

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

FACULTAD DE MEDICINA

Programa de Doctorado en Salud Pública,

Ciencias Médicas y Quirúrgicas



**Utilidad de la baropodometría plantar como predictor de la
evolución clínica tras cirugía de Hallux Valgus con o sin
metatarsalgia**

TESIS DOCTORAL REALIZADA POR:

Carmen María Verdú Román

DIRECTORA: Prof^a. Dra. María Concepción Carratalá Munuera

CODIRECTORES: Prof. Dr. Domingo Orozco Beltrán,

Dr. Javier Sanz Reig

2019



PROGRAMA DE DOCTORADO EN SALUD PÚBLICA, CIENCIAS MÉDICAS Y QUIRÚRGICAS

D. Félix Gutiérrez Rodero, Coordinador del Programa de Doctorado en Salud Pública, Ciencias Médicas y Quirúrgicas de la Universidad Miguel Hernández de Elche,

AUTORIZA:

La presentación y defensa como tesis doctoral del trabajo "Utilidad de la Baropodometría plantar como predictor de la evolución clínica tras cirugía de Hallux Valgus con o sin metatarsalgia" realizado por Dña. Carmen María Verdú Román bajo la dirección de la Dra. Dña. M^a Concepción Carratalá Munuera, la co-dirección del Dr. D. Domingo Luis Orozco Beltrán y del Dr. D. Javier Sanz Reig. De acuerdo a la información recibida sobre las evaluaciones previas realizadas en cumplimiento de la normativa general vigente y la propia de la Universidad Miguel Hernández y según lo certificado por las personas que han realizado la tutoría y dirección, la tesis cumple los requisitos para proceder a su defensa pública.

En Sant Joan d'Alacant, a ocho de mayo de 2019

Firmado: Prof. Félix Gutiérrez Rodero
Coordinador del Programa de Doctorado en Salud Pública, Ciencias Médicas y Quirúrgicas



PROGRAMA DE DOCTORADO EN SALUD PÚBLICA, CIENCIAS MÉDICAS Y QUIRÚRGICAS

Campus de Sant Joan d'Alacant. Ctra. de Valencia (N-332), Km. 87 – 03550 Sant Joan d'Alacant
Telf.: 96 5233755 [malmarcha@umh.es/](mailto:malmarcha@umh.es)

Doña María Concepción Carratalá Munuera, directora de la tesis doctoral, Don Domingo Luis Orozco Beltrán, codirector de la tesis y Don Javier Sanz Reig, codirector de la tesis "Utilidad de la Baropodometría plantar como predictor de la evolución clínica tras cirugía de Hallux Valgus con o sin metatarsalgia" .

CERTIFICAN:

Que Carmen María Verdú Román ha realizado bajo nuestra supervisión el trabajo titulado "Utilidad de la Baropodometría plantar como predictor de la evolución clínica tras cirugía de Hallux Valgus con o sin metatarsalgia" conforme a los términos y condiciones definidos en su Plan de Investigación y de acuerdo al Código de Buenas Prácticas de la Universidad Miguel Hernández de Elche, cumpliendo los objetivos previstos de forma satisfactoria para su defensa pública como tesis doctoral.

Lo que firmo en Sant Joan d'Alacant, a 8 de mayo de dos mil diecinueve

Fdo. Doña María Concepción Carratalá Munuera
Directora de tesis

Fdo. Don Domingo Luis Orozco Beltrán
Codirector de tesis

Fdo. Don Javier Sanz Reig
Co-Director de tesis



A David, Itziar y Unai,
por darle sentido a todo

AGRADECIMIENTOS





Al Dr. Javier Sanz Reig, co-director de esta tesis. Gracias Javi, por tu amistad, por haber compartido conmigo tu enorme experiencia y tu tiempo, por tus consejos y tus ánimos desde el primer minuto en el que decidimos sacar adelante este proyecto. Sin tu ayuda, esta tesis doctoral no sería hoy una realidad.

A Concepción Carratalá Munuera y Domingo Orozco Beltrán, directores también de esta tesis, por su apoyo y asesoramiento durante todo el proceso de investigación.

Al Dr. Enrique Martínez Giménez, compañero de trabajo y amigo, por ser la persona que hace ya mucho tiempo despertó en mi el interés que siento a día de hoy por la patología del Pie y Tobillo. Gracias por haber creído en mi, por todo lo que me has enseñado y gracias, de antemano, por todo lo que aún me tienes que enseñar.

A mi querida familia. Gracias David, por hacerme feliz y por ayudarme a comprender que la suerte en la vida, es una actitud. Gracias a mis hijos, Itziar y Unai, sin duda, mi mejor logro. Por vosotros, cualquier cosa merece la pena. A mi madre Carmen y mi hermana Teresa, por la confianza ciega que tienen en mi, por estar siempre a mi lado. Y a Steven por la generosidad con la que me ha regalado su tiempo cuando lo he necesitado.

A Traumavist, en especial al Dr. Morales y al Dr. Mas, por haber apostado por mi para formar parte de este gran equipo y por haber puesto a mi disposición toda la infraestructura necesaria para llevar a cabo este proyecto. Gracias también a las administrativas del Servicio, por su amabilidad y predisposición siempre a facilitarme el trabajo.

A los pacientes que han formado parte de este estudio. Gracias por su gesto altruista y desinteresado al aceptar participar y por la dedicación de parte de su tiempo, que ha sido necesaria en repetidas ocasiones.



ÍNDICE DE CALIDAD





Este trabajo ha sido aceptado por dos revistas internacionales para su publicación:

1. Revista: ***Fuss&Sprunggelenk***

Título: Association between preoperative dynamic plantar pressures and clinical outcomes at 6 months after hallux valgus surgery (objetivo principal).

Esta revista está en la categoría de Orthopedics and Sport Medicine, de SCOPUS, edición 2017, su ISSN (electrónico): 1619-9995, se encuentra en el tercil cuarto, en la posición 205 de 237 revistas.

<https://doi.org/10.1016/j.fuspru.2019.01.001>

SCOPUS 2017; FI: 0,154 ,Q4

Aceptado: 2/1/2019

La referencia del artículo producto de esta tesis es:

Verdu-Roman C, Sanz-Reig J, Martinez-Gimenez E, Orozco-Beltran D, Quesada JA, Lopez-Pineda A, Gil-Guillen VF, Carratala-Munuera C. Association between preoperative dynamic plantar pressures and clinical outcomes at 6 months after hallux valgus surgery.

FussSprungg (2018), <https://doi.org/10.1016/j.fuspru.2019.01.001>

Received 20 September 2018; accepted 2 January 2019

2. Revista: *Foot and Ankle Surgery*

Título: *Plantar pressure improvement in moderate hallux valgus with modified chevron osteotomy: clinical and radiographic outcomes (objetivo secundario).*

Esta revista está indexada en la categoría de Orthopedics , del Journal Citation Report, edición 2017, su ISSN: 1268-7731, se encuentra en el Cuartil tercero, en la posición 47 de 77 revistas.

<https://doi.org/10.1016/j.fas.2019.02.006>

JCR 2017: FI : 1,458, Q 3

Aceptado :15/2/2019

La referencia del artículo producto de esta tesis es:

Verdu-Roman C, Sanz-Reig J, Martinez-Gimenez E, Carratala-Munuera C, Lopez-Pineda A, Quesada JA, Gil-Guillen VF, Orozco-Beltran D. Plantar pressure improvement in moderate hallux valgus with modified chevron osteotomy: Clinical and radiographic outcomes. Foot Ankle Surg. 2019 Feb 27. pii:S1268-7731(18)30426-0. doi: 10.1016/j.fas.2019.02.006.



ÍNDICE



1.INTRODUCCIÓN	21
1.1. FISIOPATOLOGÍA	23
1.2. FACTORES DE RIESGO	24
1.2.1. Intrínsecos.....	25
1.2.1.1. Morfológicos.....	25
1.2.1.2. Género	26
1.2.1.3. Edad.....	27
1.2.1.4. Factores hereditarios	27
1.2.1.5. Factores biomecánicos y laxitud ligamentosa	28
1.2.1.6. Hiper movilidad articulación cuneometatarsiana.....	29
1.2.1.7. Acortamiento tendón de Aquiles	30
1.2.2. Extrínsecos	31
1.2.2.1. Calzado.....	31
1.2.2.2. Factores ocupacionales	32
1.3. EPIDEMIOLOGÍA.....	33
1.4. MÉTODOS DIAGNÓSTICOS.....	34
1.4.1. Clínica	34
1.4.2. Escalas Valoración Funcional	35
1.4.2.1. Escala visual analógica (EVA)	35
1.4.2.2. Escala AOFAS-HMI (American Orthopaedic Foot and Ankle Society) de hallux-metatarsofalángica-interfalángica	36
1.4.2.3. Escalas de satisfacción.....	36
1.4.3. Radiología.....	37
1.4.3.1. Protocolo de obtención de radiografías.....	37
1.4.3.2. Mediciones radiográficas	37

1.4.3.2.1. Ángulo metatarsofalángico (HVA).....	38
1.4.3.2.2. Ángulo intermetatarsiano (IMA)	38
1.4.3.2.3. Distal metatarsal articular angle (DMAA)	40
1.4.3.2.4. Proximal phalangeal articular angle (PPAA)	41
1.4.3.2.5. Longitud absoluta y relativa primer y segundo metatarsiano ...	41
1.4.3.2.6. Ángulo declinación del primer metatarsiano (MDA)	43
1.4.3.2.7. Elevación primer metatarsiano (MPE).....	43
1.5. BAROPODOMETRÍA.....	44
1.5.1. Plataforma de presiones	45
1.5.2. Plantillas instrumentadas	46
1.6. TRATAMIENTO.....	46
1.6.1. Conservador.....	46
1.6.2. Quirúrgico.....	48
1.6.2.1. Procedimientos sobre partes blandas	49
1.6.2.2. Cirugía MIS (Minimally Invasive Surgery) o percutánea	50
1.6.2.3. Artrodesis	52
1.6.2.4. Artroplastia	52
1.6.2.5. Osteotomías metatarsales	54
1.6.2.5.1. Primer radio	54
1.6.2.5.1.1. Osteotomías proximales	54
1.6.2.5.1.2. Osteotomías diafisarias.....	55
1.6.2.5.1.3. Osteotomías distales.....	57
1.6.2.5.2. Osteotomías metatarsianos menores	59
1.6.2.6. Osteotomías falángicas	60
1.7. ESTADO ACTUAL DEL TEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	60

