petroutsas JA, Gruber F, Ritschl P, Trnka H-J. The Weil osteotomy: a seven-year follow-up. *J. Bone Joint Surg (Br).* 2005; 87-B:1507-11.
133. Hong WH, Lee YH, Chen HC, Pei YC, Wu CY. Influence of heel height and shoe insert on comfort perception and biomechanical performance of young female adults during walking. *Foot Ankle Int.* 2005; 26:1042-8.
134. Hsi W-L, Kang J-H, Lee X-X. Optimum position of metatarsal pad in metatarsalgia for pressure relief. *Am J Phys Med Rehabil.* 2005; 84:514-20.
135. Hsu CC, Tsai WC, Wang CL, Pao SH, Shau YW, Chuan YS. Microchambers and macrochambers in heel pads: are they functionally different? *J Appl Physiol.* 2007; 102:2227-31.
136. Hsu TC, Wang CL, Tsai WC, Kuo JK, Tang FT. Comparison of the mechanical properties of the heel pad between young and elderly adults. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998; 79:1101-4.
137. Huang SH, Cheng YM, Chen CH, Huang PJ. Modified Mitchell osteotomy with screw fixation for correction of hallux valgus. *Foot Ankle Int.* 2012; 33:1098-102.
138. Hughes J, Clark P, Linge K, Klenerman L. A comparison of two studies of the pressure distribution under the feet of normal subjects using different equipment. *Foot Ankle Int.* 1993; 14:514-9.
139. Hutton WC, Dhanendran M. The mechanics of normal and hallux valgus feet--a quantitative study. *Clin Orthop Relat Res.* 1981; 157:7-13.
140. Inman VT, Ralston HJ, Todd F. *Human walking.* Baltimore: Williams&Wilkins, 1981
141. Ionoggu A, Coari G, Palombi G, Valesini G. Sonography in the study of metatarsalgia. *J Rheumatol.* 2001; 28: 1338-40.
142. Isham SA. The Reverdin-Isham procedure for the correction of hallux abducto valgus. A distal metatarsal osteotomy procedure. *Clin Podiatr Med Surg.* 1991; 8:81-94.
143. Iwamoto J, Takeda T. Stress fractures in athletes: a review of 196 cases. *J Orthop Sci* 2003; 8:273-8.
144. Jahss MH. Fractures and dislocations of the forefoot. En: *Radiology*, vol. 5. Sydney: JB Lippincott Company; 1986. p. 1-6.
145. Jarde O, Hussenot D, Vimont E, Barouk LS, Ferre B, Raad GA. Weil's cervicocapital osteotomy

- for median metatarsalgia. Report of 70 cases. *Acta Orthop Belg.* 2001; 67:139-48.
146. Johansen JK, Jordan M, Thomas M. Clinical and radiological outcomes after Weil osteotomy compared to distal metatarsal metaphyseal osteotomy in the treatment of metatarsalgia-A prospective study. *Foot Ankle Surg.* 2019; 25:488-94.
147. Kaipel M, Krapf D, Wyss C. Metatarsal length does not correlate with maximal peak pressure and maximal force. *Clin Orthop Relat Res.* 2011; 469:1161-6.
148. Kalender AM, Uslu M, Bakan B, Ozkan F, Erturk C, Altay MA, Guner S, Kalender M. Mitchell's osteotomy with mini-plate and screw fixation for hallux valgus. *Foot Ankle Int.* 2013; 34:238-43.
149. Kanatli U, Yetkin H, Bolukbasi S. Evaluation of the transverse metatarsal arch of the foot with gait analysis. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2003; 123:148-50.
150. Kang JH, Chen MD, Chen SC, Hsi WL. Correlations between subjective treatment responses and plantar pressure parameters of metatarsal pad treatment in metatarsalgia patients: a prospective study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2006; 7:95.
151. Kapandji IA. Cuadernos de fisiología articular. Miembro inferior. Barcelona: Toray-Masson, 1980.
152. Karpe P, Killen MC, Pollock RD, Limaye R. Shortening Scarf osteotomy for correction of severe hallux valgus. Does shortening affect the outcome? *Foot (Edinb).* 2016; 29:45-9.
153. Kaufmann G, Dammerer D, Heyenbrock F, Braitto M, Moertlbauer L, Liebensteiner M. Minimally invasive versus open chevron osteotomy for hallux valgus correction: a randomized controlled trial. *Int Orthop.* 2019; 43:343-50.
154. Kaufmann G, Handle M, Liebensteiner M, Braitto M, Dammerer D. Percutaneous minimally invasive Akin osteotomy in hallux valgus interphalangeus: a case series. *Int Orthop.* 2018; 42:117-24.
155. Kaz AJ, Coughlin MJ. Crossover second toe: demographics, etiology, and radiographic assessment. *Foot ankle Int.* 2007; 28:1223-37.
156. Kelikian AS, Sarrafian SH. Sarrafian's anatomy of the foot and ankle: descriptive, topographic, functional. Baltimore: Lipincott Williams&Wilkins, 2011.
157. Khalafi A, Landsman AS, Lautenschlager EP, Kelikian AS. Plantar forefoot pressure changes after second metatarsal neck osteotomy. *Foot Ankle Int.* 2005; 26:550-5.
158. Khosroabadi A, Lamm BM. Modified percutaneous hallux abductovalgus correction. *J Foot Ankle Surg.* 2016; 55:1336-42.
159. Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS, Sanders M. Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. *Foot Ankle Int.* 1994; 15:349-53.
160. Klein EE, Weil L Jr, Weil LS Sr, Bowen M, Fleischer AE. Positive drawer test combined with radiographic deviation of the third metatarsophalangeal joint suggests high grade tear of the second metatarsophalangeal joint plantar plate. *Foot Ankle Spec.* 2014; 7:466-70.