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	63
3. MATERIAL Y MÉTODO	67
3.1. Diseño del estudio.....	69
3.2. Población de estudio	69
3.3. Definición de la cohorte.....	69
3.4. Tamaño de la muestra	70
3.5. Criterios de selección de la muestra	70
3.6. Método de muestreo	71
3.7. Recogida de datos y definición de variables	72
3.8. Seguimiento de la muestra.....	79
3.9. Técnicas quirúrgicas	80
3.10. Consideraciones éticas	83
3.11. Estrategia de búsqueda	83
3.12. Análisis estadístico.....	84
4. RESULTADOS	87
4.1. Datos generales de la muestra.....	89
4.2. Presiones plantares preoperatorias y resultado clínico postoperatorio a los 6 meses	91
4.3. Presiones plantares y metatarsalgia preoperatoria	102
4.4. Presiones plantares y variables radiológicas preoperatorias	108
4.5. Presiones plantares preoperatorias y postoperatorias a los 12 meses en pacientes con osteotomía modificada de chevron y osteotomía de Akin a los 12 meses	113

4.6. Presiones plantares preoperatorias y postoperatorias a los 12 meses en pacientes con osteotomía modificada de chevron, osteotomía de Akin y osteotomía de Weil	120
5. DISCUSIÓN	129
5.1. Presiones plantares preoperatorias y resultado clínico postoperatorio a los 6 meses	131
5.2. Presiones plantares y metatarsalgia preoperatoria	134
5.3. Presiones plantares y variables radiológicas preoperatorias	136
5.4. Presiones plantares preoperatorias y postoperatorias a los 12 meses en pacientes con osteotomía modificada de chevron y osteotomía de Akin ...	138
5.5. Presiones plantares preoperatorias y postoperatorias a los 12 meses en pacientes con osteotomía modificada de chevron, osteotomía de Akin y osteotomía de Weil	140
6. LIMITACIONES DEL ESTUDIO	143
7. CONCLUSIONES.....	147
8. BIBLIOGRAFÍA	151
9. ANEXOS	177
9.1. Consentimiento informado para la investigación científica.....	179
9.2. Acreditación Comité Ético Hospital General Universitario de Elda.....	180
9.3. Hoja informativa sobre el estudio (para el paciente)	181
9.4. Cuaderno de recogida de datos	182
9.5. Escala AOFAS-HMI.....	185
9.6. Correlaciones significativas entre variables radiológicas preoperatorias y baropodometría preoperatoria.....	186

9.7. Artículo científico: Association between preoperative dynamic plantar pressures and clinical outcomes at 6 months after hallux valgus surgery 190

9.8. Artículo científico: Plantar pressure improvement in moderate hallux valgus with modified chevron osteotomy: Clinical and radiographic outcomes..... 202





ABREVIATURAS Y SIGLAS





HV: hallux valgus, hallux valgus

MTF: metatarsofalángica, metatarsophalangeal

M1: primer metatarsiano, first metatarsal

M2: segundo metatarsiano, second metatarsal

IMA: ángulo intermetatarsiano, intermetatarsal angle

HVA: ángulo metatarsofalángico, hallux valgus angle

PPAA: ángulo articular proximal falángico, proximal phalangeal articular angle

DMAA: ángulo articular distal del metatarsiano, distal metatarsal articular angle

MDA: ángulo de declinación metatarsal, first metatarsal declination angle

MPE: elevación del primer metatarsiano, metatarsus primus elevatus

CM: cuneometatarsal, cuneometatarsal

CM1: primera articulación cuneometatarsal, first cuneometatarsal joint

AOFAS: Asociación de Ortopedia Americana de Pie y Tobillo, American Orthopaedic Foot and Ankle Society

AOFAS-HMI: Escala AOFAS para el hallux-metatarsofalángica-interfalángica , Hallux-metatarsophalangeal-interphalangeal scale

F1: falange proximal, proximal phalanx

EVA: escala visual analógica, visual analog scale

MIS: cirugía mínimamente invasiva, Minimally Invasive Surgery

DP: dorsoplantar, dorsoplantar

IMC: índice masa corporal, body mass index

P_{max} : presión máxima, peak pressure

P_{med} : presión media, mean pressure

F_{max} : Fuerza máxima, maximum force

F_{med} : Fuerza media, mean force

$I_{p/t}$: Integral presión/tiempo, pressure/time integral



1.INTRODUCCIÓN





1.1. FISIOPATOLOGÍA

El Hallux valgus (HV) es la desviación lateral del primer dedo del pie a nivel de la articulación metatarsofalángica (MTF). Aunque la etiología del HV es multifactorial, se considera que el factor biomecánico más importante en su desarrollo es el exceso de pronación subastragalina durante el periodo propulsivo, lo que provoca la hipermovilidad e inestabilidad de la primera articulación metatarsofalángica (MTF1) favoreciendo así la progresiva dorsiflexión y varización del primer metatarsiano (M1). A medida que M1 se desplaza medialmente, pierde de forma progresiva su lugar sobre los sesamoideos, los cuales permanecen en su lugar¹.

La insuficiencia progresiva de los tejidos mediales (cápsula medial, ligamento colateral medial y sesamoideo medial) parece ser el estadio inicial del desarrollo de la deformidad. Una vez M1 comienza a desestabilizarse y a luxarse medialmente (en varo), los tendones y los músculos que en condiciones normales actúan como fuerzas estabilizadoras de MTF1, cambian sus vectores de tracción transformándose en fuerzas deformantes, dado que pasan a ubicarse laterales al eje longitudinal del primer radio^{2,3}.

La aponeurosis plantar y el mecanismo de tensión de la misma durante el momento de dorsiflexión durante la marcha (mecanismo de Windlass) contribuyen de manera muy significativa a la estabilización del primer radio. Ante esta situación de desequilibrio muscular, la fascia plantar pierde su importante función de contribuir a la flexión plantar de M1 a medida que el peso corporal es transferido al primer dedo^{4,5}.

Conforme progresa la deformidad del HV, los tejidos blandos de la cara lateral de MTF1 empiezan a contracturarse mientras que los del lado medial se debilitan de forma progresiva. Las alteraciones que experimentan los distintos grupos musculares son diversas y no siempre suceden de manera simultánea. Por un lado, el músculo abductor del hallux, se desliza gradualmente por debajo de MH1 hacia lateral junto con el sesamoideo medial, transformándose en aductor mientras que el flexor largo y el extensor largo, situados lateralmente a MH1, actúan a modo de cuerda de arco, contribuyendo a fijar aún más la deformidad^{6,7}. Simultáneamente, el aductor del primer dedo rota por debajo de MH1 a medida que el metatarsiano se variza y como se mantiene en contacto con la falange proximal (F1), provoca un movimiento de giro de ésta sobre su eje longitudinal lo que va pronando de forma progresiva el primer dedo⁸.

La progresiva y constante presión que ejerce el primer dedo acaba provocando la sub/luxación de las articulaciones MTFs de los dedos menores, que adoptan deformidades en martillo, garra o maza, lo cual aumenta la presión sobre las cabezas metatarsianas al perder los dedos su efecto de garra durante la fase de despegue de la marcha⁹. Además, la elevación y el desplazamiento medial de MH1 generan una insuficiencia de la misma provocando la transferencia de carga hacia a los metatarsianos laterales.

1.2. FACTORES DE RIESGO

La etiología del HV es multifactorial. Los diferentes estudios publicados nos permiten diferenciar dos grupos de factores predisponentes: factores extrínsecos de carácter socioambiental y factores intrínsecos a la propia

persona¹⁰. Sin embargo, se desconoce en la actualidad, el nivel de implicación de cada uno de ellos en la formación del HV^{11,12}.

1.2.1. FACTORES INTRÍNSECOS

1.2.1.1. Factores morfológicos

La relación articular entre M1 y F1, entre el primer cuneiforme y M1 y la longitud de M1 respecto al segundo, son considerados los factores morfológicos con mayor influencia en el desarrollo del HV.

En primer lugar, la orientación y la forma de las superficies articulares de M1 y F1 influyen en la estabilidad intrínseca de MTF. Munuera et al distinguen 3 tipos de formas de la cabeza metatarsal: redonda, plana o en chevron¹³. La MTF más estable presenta una superficie articular plana o en chevron mientras que, la más inestable presenta una cabeza de aspecto redondeado^{14,15} ya que resiste peor las fuerzas deformantes a las que está sometida la articulación.

Por otro lado, la orientación de MTF1 condicionará el grado de congruencia articular. Una articulación congruente tiende a mantenerse estable mientras que en una articulación que haya comenzado a subluxarse, la deformidad evolucionará con el paso del tiempo. De esta forma, una orientación en valgo de las superficies articulares de MTF1 contribuye al aumento tanto del ángulo intermetatarsiano (IMA) como del ángulo metatarsofalángico (HVA)^{8,16} y a la progresión de la deformidad.

La orientación e hipermovilidad de la primera articulación cuneometatarsiana (CM1) también es un elemento decisivo en el desarrollo del HV. Una disposición de la primera cuña en horizontal resiste el desplazamiento

medial de M1 al contrario de lo que sucede si la articulación es oblicua o redondeada (menor estabilidad para las fuerzas deformantes)¹⁷. Es decir, una marcada oblicuidad medial favorece la inestabilidad de M1, el aumento del IMA y el desarrollo de la patología¹⁸.

Finalmente, la longitud de M1 respecto al segundo y la relación con una posible asociación con el HV permanece en controversia, pues tanto la presencia de un M1 corto como largo han sido implicados como factores esenciales en el desarrollo del HV^{8,17,19,20}.

1.2.1.2. Género

La prevalencia del HV en la población femenina es alta^{8,15,21,22,23,24}. Saro et al confirman en su estudio una predominancia femenina por encima del 80%²⁵. Otros autores^{26,27} indican que el HV es más frecuente en la mujer que en el hombre en una relación de 8/1.