161. Klein EE, Weil L, Weil LS, Knight J. Magnetic resonance imaging versus musculoskeletal ultrasound for identification and localization of plantar plate tears. *Foot Ankle Spec.* 2012; 5:359-65.
162. Ko P-H, Hsiao T-Y, Kang J-H, Wang T-G, Shau Y-W, Wang C-L. Relationship between plantar pressure and soft tissue strain under metatarsal heads with different heel heights. *Foot ankle Int.* 2009; 30:1111-6.
163. Koenraadt KLM, Stolwijk NM, van den Wildenberg D, Duysens J, Keijsers NLW. Effect of a metatarsal pad on the forefoot during gait. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2012; 102:18-24.
164. Koski JM. Detection of plantar tenosynovitis of the forefoot by ultrasound in patients with early arthritis. *Scand J Rheumatol.* 1995; 24:312-3.
165. Koski JM. Ultrasound detection of plantar bursitis of the forefoot in patients with early rheumatoid arthritis. *J Rheumatol.* 1998; 25:229-31.
166. Krishnaprasad PR, Lucar-Lopez G, Guevara-Noriega KA, Lakshmisha Rao Y, Murlimanju BV, Ballal A, et al. Propulsive metatarsalgia: a comparative study of Maceira's osteotomy with and without fixation. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal.* 2022; 12:24-34.
167. Kunze B, Wülker N. Problemfälle bei metatarsalgie. *Orthopäde* 2011; 40:399-406.
168. Kurashige T, Suzuki S. Effectiveness of percutaneous proximal closing wedge osteotomy with akin osteotomy to correct severe hallux valgus determined by radiographic parameters. *Foot Ankle Spec.* 2017; 10:170-9.
169. Lai MC, Rikhray IS, Woo YL, Yeo W, Ng YCS, Koo K. Clinical and radiological outcomes comparing percutaneous chevron-Akin osteotomies vs. open scarf-Akin osteotomies for hallux valgus. *Foot Ankle Int.* 2018; 39:311-7.
170. Lam P, Lee M, Xing J, Di Nallo M. Percutaneous surgery for mild to moderate hallux valgus. *Foot Ankle Clin.* 2016; 21:459-77.
171. Lambers Heerspink FO, Verburg H, Reininga IH, van Raaij TM. Chevron versus Mitchell osteotomy in hallux valgus surgery: a comparative study. *J Foot Ankle Surg.* 2015; 54:361-4.
172. Lapidus PW. The operative correction of the metatarsus varus primus in hallux valgus. *Surg Gynecol Obstet.* 1934; 58:183-91.
173. Lau JT, Stamatis ED, Parks BG, Schon LC. Modifications of the Weil osteotomy have no effect on plantar pressure. *Clin Orthop Relat Res.* 2004; 421:194-8.
174. Lee KT, Park YU, Jegal H, Lee TH. Deceptions in hallux valgus: what to look for to limit failures. *Foot Ankle Clin.* 2014; 19:361-70.
175. Lee PY, Landorf KB, Bonanno DR, Menz HB. Comparison of the pressure-relieving properties of various types of forefoot pads in older people with forefoot pain. *J Foot Ankle Res.* 2014; 7:18.

176. Leemrijse T, Valtin B, Besse JL. [Hallux valgus surgery in 2005. Conventional, mini-invasive or percutaneous surgery? Uni- or bilateral? Hospitalisation or one-day surgery?]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 2008; 94:111-27.
177. Lelievre J. *Patología del pie.* Barcelona: Masson SA; 1987.
178. Lenz CG, Niehaus R, Knych I, Eid K, Borbas P. Scarf osteotomy for hallux valgus deformity: Radiological outcome, metatarsal length and early complications in 118 feet. *Foot Ankle Surg.* 2020.
179. Leventen EO, Pearson SW. Distal metatarsal osteotomy for intractable plantar keratoses. *Foot Ankle.* 1990; 10:247-51.
180. Li J, Xie M, Kan WS, Li K, Fang ZH, Huang RK, Zhao JJ. [Clinical investigation of the minimal invasive osteotomy for the treatment of hallux valgus combined with tailor's bunion]. *Zhongguo Gu Shang.* 2011; 24:648-51.
181. Liuni FM, Berni L, Fontanarosa A, Cepparulo R, Guardoli A, Pellegrini A, Bianchi A, Guardoli A. Hallux valgus correction with a new percutaneous distal osteotomy: Surgical technique and medium term outcomes. *Foot Ankle Surg.* 2020; 26:39-46.
182. Lopez-Vigil M, Suarez-Garnacho S, Martín V, Naranjo-Ruiz C, Rodriguez C. Evaluation of results after distal metatarsal osteotomy by minimal invasive surgery for the treatment of metatarsalgia: patient and anatomical pieces study. *J Orthop Surg Res.* 2019; 14:121.
183. Lott DJ, Hastings MK, Commean PK, Smith KE, Mueller MJ. Effect of footwear and orthotic devices on stress reduction and soft tissue strain of the neuropathic foot. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2007; 22:352-9.
184. Loya K, Guimet M, Rockett MS. Proximal shortening lesser metatarsal osteotomy: a mathematical-geometric basis. *J Foot Ankle Surg.* 2000; 39:104-13.
185. Lucas P, Kaplan P, Dussalt R, Hurwitz S. MRI of the foot and ankle. *Curr Probl Diagn Radiol* 1997; 26:209-66.
186. Lucas y Hernandez J, Golanó P, Roshan-Zamir S, Darcel V, Chauveaux D, Laffenêtre O. Treatment of moderate hallux valgus by percutaneous, extra-articular reverse-L Chevron (PERC) osteotomy. *Bone Joint J.* 2016; 98-B:365-73.
187. Lucattelli G, Catani O, Sergio F, Cipollaro L, Maffulli N. Preliminary experience with a minimally invasive technique for hallux valgus correction with no fixation. *Foot Ankle Int.* 2020; 41:37-43.
188. Lui TH. Percutaneous dorsal closing wedge osteotomy of the metatarsal neck in management of metatarsalgia. *Foot (Edinb).* 2014; 24:180-5.
189. Maceira E, Monteagudo M. Transfer metatarsalgia post hallux valgus surgery. *Foot Ankle Clin.* 2014; 19:285-307.
190. Maceira E. Aproximación al estudio del paciente con metatarsalgia. *Revista Pie y Tobillo.* 2003; XVII:14-29.

191. Maestro M, Besse JL, Ragusa M, Berthonnaud E. Forefoot morphotype study and planning method for forefoot osteotomy. *Foot Ankle Clin.* 2003; 8:695-710.
192. Maffulli N, Longo UG, Marinozzi A, Denaro V. Hallux valgus: effectiveness and safety of minimally invasive surgery. A systematic review. *Br Med Bull.* 2011; 97:149-67.
193. Maffulli N, Longo UG, Oliva F, Denaro V, Coppola C. Bosch osteotomy and scarf osteotomy for hallux valgus correction. *Orthop Clin North Am.* 2009; 40:515-24.
194. Maffulli N, Loppini M, Denaro V. Role of percutaneous distal metatarsal osteotomy for the management of hallux valgus deformity. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2013; 133:1181-2.
195. Magnan B, Bonetti I, Negri S, Maluta T, Dall'Oca C, Samaila E. Percutaneous distal osteotomy of lesser metatarsals (DMMO) for treatment of metatarsalgia with metatarsophalangeal instability. *Foot Ankle Surg.* 2018; 24:400-5.
196. Malagelada F, Sahirad C, Dalmau-Pastor M, Vega J, Bhumbra R, Manzanares-Céspedes MC, Laffenêtre O. Minimally invasive surgery for hallux valgus: a systematic review of current surgical techniques. *Int Orthop.* 2019; 43:625-37.
197. Mann RA, Coughlin MJ. Hallux valgus--etiology, anatomy, treatment and surgical considerations. *Clin Orthop Relat Res.* 1981; 157:31-41.
198. Mann RA, Coughlin MJ. Lesser toe deformities. In *American academy of orthopaedic surgeons Instructional Course Lectures. J Bone Joint Surg (Am).* 1987; 36-A:137-59.
199. Mann RA, Mizel MS. Monarticular nontraumatic synovitis of the metatarsophalangeal joint: a new diagnosis? *Foot Ankle.* 1985; 6:18-21.
200. Mann RA, Chou LB. Surgical treatment for intractable metatarsalgia. *Foot Ankle Int.* 1995; 16:332-7.
201. Männikkö K, Sahlman J. The effect of metatarsal padding on pain and functional ability in metatarsalgia. *Scand J Surg.* 2017; 106:332-7.
202. Marcelis S, Daenen B, Ferrara MA. *Peripheral musculoskeletal ultrasound atlas.* 1st edition. New York: Thieme Medical Publishers, Inc.; 1996. p. 11-57.
203. Martin BF. Observations on the muscles and tendons of the medial aspect of the sole of the foot. *J Anat.* 1964; 98:437-53.
204. Martin MG, Masear MG. Triggering of the lesser toes at a previously undescribed distal pulley system. *Foot Ankle Int.* 1998; 19:113-7.
205. Martínez-Nova A, Sánchez-Rodríguez R, Pérez-Soriano P, Llana-Belloch S, Leal-Muro A, Pedrera-Zamorano JD. Plantar pressures determinants in mild Hallux Valgus. *Gait Posture.* 2010; 32:425-7.
206. Martínez Nova A. Cadence, age, and weight as determinants of forefoot plantar pressures using the Biofoot in-shoe system. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2008; 98:302-10.