Distintos estudios muestran que existen diferencias estadísticamente significativas en la morfología de M1 entre hombres y mujeres, estando en mujeres el M1 más adducido, y el primer dedo más abducido que en los hombres, con las diferencias biomecánicas que esto implica^{2,28,29,30,31,32}. Además, según Ferrari et al³³, en el género femenino existe un mayor ángulo cuneometatarsal y menor radio de curvatura de MH1, lo que determinaría que existiese cierta predisposición anatómica para la adducción de M1 y por lo tanto, para el desarrollo de un HV. Uchiyama³⁴ publica que esta patología es la más común de MTF1 en mujeres, siendo más prevalente aún por encima de los 30 años.

1.2.1.3. Edad

El HV es una enfermedad progresiva, con una mayor prevalencia en la cuarta, quinta y sexta década de la vida^{35,36,37,38}.

La edad a la que se suele diagnosticar la deformidad típica del HV depende de factores tales como la magnitud de la deformidad, la capacidad de observación del paciente, los antecedentes familiares y la intensidad de la sintomatología. De esta forma, muchas deformidades pueden aparecer durante los años de adolescencia pero desarrollarse en intensidad y magnitud en las siguientes décadas, volviéndose entonces más sintomáticas².

Según Coughlin⁸, el 65% de los adultos sitúan la aparición de la deformidad entre la tercera y la quinta década de la vida. Nix³⁶ determina en un meta-análisis una prevalencia media del 35,7% en pacientes ancianos. Y Golightly³⁹ describe una prevalencia de HV del 64% en pies de adultos ≥ 50 años.

1.2.1.4. Factores hereditarios

Múltiples estudios confirman la asociación del HV con la herencia. Hardy et al⁴⁰ mostraron que el 63% de los pacientes con HV tenían un familiar directo con la misma patología. Más recientemente, Coughlin et al¹⁵ publicaron que un 84% de los pacientes en su estudio presentaban antecedentes familiares de HV. Nery et al⁴¹ también informan de una historia familiar positiva en el 68-84% de los pacientes de su serie, manifestando un fuerte patrón materno. El alto porcentaje de transmisión maternal observado en multitud de estudios refuerza la idea de la relación directa entre la predisposición genética y la aparición del HV en la población femenina. Este patrón de transmisión debería estar asociado a una transmisión dominante ligada al cromosoma X, transmisión autosómica

dominante, o transmisión poligénica⁸. Pique-Vidal⁴², concluyeron que la herencia de HV es autosómica dominante con penetración incompleta al encontrar que la historia familiar de HV estuvo presente hasta en un 90% de los pacientes de su estudio.

En cuanto al HV juvenil, los pacientes que lo presentan suelen asociar una historia familiar de HV en al menos otro miembro de la familia², de predominio femenino y bilateralidad⁴³, y aparición más temprana⁴⁴. El papel de la genética en el tipo HV juvenil y en adultos jóvenes está mucho más establecida, se produce mediante transmisión materna en el 94% de los casos con una historia familiar^{2,8}.

El HV en los hombres es predominantemente una deformidad transmitida por factores maternos⁴¹. Hay poca evidencia respecto de la diferencia racial, aunque hay un estudio que indica que la prevalencia del HV en los blancos es dos veces mayor que en los negros africanos²⁹.

1.2.1.5. Factores biomecánicos y laxitud ligamentosa

La principal alteración biomecánica asociada al desarrollo del HV es la pronación excesiva de la articulación subastragalina. La pronación del pie conlleva una rotación longitudinal de M1 y F1 lo que sitúa el eje de la MTF en un plano oblicuo respecto al suelo, situación que disminuye la capacidad para resistir las fuerzas deformantes provocadas por el calzado o el peso corporal⁴⁵.

Kilmartin et al⁴⁶ encontraron que la frecuencia del pie plano (figura 1) en la población normal y en personas con HV es esencialmente la misma. También observaron que el pie plano en edades juveniles no presenta una asociación

significativa con la magnitud de la deformidad. Saragas et al⁴⁷ tampoco hallaron asociación entre el grado de pie plano y la severidad del HV. Sin embargo, Grebbing et al⁴⁸ demostraron en su estudio que la presencia de un arco bajo era significativamente más frecuente en el grupo de adultos con HV que en el grupo de control.

El aumento de pronación del retropié, asociado a una situación de hiperlaxitud ligamentosa, favorece la progresión hacia la deformidad en HV debido a que las partes blandas mediales de MTF que soportan las estructuras óseas son incapaces de mantener estas fuerzas deformantes. Este hecho ha sido demostrado por distintos autores en diferentes trabajos, en los que han conseguido relacionar la laxitud ligamentosa con el desarrollo del HV^{49,50,51}.



Figura 1: A la izquierda vista dorsoplantar (DP) de pies planos bilaterales en bipedestación. A la derecha, vista lateral. Fuente: elaboración propia.

1.2.1.6. Hiper movilidad articulación cuneometatarsiana

Lapidus⁵² fue el primero en sugerir que la que la hiper movilidad de la articulación entre la primera cuña y M1 constituía una causa primaria del desarrollo de un HV. También Coughlin et al⁵³ consideraron que la articulación CM es la clave del desarrollo y progresión de una deformidad en HV. Sin embargo, en la actualidad existe poca evidencia para apoyar esta teoría.

Estudios recientes podrían refutar estas afirmaciones^{15,54,55}, de forma que Coughlin et al¹⁵ observan en su serie una disminución significativa (>50%) de la movilidad de la CM1 tras la cirugía realizada en HV en cadáveres, a pesar de no realizar su artrodesis, lo que sugiere que la hipermovilidad de dicha articulación podría ser más una consecuencia del HV que una causa primaria del mismo. En esta línea, Doty et al⁵⁵ realizaron una revisión actualizada del tema, concluyendo que no se había demostrado que la inestabilidad aislada en el plano sagital fuera una causa definitiva del desarrollo del HV, del mismo modo que no se había demostrado que la hipermovilidad del primer radio en sí fuera una entidad patológica.

Ravenell et al⁵⁶ advirtieron sobre el alto riesgo de interpretar erróneamente el movimiento normal sagital la CM1 como una situación de hipermovilidad.

Otros autores tampoco han hallado relación alguna, pero recomiendan más estudios para investigar el hecho de si la flexibilidad articular podría jugar un papel en el desarrollo de un HV.

1.2.1.7. Acortamiento tendón de Aquiles

El equino del tobillo, debido al acortamiento del sistema gastrocnemio-aquileo-plantar actúa como una fuerza que favorece y perpetúa la pronación del pie, colaborando al desarrollo de deformidades en los pies, entre ellas el HV^{57,58,59}.

Varios estudios han relacionado la contractura del tendón de Aquiles con el desarrollo del HV^{3,49,60}. Coughlin et al¹⁵ hallaron una incidencia entre el 12% y el 54% de tobillos con dorsiflexión <10° en pacientes con HV moderado y severo.

Sin embargo, no encontraron relación entre el grado de flexión dorsal y la severidad del HV. Tampoco confirmaron esta relación Grebing et al⁴⁸, al referir un 81% de pacientes sanos (sin HV) con $<10^\circ$ de dorsiflexión. Ante esta situación, en el momento actual, el alargamiento del complejo gastrocnemio-soleo no es un gesto quirúrgico habitual que suele asociarse a la cirugía del HV.

1.2.2. FACTORES EXTRÍNSECOS

1.2.2.1. Calzado

El HV ocurre casi exclusivamente en personas que usan zapatos para caminar⁴⁹, siendo raro en los que usan sandalias o que caminan descalzos si bien es cierto que en éstos últimos también puede aparecer la deformidad de HV pero generalmente debido a causas hereditarias. En cambio, en los pacientes que usan calzado es más común la aparición de un “juanete” sintomático y doloroso, debido a la presión que ejerce el calzado sobre el bunió^{3,8}. El hecho de que sea más frecuente en mujeres que en hombres (8:1), que sea extremadamente raro en niños y que la alteración sea prácticamente inexistente en poblaciones descalzas o con calzados amplios apoya la hipótesis de que el calzado es uno de los factores extrínsecos más importantes en el desarrollo del HV^{10,11}.

El efecto de un zapato estrecho y con punta (figura 2) sobre un antepié ancho obliga a los dedos laterales a desviarse hacia al centro contra los demás dedos^{3,6,61}. Multitud de estudios han descrito una proporción de HV en mujeres de 9:1²⁸ o incluso de 15:1⁴¹ en relación a los hombres, lo que está directamente relacionado con el tipo de calzado que usan las mujeres, que es mucho más exigente en cuanto a moda y diseño se refiere que el de los varones, que suele

ser mucho más ancho^{62,63}. Un calzado inapropiado incluiría aquellos demasiado apretados y de tacón alto que impulsan el peso del cuerpo hacia adelante y aumentan la presión plantar del antepié⁶³.



Figura 2: Calzado de mujer con tacón alto y punta estrecha. Fuente: elaboración propia.

Aunque el calzado parece ser un factor extrínseco decisivo en el desarrollo del HV^{15,64,65}, la deformidad no aparece en un gran porcentaje de personas que utilizan zapatos por lo que deben existir otros muchos factores que influyen en su desarrollo³⁴. Nix et al⁵⁷. realizaron un metaanálisis en el que concluyen que no hay suficiente evidencia para poder afirmar dicha relación recomendando la realización de más estudios para investigar el impacto real de la altura del talón, el ajuste del calzado y el tipo de calzado en el desarrollo del HV.

1.2.2.2. Factores ocupacionales

Determinados trabajos o aficiones pueden conllevar posturas en flexión forzada de MTF1, como en el caso de bailarinas, o la necesidad de utilizar calzados con materiales extremadamente rígidos y poco anatómicos⁶⁶. Quizá

está pueda ser la razón de que estos factores se hayan relacionado con el desarrollo de esta deformidad^{2,29}.

Coughlin et al⁶⁷ comunicaron que los pacientes no solían considerar su profesión como la causa de aparición de la deformidad y sólo el 17% lo relacionaban. Sin embargo, Cho et al²³ determinaron una relación estadísticamente significativa entre los trabajos no manuales y la prevalencia de HV.