207. Martínez-Ayora A, Cuervas-Mons Cantón M, Benjumea-Carrasco A, Arnal-Burró J, Sobrón-Caminero FB, Vaquero J. Tips, quips and pearls: Ultrasound-guided distal metatarsal minimal invasive osteotomy (US-DMMO). *Foot Ankle Surg.* 2020.
208. Masala S, Cuzzolino A, Morini M, Raguso M, Fiori R. Ultrasound-guided percutaneous radiofrequency for the treatment of Morton's neuroma. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2018; 41:137-44.
209. Matsubara K, Matsushita T, Tashiro Y, Tasaka S, Sonoda T, Nakayama Y, Yokota Y, Suzuki Y, Kawagoe M, Aoyama T. Repeatability and agreement of ultrasonography with computed tomography for evaluating forefoot structure in the coronal plane. *J Foot Ankle Res.* 2017; 10:17.
210. McBryde A. Stress fractures in runners. *Clin Sports Med.* 1985; 4:737-52.
211. McGann M, Langan TM, Brandão RA, Berlet G, Prissel M. Structures at risk during percutaneous extra-articular chevron osteotomy of the distal first metatarsal. *Foot Ankle Spec.* 2019.
212. McLauchlan PT, Abboud RJ, Rowley DI, Rendall G. Use of an in-shoe pressure system to investigate the effect of two clinical treatment methods for metatarsalgia. *Foot.* 1994; 4:204-8.
213. Mehdi Nasab SA, Sarrafan N, Fakoore M, Mohammadzadeh M. Comparison of Volar and Dorsal approaches for surgical treatment in fracture of proximal half of the radius. *Pak J Med Sci.* 2013; 29:532-5.
214. Melamed EA, Schon LC, Myerson MS, Parks BG. Two modifications of the Weil osteotomy: analysis on sawbone models. *Foot Ankle.* 2002; 23:400-5.
215. Mendicino RW, Statler TK, Saltrick KR, Catanzariti AR. Predislocation syndrome: a review and retrospective analysis of eight patients. *J Foot Ankle Surg.* 2001; 40:214-24.
216. Menz HB, Morris ME. Clinical determinants of plantar forces and pressures during walking in older people. *Gait Posture.* 2006; 24:229-36.
217. Menz HB, Zammit GV, Munteanu SE. Plantar pressures are higher under callused regions of the foot in older people. *Clin Exp Dermatol.* 2007; 32:375-80.
218. Merton L. Root, William P. Orien JHW. *Función normal y anormal del pie.* Barcelona: Editorial Base, 1977.
219. Meusnier T, Mukish P. Minimally invasive forefoot surgery in France. *Foot Ankle Clin.* 2016; 21:351-65.
220. Meyr AJ, Sansosti LE, Ali S. A pictorial review of reconstructive foot and ankle surgery: evaluation and intervention of the flatfoot deformity. *J Radiol Case Rep.* 2017; 11:26-36.
221. Michaud TC. *Foot Orthoses and Other Forms of Conservative Foot Cares.* Baltimore: Williams&Wilkins, 1993.
222. Miguez A, Slullitel G, Bilbao F, Carrasco M, Solari G. Floatingtoe deformity as a complication of

- the Weil osteotomy. *Foot Ankle Int.* 2004; 25:609-13.
223. Mizel MS, Michelson JD. Nonsurgical treatment of monarticular nontraumatic synovitis of the second metatarsophalangeal joint. *Foot Ankle Int.* 1997; 18:424-6.
224. Mizel YS, Yodlowski ML. Disorders of the lesser metatarsophalangeal joints. *J Am Acad Orthop Surg.* 1995; 3:166-73.
225. Mohana-Borges AV, Theumann NH, Pfirrmann CW, Chung CB, Resnick DL, Trudell DJ. Lesser metatarsophalangeal joints: standard MR imaging, MR arthrography, and MR bursography—initial results in 48 cadaveric joints. *Radiology* 2003; 227:175–82.
226. Monteagudo M, Martínez-de-Albornoz P. Management of complications after hallux valgus reconstruction. *Foot Ankle Clin.* 2020; 25:151-67.
227. Morton DJ. *The human foot.* New York: Columbia University Press, 2000.
228. Moya-Angeler J, Vaquero J, Forriol F. Evaluation of lower limb kinetics during gait, sprint and hop tests before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Traumatol.* 2017; 18:177-84.
229. Mühlbauer M, Zembsch A, Trnka HJ. [Short-term results of modified chevron osteotomy with soft tissue technique and guide wire fixation—a prospective study]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 2001; 139:435-9.
230. Nakagawa S, Fukushi J, Nakagawa T, Mizu-Uchi H, Iwamoto Y. Association of metatarsalgia after hallux valgus correction with relative first metatarsal length. *Foot Ankle Int.* 2016; 37:582-8.
231. Nery C, Coughlin MJ, Baumfeld D, Mann TS. Lesser metatarsophalangeal joint instability: prospective evaluation and repair of plantar plate and capsular insufficiency. *Foot ankle Int.* 2012; 33:301-11.
232. Nieto-García E, Ferrer-Torregrosa J, Ramírez-Andrés L, Nieto-González E, Martinez-Nova A, Barrios C. The impact of associated tenotomies on the outcome of incomplete phalangeal osteotomies for lesser toe deformities. *J Orthop Surg Res.* 2019; 14:308.
233. Nigg BM. Pressure distribution. En: *Biomechanics of the musculo-skeletal system.* BM Nigg y W. Herzog (eds). Baffins Lane: John Wiley & Sons, 1995:225-37.
234. Núñez-Samper M, Viladot R, Ponce SJ, Lao E, Souki F. Serious sequelae of the hallux valgus surgery: More options for its surgical treatment. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2016; 60:234-42.
235. O'Kane C, Kilmartin TE. The surgical management of central metatarsalgia. *Foot Ankle Int.* 2002; 23:415-9.
236. Opsomer G, Deleu PA, Bevernage BD, Leemrijse T. Cortical thickness of the second metatarsal after correction of hallux valgus. *Foot Ankle Int.* 2010; 31:770-6.