1.3. EPIDEMIOLOGÍA

El HV es una deformidad frecuente del antepié cuya prevalencia aumenta con la edad³⁶. Los datos publicados establecen que entre un 21 % y un 65% de las personas mayores de 65 años pueden padecer HV⁶⁸.

Torralba-Estelles⁶⁹ publica en su Tesis Doctoral que la alteración más prevalente en 606 pacientes atendidos en las consultas de podología era la hiperqueratosis, con el 69% de la muestra, seguido por alteraciones en los huesos y articulaciones como el HV, con una prevalencia del 59% de la muestra. En un 28,1% de objetivó la presencia de dedos en martillo.

Como ya se ha explicado con anterioridad, el desarrollo del HV está ligado a un fuerte patrón materno, habiéndose asimismo observado una aparición más temprana de la sintomatología en aquellos pacientes con antecedentes familiares de HV. En los hombres el HV es predominantemente una deformidad transmitida por factores maternos, con un debut precoz y una deformidad más severa que la que ocurre en mujeres^{24,29,41,70}.

La prevalencia varía en la literatura entre el 7,8% y el 15,4% en jóvenes, el 23% y el 36,3% en adultos, y un 35,7% en ancianos^{24,70}. El índice de masa corporal²⁹, el tipo de calzado⁷¹, y el dolor en primer dedo^{24,35} también están relacionados directamente con el HV.

1.4. MÉTODOS DIAGNÓSTICOS

1.4.1. CLINICA

Los motivos principales de consulta por HV son el dolor sobre la eminencia medial (consecuencia de la irritación del nervio cutáneo dorsal medial) y la deformidad⁸. La fricción de la piel con el calzado puede ocasionar irritación cutánea e inflamación de la bursa, provocándose higromas, bursitis, ulceración o incluso una infección local¹⁵. La presencia de una hiperqueratosis en la zona medial del primer dedo y en el borde medial de la primera cabeza metatarsal (pinch callus) pueden ser también causa de dolor⁷².

A medida que avanza la deformidad y, en estrecha relación con el grado de pronación que desarrolle el primer dedo, se pueden asociar problemas ungueales secundarios a la rotación o la desviación del primer dedo, fundamentalmente paroniquias y uña encarnada⁷³.

Otros motivos frecuentes de consulta son la incapacidad o dificultad para la utilización del calzado habitual (fundamentalmente en mujeres), la limitación de las actividades cotidianas a causa de la patología del pie o la insatisfacción estética².

La progresiva insuficiencia de MTF1 para soportar cargas tiene como consecuencia la transferencia del peso a lo largo del borde lateral del antepié, lo cual produce la aparición de lesiones por transferencia bajo las cabezas de los metatarsianos centrales. Por ello, con la evolución del HV, es frecuente la aparición de hiperqueratosis plantares y helomas, así como el desarrollo de deformidades digitales (dedos en garras, en martillo, clinodactilia, dedo supraaducto, dedo crossover...) que completan el cuadro sindrómico característico de un paciente con HV^{6,28} (figura 3).



Figura 3: A la izquierda, vista DP de HV severo con pronación asociado a deformidades digitales. A la derecha, visión lateral. Fuente: elaboración propia.

1.4.2. ESCALAS DE VALORACIÓN FUNCIONAL

1.4.2.1. Escala Visual Analógica (EVA)

La escala visual analógica (EVA) valora la intensidad del dolor con la ayuda de una escala que recoge números del 0 al 10, siendo 0 la ausencia completa de dolor y 10 el peor dolor máximo de forma que el paciente marca en

ella la intensidad del dolor que padece. Esta escala ha sido validada para la cirugía del pie y es ampliamente utilizada por su fiabilidad⁷⁴.

1.4.2.2. Escala AOFAS-HMI (American Orthopaedic Foot and Ankle Society) de Hallux-Metatarsofalángica-Interfalángica (HMI)

La escala American Orthopaedics Foot and Ankle Society (AOFAS) de hallux-metatarsofalángica-interfalángica (HMI) fue descrita por Kitaoka en 1994⁷⁵. Está dividida en tres apartados, en los que se valoran el dolor (de 0 a 40 puntos), la funcionalidad (de 0 a 45 puntos) y la alineación del primer radio (de 0 a 15 puntos), con una puntuación máxima de 100 puntos⁵³. Esta escala está validada y es ampliamente utilizada en la valoración de la patología del pie y tobillo^{76,77,78,79,80,81}.

En la valoración del paciente con HV, la máxima puntuación se consigue en un paciente sin dolor, con un rango de movilidad completo de la MTF1 y la articulación interfalángica, con ausencia de inestabilidad articular, buen alineamiento y ninguna limitación para las actividades diarias ni recreativas ni para la utilización de calzado habitual⁸⁰. Para categorizar la variable, el resultado se ha clasificado como excelente (entre 100 y 91 puntos), bueno (entre 90 y 81 puntos), regular (entre 80 y 71) y malo (igual o menor de 70 puntos)⁸².

1.4.2.3. Escalas de satisfacción

El HV sintomático asocia un deterioro de la calidad de vida del paciente²⁴. Existen multitud de escalas clínicas para medir la funcionalidad y la calidad de vida de pacientes con HV antes y después de la cirugía. En este estudio además,

hemos preguntado para valorar la satisfacción del paciente tras la cirugía del HV, tres simples preguntas al paciente: si volverían a operarse, cómo se encontraban respecto al alivio del dolor (mejor, peor o igual que antes de operarse) y qué opinaban respecto al resultado estético de su antepié tras la cirugía (mejor, peor o igual que antes de operarse).

1.4.3. RADIOLOGIA

1.4.3.1. Protocolo de obtención de radiografías

Los estudios radiológicos realizados en la evaluación del paciente con HV son la proyección DP y lateral en bipedestación, siguiendo los criterios del Comité de Mediciones y Terminología de la AOFAS^{83,84}.

En la proyección DP el aparato de rayos X se coloca a 1 metro de la placa, con el haz de rayos inclinado 15° desde el plano vertical DP, centrado en el tubérculo del escafoides. Esta inclinación del tubo se ha establecido como técnica estándar.

Para la proyección lateral, la placa de rayos X se coloca en contacto con la cara medial del pie y el haz de rayos incide perpendicular a la placa, centrado en un punto inmediatamente por encima de la base del quinto metatarsiano y a una distancia de 1 metro.

1.4.3.2. Mediciones radiográficas

Se describen los ángulos medidos en el HV en radiografía DP y lateral. Los ángulos más utilizados para medir la severidad del HV son el HVA y el IMA.

En radiografía dorsoplantar:

1.4.3.2.1. Ángulo metatarsofalángico (HVA)

Es el ángulo formado entre M1 y F1. La AOFAS⁸⁵ recomienda utilizar para su medición las bisectrices que se forman tomando como referencia puntos equidistantes de la cortical medial y lateral de M1 y F1, tanto en la zona metafisaria proximal como distal, a 1-2 cm de la superficie articular proximal y distal en M1 y 0,5-1 cm en F1^{2,86} (figura 4).

Según la clasificación de Coughlin, se considera un ángulo normal si es $<15^\circ$, deformidad leve $<20^\circ$, moderada $20-40^\circ$ y grave $>40^\circ$ ^{2,15,87}.

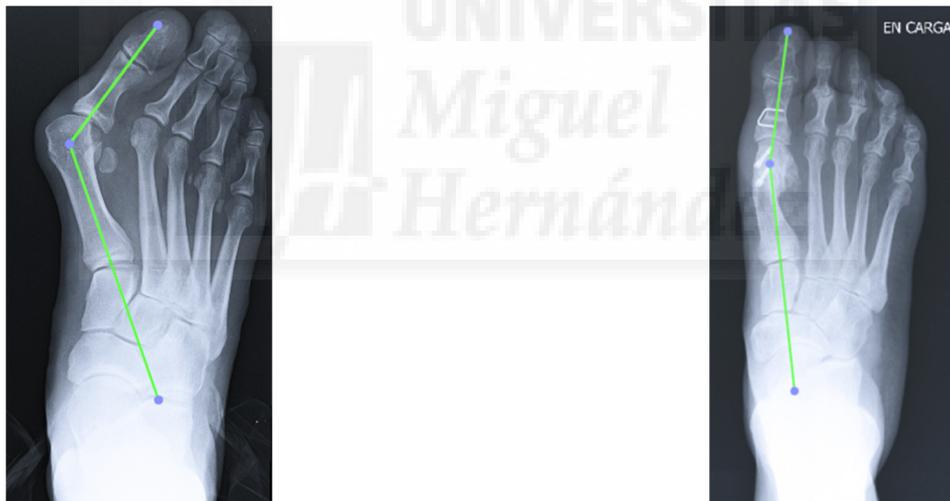


Figura 4: Proyección DP indicando el ángulo metatarsofalángico (HVA). A la izquierda, prequirúrgico. A la derecha, postquirúrgico. Fuente: elaboración propia.

1.4.3.2.2. Ángulo intermetatarsiano (IMA)

Es el ángulo formado entre el primer y segundo metatarsiano (M2).

Se han descrito hasta cinco métodos de identificación del eje de los metatarsianos tomando diferentes puntos de referencia. Los tres más utilizados

son: el método que utiliza el centro de cabeza al centro de base⁸⁸, el centro de las superficies articulares proximal y distal⁸⁹, y el eje mediodiafisario proximal y distal (a 1-2 cms de la superficie articular proximal y distal)^{40,90}. La AOFAS⁸⁵ recomienda localizar los puntos de referencia desde el centro de cabeza al centro de la base. Se considera un ángulo normal si es $<9^{\circ}$, deformidad leve $<11^{\circ}$, moderada 11-16 $^{\circ}$ y grave $>16^{\circ}$ ^{40, 91} (figura 5).

Tras la realización de una osteotomía distal, los puntos de referencia distales varían enormemente y son difíciles de identificar por lo que varios autores recomiendan modificar los puntos de referencia para la medición de este ángulo debido a la dificultad para determinar el nuevo eje metatarsal tras la lateralización de la cabeza tras la cirugía^{85,92}. Estos autores proponen utilizar el sistema de medición desde el centro de la cabeza al centro de la base de M1, tal y como describió Miller el al⁸⁸. Por este motivo, también en este caso la AOFAS⁸⁵ recomienda localizar los puntos de referencia a este nivel (figura 6).

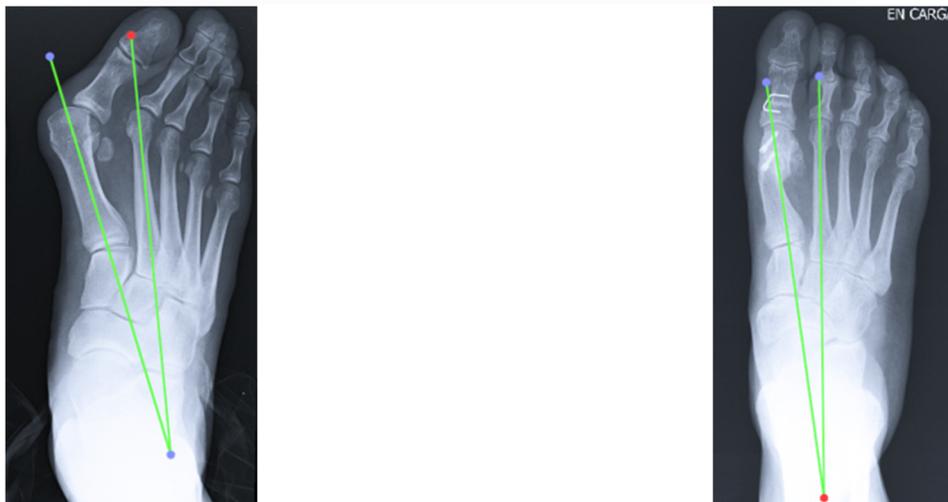


Figura 5 y 6: Proyección DP indicando el ángulo intermetatarsiano (IMA). A la izquierda, prequirúrgico. A la derecha, postquirúrgico. Fuente: elaboración propia.

1.4.3.2.3. Ángulo DMAA (distal metatarsal articular angle)

El DMAA, también conocido como proximal articular set angle (PASA), es el ángulo que determina la relación que existe entre la superficie articular distal de M1 respecto a su eje diafisario.

Para medirlo, se traza una línea que une los puntos más medial y lateral del cartílago articular de MH1. La línea que conecta estos dos puntos define la pendiente lateral de la superficie articular. A continuación, se traza una línea perpendicular a esta línea. El ángulo formado por esta línea perpendicular y el eje diafisario longitudinal de M1 es el ángulo articular proximal (figura 7). Se considera normal si es $< 6 - 10^{\circ}$ ¹⁵.

Su medición presenta cierta dificultad debido a que el límite medial y/o lateral de la superficie articular de la primera cabeza del metatarsiano muchas veces no están claramente definidos en las radiografías, sobre todo en los casos de deformidades severas en las que se asocian cambios rotacionales en el metatarsiano^{41,93,94,95}.



Figura 7: Proyección DP indicando el distal metatarsal articular angle (DMAA).
Fuente: elaboración propia.

1.4.3.2.4. Ángulo PPAA (proximal phalangeal articular angle)

El PPAA también conocido como distal articular set angle (DASA), es el ángulo que determina la relación que existe entre la superficie articular proximal de F1 del primer dedo respecto a su eje diafisario.

Para medirlo, se traza una línea que une los puntos más medial y lateral del cartílago articular de la base de la primera falange del primer dedo y a continuación se dibuja una línea de referencia perpendicular a dicho eje. Por último, se marca el eje central diafisario de F1. El ángulo formado por la línea perpendicular al eje de F1 y la línea articular proximal de dicha falange es al ángulo articular distal¹⁵ (figura 8). Se considera normal entre 0° y 7,5°⁹⁶.



Figura 8: Proyección DP indicando el proximal phalangeal articular angle (PPAA). Fuente: elaboración propia.

1.4.3.2.5. Longitud absoluta y relativa del primer y segundo metatarsiano

La longitud absoluta tanto de M1 como de M2, es la distancia en milímetros (mm) que hay desde el extremo más proximal del metatarsiano hasta

su extremo más distal (cabeza). Se mide trazando una línea longitudinal que pasa por el centro del metatarsiano, desde su cabeza hasta la base⁹⁷ (figura 9).

La longitud o protusión relativa de M1-M2 es la distancia en mm en que uno de los dos metatarsianos sobrepasa al otro. De esta medición, surge el concepto de índice o fórmula metatarsal descrito por Nilsonne en 1930⁹⁸.

Cuando M1 se prolonga más distalmente que M2, la fórmula metatarsal se denomina index plus. Si por el contrario es M2 el que más se prolonga, la fórmula se llama index minus y finalmente, en los casos en que ambos metatarsianos son iguales, se denomina index plus minus.

Para la medición de la longitud relativa entre M1 y M2, se ha utilizado el método de Hardy y Clapham⁴⁰ (figura 10), en el que se mide la distancia entre 2 líneas curvas/rectas paralelas entre sí trazadas desde los puntos más distales de las cabezas de M1 y M2, con centro en la intersección entre el eje diafisario de M2 y una línea transversa metatarsal que une la zona más posterior de la tuberosidad escafoidea y el centro de la articulación calcaneocuboidea. Este método de medición es el recomendado por la AOFAS⁹⁹.



Figura 9 y 10: A la izquierda, proyección DP indicando la longitud absoluta de M1 y M2. A la derecha, la longitud relativa de M1-M2. Fuente: elaboración propia.

En radiografía lateral:

1.4.3.2.6. Ángulo declinación del primer metatarsiano (MDA)

El MDA (first metatarsal declination angle) es el ángulo formado entre la bisectriz de M1, determinada por la línea que une el punto intermedio entre la cortical más dorsal y volar medida en la metáfisis de M1, y una segunda línea tangencial desde la tuberosidad plantar del calcáneo hasta el sesamoideo medial (figura 11). Evalúa la posición de M1 en relación a la planta del pie. Su valor normal es de 19° - 25° ¹⁰⁰.



Figura 11: Proyección lateral indicando el ángulo de declinación de M1 (MDA). Fuente: elaboración propia.

1.4.3.2.7. Elevación primer metatarsiano (MPE)

El MPE (metatarsus primus elevatus) es la distancia en mm que existe entre la cortical dorsal de M1 y la del segundo, medida a nivel de la unión cabeza-cuello (figura 12). El valor normal es $<$ o igual a 8 mm^{101,102}.



Figura 12: Proyección lateral indicando la elevación de M1 (MPE). Fuente: elaboración propia.

1.5. BAROPODOMETRÍA

La baropodometría es el estudio de la distribución de las presiones plantares. Es una disciplina que en los últimos 20 años ha experimentado grandes avances con el desarrollo de nuevos sistemas de medición

Se trata de un método no invasivo, repetible y cuantificable, que permite conocer, a través de sensores, el valor de las presiones que se ejercen en diferentes puntos de la superficie plantar^{103,104,105}.

El estudio es posible tanto en la posición estática del pie durante la bipedestación o como en la fase de apoyo completo durante la marcha. El aspecto más importante e innovador lo ha supuesto la posibilidad del estudio de la carga del pie en la fase dinámica de la marcha¹⁰⁶. Durante esta fase es posible registrar la superficie que abarca cada paso, la presión máxima (P_{max}) y la presión media (P_{med}) ejercida en cada fase individual durante el desarrollo del paso, la velocidad de movimiento del pie en cada fase, la fuerza máxima (F_{max}) y la fuerza media (F_{med}) ejercida por el peso y todo en función del tiempo (integral presión/tiempo: (I_p/t)).

Los resultados obtenidos permiten evaluar la distribución de las presiones a lo largo del periodo de apoyo del pie en su evolución temporal¹⁰⁷, las áreas de mayor presión, y los picos de presión que se van formando en la fase de apoyo¹⁰⁸.

Gracias al estudio y al conocimiento de cuáles son los valores de las presiones plantares en situaciones de normalidad, se pueden comparar las distribuciones de carga en presencia de patología y evaluar cuales son las

implicaciones de la distribución patológica de cargas sobre las estructuras esenciales del pie^{109,110,111}.

Los dos sistemas de baropodometría más utilizados en los estudios publicados en la literatura son:

1.5.1. PLATAFORMA DE PRESIONES

Son instrumentos electrónicos y permiten evaluar la presión tanto estática como dinámica^{112,113}. Son una “alfombra” constituida por una matriz de sensores (en forma de plataforma o pasillo) que al soportar una presión determinada generan una diferencia de potencial que puede ser medido (figura 13). Este valor de tensión eléctrica es leído por los propios sensores de la plataforma y mediante un programa informático reconstruye una imagen de huella plantar con una gama de diferentes colores, según los puntos con la misma presión, proporcionando así los diferentes valores de presión detectados (figura 14) que pueden ser cuantificados.

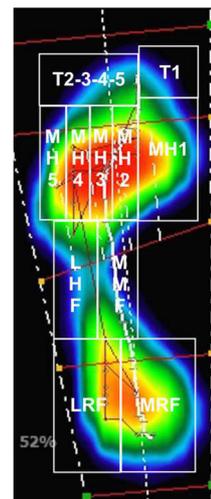


Figura 13 y 14: A la izquierda, plataforma de presiones RUNTIME utilizada en este estudio (Diagnostic Support España S.L., Bormujos, España). A la derecha baropodometría de HV con sobrecarga de los metatarsianos centrales. Fuente: elaboración propia.

1.5.2. PLANTILLAS INSTRUMENTADAS

Son plantillas que actúan a modo de plataformas flexible provistas de un número de sensores de presión incorporados. El número de sensores es variable, de forma que la medición será más fiable cuanto mayor número de sensores contengan. Los sensores se hallan situados entre el pie y el zapato y captan las presiones ejercidas por las fuerzas verticales, en cualquier escenario cotidiano (domicilio, pistas deportivas o a campo abierto)^{114,115}. Su ventaja principal es que durante la recogida de los datos el paciente deambula calzado reproduciendo la situación fisiológica de la marcha.

Las plantillas se introducen dentro del calzado y se conectan a unos transductores que se fijan a la pierna del paciente, los cuales envían las medidas a un ordenador, que recoge, trata y muestra la huella recogida gracias al software asociado. Los últimos modelos se conectan por radiofrecuencia, eliminando la utilización de cables que puedan interferir con la marcha normal.