237. Pena F, Agel J, Coetzee JC. Comparison of the MFA to the AOFAS outcome tool in a population undergoing total ankle replacement. *Foot Ankle Int.* 2007; 28:788-93.
238. Perera AM, Mason L, Stephens MM. The pathogenesis of hallux valgus. *J Bone Joint Surg (Am)*. 2011; 93-A:1650-61.
239. Perini L, Perini C, Tagliapietra M, Varotto D, Valcarenghi A, Postorino A, Volpe A. Percutaneous alcohol injection under sonographic guidance in Morton's neuroma: follow-up in 220 treated lesions. *Radiol Med.* 2016; 121:597-604.
240. Peters PG, Adams SB, Schon LC. Interdigital neuralgia. *Foot Ankle Clin.* 2011; 16:305-315.
241. Pichierri P, Sicchiero P, Fioruzzi A, Maniscalco P. Percutaneous hallux valgus surgery: strengths and weakness in our clinical experience. *Acta Biomed.* 2014; 85(Suppl 2):121-5.
242. Plas F, Viel E, Blanc Y. *La marcha humana*. Barcelona: Masson SA, 1984
243. Poggio D, Melo R, Botello J, Polo C, Fernández de Retana P, Asunción J. Comparison of postoperative costs of two surgical techniques for hallux valgus (Kramer vs. scarf). *Foot Ankle Surg.* 2015; 21:37-41.
244. Poon C, Love B. Efficacy of foot orthotics for metatarsalgia. *Foot.* 1997; 7:202-4.
245. Powless SH, Elze ME. Metatarsophalangeal joint capsule tears: an analysis by arthrography, a new classification system and surgical management. *J Foot Ankle Surg.* 2001; 40:374-89.
246. Protzman R, Griffis C. Stress fractures in men and women undergoing military training. *J Bone Joint Surg (Am)* 1977; 59-A:825.
247. Qu F, Cai J, Liang X, Lu J, Zeng Q, Ji W. [Short-term effectiveness of Scarf osteotomy and Akin osteotomy combined with soft tissue procedures in treatment of hallux valgus associated with mild to moderate metatarsus adductus]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* 2018; 32:1392-6.
248. Queen RM, Mall NA, Nunley JA, Chuckpaiwong B. Differences in plantar loading between flat and normal feet during different athletic tasks. *Gait Posture.* 2009; 29:582-6.
249. Rawool NM, Nazarian LN. Ultrasound of the ankle and foot. *Semin Ultrasound CT MR* 2000; 21:275-84.
250. Read JW, Noakes JB, Kerr D, Crichton KJ, Slater HK, Bonar F. Morton's metatarsalgia: sonographic findings and correlated histopathology. *Foot Ankle Int* 1999; 20:153-61.
251. Redfern DJ, Vernois J. Percutaneous surgery for metatarsalgia and the lesser toes. *Foot Ankle Clin.* 2016; 21:527-50.
252. Redfern D. Treatment of metatarsalgia with distal osteotomies. *Foot Ankle Clin.* 2018; 23:21-33.
253. Restuccia G, Lippi A, Sacchetti F, Citarelli C, Casella F, Benifei M. Percutaneous hallux valgus correction: modified reverdin-isham osteotomy, preliminary results. *Surg Technol Int.* 2017; 31:263-6.

254. Rivero-Santana A, Perestelo-Pérez L, Garcés G, Álvarez-Pérez Y, Escobar A, Serrano-Aguilar P. Clinical effectiveness and safety of Weil's osteotomy and distal metatarsal mini-invasive osteotomy (DMMO) in the treatment of metatarsalgia: A systematic review. *Foot Ankle Surg.* 2019; 25:565-70.
255. Robinson AHN, Limbers JP. Modern concepts in the treatment of hallux valgus. *Bone Joint Surg (Br).* 2005; 87:1038-45.
256. Rockett MS. The use of ultrasound in the foot and ankle. *Foot Ankle Clin* 2000; 5:29–48.
257. Rodríguez-Reyes G, López-Gavito E, Pérez-Sanpablo AI, Galván Duque-Gastélum C, Alvarez-Camacho M, Mendoza-Cruz F, Parra-Téllez P, Vázquez-Escamilla J, Quiñones-Urióstegui I. [Dynamic plantar pressure distribution after percutaneous hallux valgus correction using the Reverdin-Isham osteotomy]. *Rev Invest Clin.* 2014; 66(Suppl 1):79-84.
258. Root ML, Orien WP, Weed JH. Normal and abnormal function of the foot. Los Angeles: Clinical Biomechanics Co., 1979.
259. Rose B, Bowman N, Edwards H, Rajaratnam SS, Armitage AR, Skyrme AD. Lengthening scarf osteotomy for recurrent hallux valgus. *Foot Ankle Surg.* 2014; 20:20-5.
260. Rosenberg ZS, Beltran J, Bencardino JT. From the RSNA refresher courses. Radiological society of North America. MR imaging of the ankle and foot. *Radiographics* 2000; 20:153-79.
261. Roukis TS, Schade VL. Minimum-incision metatarsal osteotomies. *Clin Podiatr Med Surg.* 2008; 25:587-607.
262. Roukis TS. Percutaneous and minimum incision metatarsal osteotomies: a systematic review. *J Foot Ankle Surg.* 2009; 48:380-7.
263. Ruiz Iban MA. La osteotomía de Weil en el tratamiento de las metatarsalgias de los radios centrales. *Rev Ortop Traumatol.* 2006; 50:30.
264. Sancho-Barroso F, Strassburger-Weidmann J, Castillo-Anaya V. Evaluación del dolor, la función y las complicaciones después de una descompresión mínimamente invasiva del neuroma de Morton utilizando un abordaje dorsal en 16 pacientes. *Acta Ortop Mex.* 2017; 31:113-7.
265. Scala A, Vendettuoli D. Modified minimal incision subcapital osteotomy for hallux valgus correction. *Foot Ankle Spec.* 2013; 6:65-72.
266. Schuh R, Seegmueller J, Wanivenhaus AH, Windhager R, Sabeti-Aschraf M. Comparison of plantar-pressure distribution and clinical impact of anatomically shaped sandals, off-the-shelf sandals and normal walking shoes in patients with central metatarsalgia. *Int Orthop.* 2014; 38:2281-8.
267. Schwartz JA, Schuler JJ, O'Connor RJ, Flanigan DP. Predictive value of distal perfusion pressure in the healing of amputation of the digits and the forefoot. *Surg Gynecol Obstet.* 1982; 154:865-9.
268. Sclamberg EL, Lorenz MA. A dorsal wedge V osteotomy for painful plantar callositis. *Foot Ankle*