1.6. TRATAMIENTO

1.6.1. CONSERVADOR

En general, siempre se debe considerar como primera opción el tratamiento conservador del HV previo a plantear cualquier tratamiento quirúrgico, con la excepción de aquellos casos en los que la deformidad sea tan severa y dolorosa que el tratamiento médico no represente ningún beneficio¹¹⁶. Fundamentalmente en los estadios iniciales, el tratamiento conservador puede mejorar los síntomas clínicos e incluso frenar la progresión de la deformidad.

El elemento más importante es el uso de un zapato adecuado¹¹⁷. Es fundamental el uso de un calzado de horma ancha, blanda, redondeada, que no

comprima los dedos y con un tacón, en el caso de las mujeres, con una altura no mayor a 4-5 cm.

La utilización de una plantilla a medida (ortesis plantar) con una barra retrocapital o una zona de descarga bajo las cabezas metatarsales es de gran utilidad en el caso de que, además, exista una metatarsalgia asociada¹¹⁶ (figura 15). El tratamiento ortopodológico con ortesis plantares, permite tratar simultáneamente las posibles alteraciones o desaxaciones asociadas al HV, como el pie plano, el valgo del retropié o la pronación excesiva de la articulación subastragalina, lo que es primordial para el control de la sintomatología del paciente. La práctica regular de ejercicios de reequilibrio muscular y elongación del tendón de Aquiles son útiles en aquellos pacientes que asocien metatarsalgia y que presenten una musculatura posterior corta.



Figura 15 : Ortesis plantares para el tratamiento de la metatarsalgia. Fuente: elaboración propia.

El tratamiento sintomático de la bursitis con AINES por vía tópica u oral, así como el uso de distintas terapias físicas pueden controlar los episodios agudos de dolor. La utilización de protectores de silicona u otro material blando

(figura 16) situados en la zona de dolor donde presiona el zapato (bunion) sirven para aliviar la presión directa.

Los separadores u ortesis de silicona que se colocan entre el primer y segundo dedos son generalmente mal tolerados dentro del calzado, y además, solo tienen un efecto sintomático, nunca curativo¹¹⁷, al igual que las ortesis y férulas de uso nocturno que han demostrado no tener un efecto permanente¹¹⁸. Aun así, estas medidas son en ocasiones suficientes para controlar los síntomas en los casos de deformidades leves o moderadas pudiendo retrasar e incluso en ocasiones evitar el tratamiento quirúrgico¹¹⁸.



Figura 16: Separadores interdigitales de silicona, ortesis nocturnas y dediles protectores. Fuente: elaboración propia.

1.6.2. QUIRÚRGICO

La indicación principal para el tratamiento quirúrgico del HV es el dolor y la dificultad o incapacidad para poder utilizar el calzado habitual¹¹⁹. En ningún caso, los motivos estéticos deberían ser determinantes para indicar la cirugía. El objetivo, en todos los casos, consistirá en corregir todos los elementos patológicos de la deformidad para conseguir un antepié biomecánicamente funcional.

En la actualidad se han descrito más de 130 técnicas quirúrgicas para el tratamiento del HV^{116,120,121,122,123,124}, sin que ninguna de ellas, por sí sola, sirva para corregir todas las deformidades presentes en el mismo.

Estas técnicas pueden dividirse en procedimientos sobre tejidos blandos, osteotomías metatarsianas (proximales, diafisarias y distales), cirugía mínimamente invasiva (MIS) o percutánea, artrodesis, artroplastias y procedimientos combinados^{116,122}.

1.6.2.1. Procedimientos sobre partes blandas

Comprende la liberación lateral de los tejidos blandos mediante capsulotomía y tenotomía del aductor y el retensado (figura 17) y plicatura de la cápsula medial¹²⁵ (figura 18). La exostectomía medial ha de realizarse de forma constante pero nunca como gesto quirúrgico aislado.

La técnica de McBride¹²⁶, utilizada ampliamente años atrás, incluye la desinserción del musculo aductor de la base de F1 y su reinserción en la cara lateral de M1 junto con la extirpación del sesamoideo lateral. Según la mayoría de los autores cuando el IMA es mayor de 8 a 10° es muy difícil lograr la corrección sólo con procedimientos sobre partes blandas, y es totalmente insuficiente si el ángulo IMA es superior a 15°¹²⁷. Una complicación importante del procedimiento de McBride es el hallux varus, de tal modo que Mann y Coughlin reportan ésta complicación en el 11% de su serie⁴⁹.



Figura 17 y 18 : A la izquierda, liberación de los tejidos laterales. A la derecha, plicatura capsular medial. Fuente: elaboración propia.

1.6.2.2. Cirugía MIS (Minimally Invasive Surgery) o percutánea

La cirugía MIS implica la utilización de abordajes mínimos y la realización de correcciones óseas y de partes blandas de forma percutánea o mediante técnicas artroscópicas o endoscópicas. Es obligatorio el uso de escopia (figura 19). El concepto como técnica quirúrgica fue descrito por Isham¹²⁸ y desarrollado ampliamente por De Prado^{17,129} en España.

Numerosos estudios muestran las ventajas de esta técnica, entre las que destacan una menor agresión quirúrgica, un menor tiempo quirúrgico, una recuperación más rápida^{130,131}, un mejor aspecto cosmético y una menor tasa de complicaciones¹³².

Las indicaciones para la realización de esta técnica quirúrgica no están definitivamente establecidas de forma que autores como Lin et al¹³² defienden la realización de la osteotomía distal mínimamente invasiva en IMA <15°, mientras que otros autores como Oliva et al¹³³ consideran indicadas las técnicas MIS incluso para casos de HV con IMA>20° y HVA >40°.

La cirugía consiste en un tiempo óseo en el que se elimina la eminencia medial de MH1, una osteotomía metatarsal de Reverdin-Isham para corregir el ángulo PASA^{128,130,134} y una osteotomía de varización en F1. En cuanto a las

partes blandas, se realiza la liberación lateral con tenotomía percutánea del tendón aductor del hallux y artrolysis lateral. La utilización de un vendaje postquirúrgico es fundamental para mantener las correcciones óseas obtenidas intraoperatoriamente^{17,130,134} (figura 20).



Figura 19: Posición del pie sobre el intensificador de imágenes durante la cirugía MIS. Fuente: elaboración propia.



Figura 20: A la izquierda, resección del bunion durante cirugía MIS. En el centro, vendaje postquirúrgico. A la derecha, control radiológico tras cirugía MIS. Fuente: elaboración propia.

La recidiva de la deformidad se describe como la complicación más frecuente y se atribuye a una incorrecta indicación quirúrgica o la corrección insuficiente del PASA^{17,130}.

1.6.2.3. Artrodesis

Descrita por Broca¹³⁵ y por Clutton¹³⁶ consiste en la fusión de MTF1, tras la eliminación de los restos de las superficies cartilaginosas. Permite preservar la longitud del metatarsiano y otorga estabilidad al primer radio (figura 21).

Sus indicaciones son los casos de HV severos, con gran incongruencia articular e importantes signos de artrosis MTF, en casos de artritis reumatoidea y como cirugía de rescate en los casos de fracaso de cirugías previas^{137,138}. La pseudoartrosis, la consolidación viciosa y la metatarsalgia de transferencia se describen como las complicaciones más frecuentemente asociadas^{139,140}.

La posición más idónea en la que debe ser artrodesada la MTF1 es con 15°- 20° de dorsiflexión de F1, con 15° de valgo de MTF y en rotación neutra^{141,142}.



Figura 21: A la izquierda, preparación de las superficies articulares para la artrodesis MTF. En el centro, osteosíntesis con placa dorsal y tornillo a compresión interfragmentaria. A la derecha, control radiológico de artrodesis MTF bilateral (asociado a osteotomías de Weil). Fuente: elaboración propia.

1.6.2.4. Artroplastia

Ampliamente difundida por Keller¹⁴³ en EEUU y por Brandes en Alemania¹⁴⁴, esta artroplastia de resección consiste en la resección de aproximadamente 1/3 de la base de F1 con el objetivo de descomprimir la MTF1 relajando las

estructuras laterales contracturadas (figura 22). Se asocia a la exéresis de la eminencia medial y la capsulorrafia de las partes blandas mediales²⁰.

Aunque ha sido ampliamente utilizada, en la actualidad sus indicaciones quedan limitadas fundamentalmente a pacientes de edad avanzada con baja demanda funcional y signos degenerativos MTFs en ausencia de metatarsalgia asociada, ya que entre las complicaciones más frecuentes derivadas de esta técnica destaca la sobrecarga metatarsal lateral por transferencia^{121,123}. El acortamiento severo del primer dedo y la deformidad en varo o valgo (figura 23), o la rigidez interfalángica y la hiperextensión de MTF1 por disminución de la fuerza flexora son otras de las complicaciones derivadas de esta técnica quirúrgica^{137,145,146}.

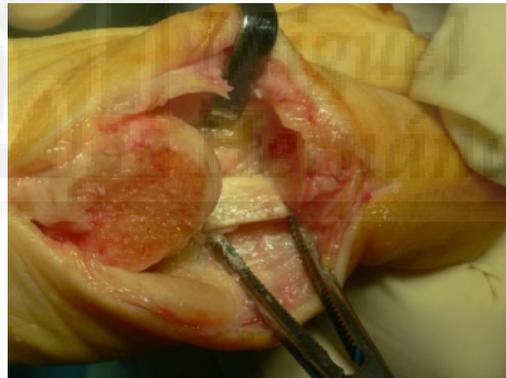


Figura 22: Imagen intraoperatoria de artroplastia de resección tipo Brandes-Keller. Fuente: elaboración propia.



Figura 23: Complicaciones tras artroplastia resección tipo Brandes-Keller. A la izquierda, imagen clínica de acortamiento excesivo del primer dedo. En el centro, hallux varus postquirúrgico. A la derecha, control radiológico. Fuente: elaboración propia.

1.6.2.5. Osteotomías metatarsales

Las osteotomías metatarsales se clasifican según su localización en proximales, diafisarias o distales.

La localización de la osteotomía en el metatarsiano es crucial ya que determina la mayor o menor capacidad de corrección ósea de forma que cuanto más proximal es la osteotomía mayor capacidad de corrección existe sobre el IMA y menor sobre el HVA, y al revés, cuanto más distal es la osteotomía, más se puede corregir el HVA y menos el IMA. Las osteotomías diafisarias permiten la corrección de ambos ángulos de una manera altamente satisfactoria si bien son técnicamente exigentes.

1.6.2.5.1. Primer radio

1.6.2.5.1.1. Osteotomías proximales

Las osteotomías proximales están indicadas fundamentalmente en los casos de HV con deformidades moderadas-severas¹⁴⁷. Dependiendo de la fórmula metatarsal que se asocie al HV, se han descrito diferentes diseños de osteotomía (figura 24): arciformes (mantiene la longitud de M1), de apertura (aumenta la longitud de M1) o en cuña de cierre (disminuye la longitud de M1). La principal ventaja de la osteotomía arciforme frente a la de cierre es que la preservación de la longitud metatarsal

disminuye el riesgo de desarrollar una metatarsalgia de transferencia. Sin embargo, y a pesar de su versatilidad, la principal desventaja de las osteotomías proximales es su gran inestabilidad intrínseca lo que obliga a la utilización de sistemas de osteosíntesis en todos los casos y a demorar la carga durante semanas.



Figura 24: Control radiológico de osteotomías de la base con dos sistemas de osteosíntesis diferentes. Fuente: elaboración propia.

1.6.2.5.1.2. Osteotomías diafisarias

Indicadas en los casos de HV de grado moderado-severo en los que las osteotomías distales tienen limitaciones para la corrección satisfactoria del HVA y existe un IMA elevado.

La más común es la osteotomía de Scarf, consistente en una osteotomía diafisaria en forma de Z que permite desplazamientos de hasta más de dos tercios de la anchura metatarsal^{147,148}.

Se trata de una osteotomía que permite, mediante el diseño de los distintos cortes óseos, realizar traslaciones de MH1 en los diferentes planos del espacio: permite acortar o alargar el metatarsiano (plano sagital), descender o

elevar MH1 (plano coronal), además de permitir la rotación/desplazamiento del fragmento plantar para corregir el PASA (plano axial)^{123,149,150,151} (figura 25). La corrección de este ángulo se puede conseguir aumentando el desplazamiento lateral de la parte más proximal de la osteotomía, con respecto a la distal, alcanzándose correcciones de hasta 10°-18°¹⁵². Gracias a la amplia superficie de contacto existente entre los fragmentos y a los distintos tipos de fijación interna, se convierte en una osteotomía con gran estabilidad intrínseca^{122,153} (figura 26).

La complicación más frecuente es la elevación de MH1 debido a un efecto de solapamiento o *troughing*, al acoplarse las corticales de las dos mitades de la diáfisis metatarsiana. Este hecho provoca una dorsiflexión del primer radio que conduce a un hallux limitus funcional y a una sobrecarga de los metatarsianos menores con el paso del tiempo^{8,154}.

Entre las contraindicaciones relativas se encuentran los HV de grado leve, la existencia de degeneración artrósica de MTF1, y la presencia osteoporosis o de un metatarsiano extremadamente fino^{149,152}.



Figura 25: Osteotomía de Scarf. Imagen intraoperatoria. Fuente: elaboración propia.



Figura 26: Osteotomía de Scarf. Control radiológico. Fuente: elaboración propia.

1.6.2.5.1.3. Osteotomías distales

Las osteotomías distales están indicadas en casos de HV de grado leve o moderado con subluxación de la MTF1. En los casos en los que el PASA es $> 15^\circ$, la resección de una pequeña cuña de hueso de la cara medial donde se realiza la osteotomía de chevron permite la rotación de la superficie articular hasta una posición más perpendicular al eje longitudinal del metatarsiano (Osteotomía chevron biplanar)¹⁵⁵.

Según algunos estudios, con este tipo de osteotomías se puede corregir aproximadamente 1° del IMA por cada mm de desplazamiento lateral conseguido¹⁷, y 5° de PASA por cada mm de cuña resecada en las osteotomías biplanares¹⁵⁶.

❖ Osteotomía tipo chevron

La osteotomía de chevron se basa en la descrita por Austin en 1962¹⁵⁷ y que fue posteriormente modificada por Johnson en 1991, al diseñar éste un trazo

de la osteotomía plantar algo más largo y horizontal. El vértice de la osteotomía se localiza en el centro geométrico de la cabeza metatarsiana, con un ángulo de 60°-70° entre los trazos de la osteotomía¹⁵⁸ (figura 27).

Recientemente, Mahadevan et al¹⁵⁹, han descrito una nueva modificación de la osteotomía (figura 28), en la que el vértice de la osteotomía se sitúa a 3-5 mm del centro geométrico de MH1, el corte dorsal se realiza más vertical y totalmente perpendicular a M2 en el plano axial y el corte plantar se realiza de forma mucho más horizontal, lo que resulta en una rama plantar más larga que se dirige ligeramente de medial a lateral. Este diseño en el trazo plantar de la osteotomía, proporciona una gran estabilidad intrínseca así como una amplia superficie de contacto entre ambos fragmentos que favorece la consolidación. El fragmento plantar de la osteotomía se desplaza todo lo que sea necesario hasta conseguir la corrección necesaria, lo que se comprueba mediante la realización de un test de carga intraoperatorio. La osteosíntesis se fija con 1-2 tornillos a compresión. Se reseca el borde óseo sobrante del lado medial, perteneciente al fragmento óseo dorsal.



Figura 27: Osteotomía en chevron clásica. Imagen intraoperatoria. Fuente: elaboración propia.



Figura 28: Osteotomía en chevron modificada por Mahadevan. Imagen intraoperatoria. Fuente: elaboración propia.

1.6.2.5.2. Osteotomías metatarsianos menores

❖ Osteotomía Weil

Esta técnica fue descrita originalmente por L. S. Weil ¹⁶⁰ y popularizada en los últimos años por L. S Barouk^{161,162}.

Se trata de una osteotomía paralela al plano del suelo desde distal-dorsal a proximal-plantar a nivel de la cabeza del metatarsiano (figura 29). Con ella se consigue retrasar la cabeza del metatarsiano la longitud prevista según planificación preoperatoria. Se puede asociar material de síntesis para la fijación¹⁶³.



Figura 29: Osteotomía de Weil. A la izquierda, imagen intraoperatoria de la osteotomía. A la derecha, osteotomía sintetizada con tornillo. Fuente: elaboración propia.

1.6.2.6. Osteotomías falángicas

La osteotomía de Akin (figura 30) consiste en la resección de una cuña ósea de base medial en F1 del primer dedo ampliamente utilizada para la corrección de la deformidad del HV IF (si se realiza a nivel diafisario) y a la deformidad del HV MTF (si se realiza a nivel metafisario proximal)¹⁶⁴.



Figura 30: Osteotomía falángica de Akin. A la izquierda, imagen intraoperatoria. En el centro, osteosíntesis con grapa de varización. A la derecha, control radiológico (asociado a osteotomía de M1 y artrodesis IF proximal segundo dedo). Fuente: elaboración propia.

1.7. ESTADO ACTUAL DEL TEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.

El HV es una deformidad del primer radio del pie con gran prevalencia en la población¹⁶⁵ que provoca dolor, molestias importantes con el uso de calzado y condiciona una alteración de la marcha y una reducción de la actividad física e incluso para las actividades de la vida diaria¹⁶⁶.

Una proporción importante de los pacientes con HV presentan, además una metatarsalgia central asociada¹⁶⁷, lo cual se ha atribuido a la teoría de transferencia de cargas desde un M1 corto o insuficiente hacia los metatarsianos menores relativamente más largos.

Si bien el tratamiento conservador consistente en la utilización de un calzado cómodo y de puntera ancha asociado al uso de separadores o protectores digitales debe ser siempre la primera opción de tratamiento, existe un amplio consenso en la necesidad de indicar el tratamiento quirúrgico si tras éste persiste dolor e incapacidad funcional.

Existen descritas multitudes de técnicas quirúrgicas para el tratamiento del HV, dependiendo fundamentalmente del grado de severidad del mismo, de la edad del paciente y de la existencia o no de una metatarsalgia central asociada. Entre estas técnicas quirúrgicas, destacan las osteotomías metatarsales y falángicas con diferentes diseños y localizaciones dependiendo del grado de corrección necesario para restaurar la deformidad.

En la actualidad, la indicación quirúrgica de un HV con o sin metatarsalgia se fundamenta únicamente en la exploración clínica y en el estudio radiográfico, con la realización de proyecciones DP y lateral en carga, en las que se valora el grado de la deformidad y la alteración de la parábola metatarsal.

Las mediciones baropodométricas no son, a día de hoy, un parámetro de uso común en la práctica clínica diaria ni influyen en la toma de decisiones o la planificación prequirúrgica de un HV con o sin metatarsalgia.

La bibliografía publicada hasta el momento ha obtenido resultados muy dispares en relación con la medición de las presiones plantares tanto en pies normales como en pies con HV, así como tras la realización de distintos tipos de osteotomías metatarsales, tanto por cirugía abierta como por cirugía percutánea^{9,72,106-109,111-112,115}.

Tras la búsqueda bibliográfica realizada existen pocos estudios que valoren los cambios de presión plantar que se producen en pies con HV con o sin metatarsalgia tras la realización de una osteotomía modificada de chevron (con rama plantar larga)¹⁵⁹, ni que las haya relacionado con el resultado radiológico, clínico o el grado de satisfacción del paciente tras la cirugía.

La aplicabilidad de nuestro estudio radica en que el conocimiento de las presiones plantares de un paciente que presenta un HV con o sin metatarsalgia antes de la cirugía nos permitiría discriminar y predecir cuáles de estos pacientes podrían evolucionar más favorablemente o tener menos dolor a los 6 meses de la cirugía o viceversa. Esto ayudaría a elaborar, prequirúrgicamente, un perfil más específico y completo del paciente, permitiendo por un lado, informar sobre las expectativas del resultado clínico y funcional tras el procedimiento quirúrgico, y por otro lado, aplicar un protocolo de recuperación del paciente con un seguimiento más exhaustivo y personalizado.