- 1983; 4:30-2.
269. Seki H, Nagura T, Suda Y, Ogihara N, Ito K, Niki Y, Matsumoto M, Nakamura M. Quantification of vertical free moment induced by the human foot-ankle complex during axial loading. *Proc Inst Mech Eng H*. 2018; 232:637-40.
270. Severyns M, Carret P, Brunier-Agot L, Debandt M, Odri GA, Rouvillain JL. Reverdin-Isham procedure for mild or moderate hallux valgus: clinical and radiographic outcomes. *Musculoskelet Surg*. 2019; 103:161-6.
271. Sferra J, Arndt S. The crossover toe and valgus toe deformity. *Foot Ankle Clin*. 2011; 16:609-20.
272. Shane A, Reeves C, Wobst G, Thurston P. Second metatarsophalangeal joint pathology and Freiberg disease. *Clin Podiatr Med Surg*. 2013; 30:313-25.
273. Shapiro PP, Shapiro SL. Sonographic evaluation of interdigital neuromas. *Foot Ankle Int*. 1995; 16:604-6.
274. Sheon RP. Patient information: bursitis. Uptodate Web site. January 2008. Available at: <http://www.uptodate.com/patients/license.html>. Accessed June 26, 2008.
275. Shih H-T, Teng H-L, Gray C, Poggemiller M, Tracy I, Lee S-P. Four weeks of training with simple postural instructions changes trunk posture and foot strike pattern in recreational runners. *Phys Ther Sport*. 2019; 35:89-96.
276. Siddiqui NA, LaPorta G, Walsh AL, Abraham JS, Beauregard S, Gdalevitch M. Radiographic outcomes of a percutaneous, reproducible distal metatarsal osteotomy for mild and moderate bunions: A Multicenter Study. *J Foot Ankle Surg*. 2019; 58:1215-22.
277. Simonsen O, Vuust M, Understrup B, Højbjerg M, Bøttcher S, Voigt M. The transverse forefoot arch demonstrated by a novel X-ray projection. *Foot Ankle Surg*. 2009; 15:7-13.
278. Singh D, Biz C, Corradin M, Favero L. Comparison of dorsal and dorsomedial displacement in evaluation of first ray hypermobility in feet with and without hallux valgus. *Foot Ankle Surg*. 2016; 22:120-4.
279. Slullitel G, López V, Calvi JP, Seletti M, Bartolucci C, Pinton G. Effect of First Ray Insufficiency and Metatarsal Index on Metatarsalgia in Hallux Valgus. *Foot Ankle Int*. 2016; 37:300-6.
280. Smith BW, Coughlin MJ. Disorders of the lesser toes. *Sports Med Arthrosc*. 2009; 17:167-74.
281. Sneyers CJ, Lysens R, Feys H, Andries R. Influence of malalignment of feet on the plantar pressure pattern in running. *Foot Ankle Int*. 1995; 16:624-32.
282. Snow RE, Williams KR. High heeled shoes: their effect on center of mass position, posture, three-dimensional kinematics, rearfoot motion, and ground reaction forces. *Arch Phys Med Rehabil*. 1994; 75:568-76.
283. Snyder J, Owen J, Wayne J, Adelaar R. Plantar pressure and load in cadaver feet after a Weil or chevron osteotomy. *Foot Ankle Int*. 2005; 26:158-65.

284. SooHoo NF, Vyas R, Samimi D. Responsiveness of the foot function index, AOFAS clinical rating systems, and SF-36 after foot and ankle surgery. *Foot Ankle Int.* 2006; 27:930-4.
285. Steindler A. *A textbook of operative orthopedics.* New York: D. Appleton and Co., 1925.
286. Studler U, Mengiardi B, Bode B, Schöttle PB, Pfirmann WA, Hodler J, Zanetti M. Fibrosis and adventitious bursae in plantar fat pad of forefoot: MR imaging findings in asymptomatic volunteers and MR imaging—histologic comparison. *Radiology* 2008; 246:863-70.
287. Sun WD, Wen JM, Hu HW, Sun YS, Sang ZC, Jiang KW, Liang Z, Cheng T, Lin XX, Wu XB, Dai HL. Long term efficacy of minimal incision osteotomy for hallux abducto valgus. *Orthop Surg.* 2010; 2:223-8.
288. Sung W, Weil L, Weil LS, Rolfes RJ. Diagnosis of plantar plate injury by magnetic resonance imaging with reference to intraoperative findings. *J Foot Ankle Surg.* 2012; 51:570-4.
289. Taunton JE, Ryan MB, Clement DB, McKenzie DC, Lloyd-Smith DR, Zumbo BD. A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *Br J Sports Med.* 2002; 26:95-101
290. Teyhen DS, Stoltenberg BE, Collinsworth KM, Giesel CL, Williams DG, Kardouni CH, Molloy JM, Goffar SL, Christie DS, McPoil T. Dynamic plantar pressure parameters associated with static arch height index during gait. *Clin Biomech.* 2009; 24:391-6.
291. Thomas JL, Blich EL, Chaney DM, Dinucci KA, Rubin LG, Stapp MD, Vanore JV. Diagnosis and treatment of forefoot disorders. Section 2. Central metatarsalgia. *J Foot Ankle Surg.* 2009; 48:239-50.
292. Thompson FM, Hamilton WG. Problems of the second metatarsophalangeal joint. *Orthopedics.* 1987; 10:83-9.
293. Trnka H-J, Hofstaetter S. The chevron osteotomy for correction of hallux valgus. *Interact Surg.* 2007; 2:52-61.
294. Trnka HJ, Nyska M, Parks BG, Myerson MS. Dorsiflexion contracture after the Weil osteotomy: results of cadaver study and three-dimensional analysis. *Foot Ankle Int.* 2001; 22:47-50.
295. Trnka HJ, Krenn S, Schuh R. Minimally invasive hallux valgus surgery: a critical review of the evidence. *Int Orthop.* 2013; 37:1731-5.
296. Trnka HJ, Gebhard C, Mühlbauer M, Ivanic G, Ritschl P. The Weil osteotomy for treatment of dislocated lesser metatarsophalangeal joints: good outcome in 21 patients with 42 osteotomies. *Acta Orthop Scand.* 2002; 73:190-4.
297. Trnka HJ, Kabon B, Zettl R. Helal metatarsal osteotomy for treatment of metatarsalgia: a critical analysis of result. *Orthopedics.* 1996; 19:457-61.
298. Trnka HJ, Mühlbauer M, Zettl R, Myerson MS, Ritschl P. Comparison of the result of the Weil and Helal osteotomies for the treatment of metatarsalgia secondary to dislocation of the lesser metatarsophalangeal joints. *Foot Ankle Int.* 1999; 20:72-9.

299. Umans H, Srinivasan R, Elsinger E, Wilde GE. MRI of lesser metatarsophalangeal joint plantar plate tears and associated adjacent interspace lesions. *Skeletal Radiol.* 2014; 43:1361-8.
300. Valles-Figueroa JF, Rodríguez-Reséndiz F, Caletí del Mazo E, Malacara-Becerra M, Suárez-Ahedo CE. Distribución de la presión plantar dinámica después del tratamiento correctivo de hallux valgus mediante la técnica de Reverdin-Isham. *Acta Ortop Mex.* 2010; 24:385-9.
301. Valtin B, Leemrijse Th. *Chirurgie de l'avant-pied, (Cahiers d'enseignement de la SOFCOT 89), (2ª ed.)*, Elsevier Masson, 2005.
302. van Dieën JH, Spanjaard M, Könemann R, Bron L, Pijnappels M. Mechanics of toe and heel landing in stepping down in ongoing gait. *J Biomech.* 2008; 41:2417-21.
303. Vandeputte G, Dereymaeker G, Steenwerckx A, Peeraer L. The Weil osteotomy of the lesser metatarsals: a clinical and pedbarographic followup study. *Foot Ankle Int.* 2000; 21:370-4.
304. Vasso M, Del Regno C, D'Amelio A, Schiavone Panni A. A modified Austin/chevron osteotomy for treatment of hallux valgus and hallux rigidus. *J Orthop Traumatol.* 2016; 17:89-93.
305. Vázquez Arce MI, Núñez-Cornejo Palomares C, Pérez Torres A, Juliá Mollá C, González Puig L, Núñez-Cornejo Piquer C. Efecto de las plantillas conformadas en pacientes con algias plantares. *Rehabilitación.* 2010; 44:46-52.
306. Vernois J, Redfern DJ. Percutaneous surgery for severe hallux valgus. *Foot Ankle Clin.* 2016; 21:479-93.
307. Viladot A. Metatarsalgia due to biomechanical alterations of the forefoot. *Orthop Clin North Am.* 1973; 4:165-78.
308. Viladot RV. 20 lecciones sobre patología del pie. Barcelona; editorial Mayo SA, 2009.
309. Wagner E, Ortiz C, Gould JS, Naranje S, Wagner P, Mococain P, Keller A, Valderrama JJ, Espinosa M. Proximal oblique sliding closing wedge osteotomy for hallux valgus. *Foot Ankle Int.* 2013; 34:1493-500.
310. Waldecker U. Plantar fat pad atrophy: a cause of metatarsalgia? *J Foot Ankle Surg.* 1990; 40:21-7.
311. Waldecker U. Metatarsalgia in hallux valgus deformity: a pedographic analysis. *J Foot Ankle Surg.* 2002; 41:300-8.
312. Walker AK, Harris TG. The role of first ray insufficiency in the development of metatarsalgia. *Foot Ankle Clin.* 2019; 24:641-8.
313. Wang CL, Hsu TC, Shau YW, Shieh JY, Hsu KH. Ultrasonographic measurement of the mechanical properties of the sole under the metatarsal heads. *J Orthop Res.* 1999; 17:709-13.
314. Wang TG, Hsiao TY, Wang TM, Shau YW, Wang CL. Measurement of vertical alignment of metatarsal heads using a novel ultrasonographic device. *Ultrasound Med Biol.* 2003; 29:373-7.
315. Weijers RE, Walenkamp GH, Kessels AG, Kemerink GJ, van Mameren H. Plantar pressure and

- sole thickness of the forefoot. *Foot Ankle Int.* 2005; 26:1049-54.
316. Weil L Jr, Sung W, Weil LS Sr, Malinoski K. Anatomic plantar plate repair using the Weil metatarsal osteotomy approach. *Foot Ankle Spec.* 2011; 4:145-50.
317. Weil LS. Minimal invasive surgery of the foot and ankle. *J Foot Ankle Surg.* 2001; 40:61.
318. Wen J, Ding Q, Yu Z, Sun W, Wang Q, Wei K. Adaptive changes of foot pressure in hallux valgus patients. *Gait Posture.* 2012; 36:344-9.
319. Williams A. Foot and ankle. En: Standing S (ed). *Grays anatomy: the anatomical basis of clinical practice.* 39th edition. Spain: Elsevier Churchill Livingstone; 2005. p. 1507–49.
320. Winson IG, Rawlinson J, Broughton NS. Treatment of metatarsalgia by sliding distal metatarsal osteotomy. *Foot Ankle.* 1988; 9:2-6.
321. Wu KK. Morton neuroma and metatarsalgia. *Curr Opin Rheumatol* 2000; 12:131–42.
322. Yañez Arauz JM, Del Vecchio JJ, Codesido M, Raimondi N. Minimally invasive Akin osteotomy and lateral release: Anatomical structures at risk-A cadaveric study. *Foot (Edinb).* 2016; 27:32-5.
323. Yao L, Cracchiolo A, Farahani K, Seeger LL. Magnetic resonance imaging of plantar plate rupture. *Foot ankle Int.* 1996; 17:33-6.
324. Yassin M, Bowirat A, Robinson D. Percutaneous surgery of the forefoot compared with open technique. Functional results, complications and patient satisfaction. *Foot Ankle Surg.* 2020; 26:156-62.
325. Yeo NE, Loh B, Chen JY, Yew AK, Ng SY. Comparison of early outcome of Weil osteotomy and distal metatarsal mini-invasive osteotomy for lesser toe metatarsalgia. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2016; 24:350-3.
326. Yu GV, Judge MS, Hudson JR, Seidelman FE. Predislocation syndrome. Progressive subluxation/dislocation of the lesser metatarsophalangeal joint. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2002; 92:182-99.
327. Zhang FQ, Pei BY, Wei ST, Zhao HT, Li ZY, Gao JG, Zhang YZ. [Correlative study between length of first metatarsal and transfer metatarsalgia after osteotomy of first metatarsal]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* 2013; 93:3441-4.

ESCALA ANTEPIE AOFAS (Kitaoka et al.)

Nombre paciente: Fecha

A) DOLOR 40 puntos

Ninguno	40
Ocasional	30
Moderado, diario	20
Grave, casi siempre presente	0

B) FUNCIÓN 45 puntos

1. Actividades

Sin limitación y sin soportes externos	10
Sin limitación en la vida diaria, pero sí en el deporte y sin soportes externos	7
Limitación en la vida diaria recreativa (precisa muleta)	4
Limitación grave aún con muleta	0

2. Requerimientos del calzado

Cualquier calzado	5
Solo calzado confortable o uso de plantilla	3
Calzado especial u ortesis	0

3. Caminar (distancia máxima)

Más de 2 km	10
Entre 1,5 y 2 km	7
Entre 0,5 y 1 km	4
Menos de 350 m	0

4. Tipo de terreno para caminar

Sin dificultad en cualquier terreno	10
Alguna dificultad en terreno desigual y escaleras	5
Dificultad en terreno desigual y escaleras	0

5. Cojera

Ninguna	10
Evidente	5
Marcada	0

C) ALINEACIÓN DE PIE 15 puntos

Buena: pie plantígrado bien alineado	15
Regular: pie plantígrado con algún grado de desalineación, pero asintomático	8
Mala: Pie no plantígrado y sintomático	0

TOTAL Máximo 100 puntos

Datos pre y post operatorios

Lado	Sexo	Edad			
Antecedentes					
Tabaquismo	Tratamiento corticoides	Tratamiento con anti-TNF			
Causa metatarsalgia					
Inflamatoria	Postraumática	Iatrogénica			
Tipo					
Aislada	asociada a Hallux valgus				
Alteración de la estática	Si	No			
Escala de valoración AOFAS					
Dolor:	M2	M3	M4	M5	
Limitación actividad:	M2	M3	M4	M5	
Problemas con el calzado	M2	M3	M4	M5	
Función					
Movilidad articulación M-F:		M2	M3	M4	M5
Movilidad articulación I-F:		M2	M3	M4	M5
Estabilidad M-F e I-F:		M2	M3	M4	M5
Clínica					
Callosidades:	M2	M3	M4	M5	
Alineación:	M2	M3	M4	M5	
Fórmula digital:	Griego	Egipcio	Cuadrado		
Clasificación metatarsalgia					
Grado 0: metatarsalgia / hiperqueratosis					
Grado 1: Hidartrosis					
Grado 2: Inestabilidad					
Grado 3: Luxación reductible					
Grado 4: Luxación inveterada					
Radios laterales					
Dedo en garra asociado:	Proximal	Distal	Total	Reductible	Rígido
Movilidad M-F					
Flexión plantar:	II	III	IV	V	
Flexión dorsal:	II	III	IV	V	
Escala de Myerson:					
M2: Grado - Detalles					
M3: Grado - Detalles					
M4: Grado - Detalles					
M5: Grado – Detalles					
Examen clínico					
Cadena postural: Descripción					
Movilidad flexión – plantar articulación tobillo					
Alineación:	Normal	Genu valgo	genu varo	neutro	
Tibia vara	Anomalía torsión miembros inferiores				
Podoscopio					
Radiografía					

Proyección dorso-plantar en carga

Curva de Maestro

Variables quirúrgicas

Cirugía del primer radio

Técnica:	Chevron	Scarf	Isham-Reverdin			
Osteosíntesis:		No	Placa	Tornillo	Agujas	
Cirugía de los metatarsianos laterales (DMMO)				M2	M3	M4 M5
Elongación endoscópica de la cadena posterior:				Si	No	
Cirugía de los tendones extensores:			No	Corto	Largo	Otra
Cirugía de los tendones flexores:			No	Cort	Largo	Otra