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS





La hipótesis de trabajo de esta investigación es averiguar si la baropodometría plantar es predictora de la evolución clínica de un paciente con HV asociado o no a metatarsalgia, tras el tratamiento quirúrgico.

Los objetivos propuestos son los siguientes:

Objetivo principal:

Determinar si la baropodometría plantar medida con un sistema validado y reproducible, es un predictor de la evolución clínica en el tratamiento quirúrgico del HV con o sin metatarsalgia asociada. Es decir, evaluar la relación entre las presiones plantares preoperatorias y los resultados clínicos tras la cirugía del HV.

Objetivos secundarios:

1. Evaluar la asociación entre las presiones plantares preoperatorias y el grado de HV (radiológico).
2. Analizar la asociación entre las presiones plantares preoperatorias y la metatarsalgia.
3. Evaluar el efecto de la técnica quirúrgica de la osteotomía en chevron modificada en el primer metatarsiano y la osteotomía de Akin respecto a las presiones plantares antes y después de la cirugía.

4. Evaluar el efecto de la técnica quirúrgica de la osteotomía en chevron modificada en el primer metatarsiano y la osteotomía de Akin asociada a osteotomía de Weil en los metatarsianos menores respecto a las presiones plantares antes y después de la cirugía.



3. MATERIAL Y MÉTODO





3.1. DISEÑO DEL ESTUDIO

Se diseñó un estudio, observacional de seguimiento de una cohorte durante un periodo de 6 y 12 meses, llevado a cabo desde enero de 2016 a enero de 2018 en la Clínica HLA Vistahermosa (Alicante). Se incluyeron, de forma consecutiva, todos aquellos pacientes atendidos en la Unidad de Pie y Tobillo de la Clínica HLA Vistahermosa entre enero de 2016 y junio de 2017 que cumplían los criterios de inclusión.

3.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población de estudio de esta investigación fue la población asignada a los hospitales públicos de la Provincia de Alicante.

La muestra del estudio fueron aquellos pacientes mayores de 18 años atendidos en la consulta de la Unidad de Pie y Tobillo de la Clínica Vistahermosa de Alicante con diagnóstico de HV con o sin metatarsalgia e indicación quirúrgica de dicha deformidad.

Esta Clínica posee un Sistema de Autoconcierto con los hospitales públicos de la provincia de Alicante que permite que estos pacientes sean intervenidos en dicha Clínica con el objetivo de controlar y reducir las listas de espera quirúrgicas.

3.3. DEFINICIÓN DE LA COHORTE

La cohorte del estudio estaba formada por pacientes con HV sin metatarsalgia a los cuales se les intervino únicamente del primer radio mediante

la realización de una osteotomía metatarsal en chevron modificada por Mahadevan¹⁵⁹ asociada a una osteotomía de Akin¹⁶⁴ de F1 y por pacientes con HV que además presentaban metatarsalgia, en los cuales se actuó simultáneamente sobre el primer radio y sobre los metatarsianos menores afectados mediante la realización de osteotomías de Weil^{160,161,162}.

3.4. TAMAÑO DE LA MUESTRA

Para detectar un odds ratio (OR) de 2 entre la asociación de la presión plantar medida por baropodometría y los pacientes con pobres resultados en la escala AOFAS-HMI (excelentes resultados (100-91), buenos (90-81), moderados (80-71) y pobres (menos de 70), según Becker et al⁸²) tras la cirugía, se estimó un tamaño muestral de 104 pacientes válidos, teniendo en cuenta una prevalencia de pobres resultados en la escala AOFAS-HMI del 15%, una potencia estadística del 80% y un error tipo I (alfa) de 0,05.

Se añadió un 10% de pérdidas estimadas en el seguimiento, con un total de 114 pacientes.

3.5. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Los pacientes de la muestra fueron seleccionados en base a los siguientes criterios de inclusión y exclusión.

❖ *Criterios de inclusión en el estudio:*

- Todos los pacientes mayores de 18 años operados desde el inicio del estudio.
- Diagnóstico de HV (de cualquier grado), asociado o no a metatarsalgia central.

- Consentimiento informado para participar en el estudio.

❖ *Criterios de exclusión para el estudio:*

Procesos que pueden alterar la cinemática del pie o sesgar la valoración funcional, como:

- Patología neurológica central o periférica
- Patología inflamatoria sistémica (reumatismos)
- Enfermedades metabólicas (diabetes, gota)
- Metatarsalgias secundarias (neuroma de Morton, enfermedad de Freiberg...)
- Metatarsalgias de 2º rocker
- Traumatismos previos del tobillo-pie
- Cirugía previa en tobillo-pie
- Infecciones previas en tobillo-pie
- Severas deformidades del pie (pies planos, pies cavos)

3.6. MÉTODO DE MUESTREO

El tipo de muestreo fue consecutivo, según los criterios de inclusión.

Los pacientes acudían a la consulta de la Unidad de Pie y Tobillo y aquellos que eran diagnosticados de un HV con indicación quirúrgica y que cumplían los criterios de inclusión se incluían en el estudio de forma consecutiva tras ser debidamente informados sobre la participación en el estudio y tras firmar el consentimiento informado (Anexo 9.1 y 9.3).

3.7. RECOGIDA DE DATOS Y DEFINICIÓN DE VARIABLES

A cada uno de los pacientes de la cohorte se le realizó una entrevista personal, una exploración clínica y estudios radiográficos con proyecciones DP y lateral en carga del pie con la deformidad del HV y/o la metatarsalgia. Esta entrevista se llevó a cabo en la consulta de la Unidad de Pie y Tobillo de la Clínica Vistahermosa de Alicante.

Además de la historia clínica estándar, se utilizó un cuaderno de recogida de datos de variables demográficas, exploración clínica, procedimiento quirúrgico, valoración funcional, baropodometría y valoración radiológica. Estos datos se recogieron y completaron tanto en la primera preoperatoria, a los 6 meses y a los 12 meses (Anexo 9.4).

❖ *Baropodometría plantar*

Para la recogida de los datos baropodométricos, todos los pacientes deambularon en una plataforma de presiones RUNTIME (Diagnostic Support España S.L., Bormujos, España). Se trata de una cinta para andar y correr de manera continua, que permite analizar las presiones plantares, detectando la distribución de las cargas en el suelo, la línea de progresión de las presiones, la frecuencia de los pasos, los tiempos de apoyo de cada pie, en la marcha y la carrera. La cinta sensorizada RUNTIME ofrece una frecuencia de muestreo de 200 Hz en tiempo real, con un área sensorizada de 120x40 cms, a una velocidad de 0,8 a 20 Km/h, permitiendo una carga máxima de hasta 130 kgs.

Todos los datos obtenidos fueron procesados en el software Freestep (Diagnostic Support España S.L., Bormujos, España), permitiendo una

evaluación simultánea de las presiones plantares, postura y biomecánica. El software dividía el pie en 11 zonas: primer dedo (T1), segundo a quinto dedos (T2 a T5), primera cabeza metatarsal (MH1), segunda cabeza metatarsal (MH2), tercera cabeza metatarsal (MH3), cuarta cabeza metatarsal (MH4), quinta cabeza metatarsal (MH5), mediopié medial (MMF), mediopié lateral (LMF), retropié medial (MRF), retropié lateral (LRF). En cada huella plantar se registraba la P_{max} (Kpa), la P_{med} (Kpa), la F_{max} (N), la F_{med} (N), y la $I_{p/t}$ (N/cm), en cada una de las 11 zonas mencionadas.

La recogida de los datos baropodométricos fue realizada y supervisada por un podólogo con gran experiencia en estudios biomecánicos, tanto en el preoperatorio como en la revisión postquirúrgica a los 6 meses, sin conocimiento de la técnica quirúrgica realizada, ni los datos de la valoración clínica y radiológica. El podólogo indicaba al paciente que caminara sobre la cinta a su velocidad normal de paso, y que fijara la vista en un punto fijo enfrente de él/ella, y no mirando a los pies, con el objetivo de evitar el conocido efecto “targeting”^{168,169}.

Cuando el paciente caminaba con total comodidad y a velocidad constante, se iniciaba el registro de los datos baropodométricos durante una prueba de 15 segundos de duración. Se seleccionaban tres huellas plantares: la de la mitad de la prueba, la inmediatamente anterior, y la inmediatamente posterior. La media de estas tres huellas plantares para la P_{max} , la P_{med} , la F_{max} , la F_{med} , y la $I_{p/t}$, se calcularon para el análisis estadístico posterior. Este método permite obtener valores representativos de la baropodometría plantar, tal y como se refiere en la literatura⁽¹⁷⁰⁾.

❖ *Valoración clínica*

La valoración clínica preoperatoria y la revisión postquirúrgica a los 6 meses de los pacientes fue llevada a cabo por un traumatólogo con amplia experiencia en la patología del pie, que no conocía la técnica quirúrgica realizada, los resultados de la baropodometría, ni los datos de la valoración radiológica.

❖ *Valoración radiológica*

La valoración radiológica preoperatoria y en la revisión postquirúrgica a los 6 meses fue realizada por otro traumatólogo, también con amplia experiencia en la patología del pie, que en ningún caso conocía la técnica quirúrgica realizada, los resultados de la baropodometría, ni los datos de la valoración clínica. Todas las radiografías que se realizaron fueron proyecciones estándar, siguiendo las recomendaciones del Comité de Investigación de la AOFAS^{83,84} para radiografías del pie, que considera suficiente la realización de proyecciones DP y lateral del pie en carga.

❖ *Técnicas quirúrgicas*

Las técnicas quirúrgicas realizadas fueron llevadas a cabo por otro traumatólogo, también con amplia experiencia en la patología del pie, que en ningún caso conocía los datos de la valoración clínica, los de la valoración radiológica ni los resultados de la baropodometría. Se indicó:

- Osteotomía en chevron modificada en M1¹⁵⁹ asociada a la osteotomía falángica de Akin¹⁶⁴ (en los pacientes que únicamente presentaban HV).

- Osteotomía en chevron modificada en M1¹⁵⁹ junto a la osteotomía falángica de Akin¹⁶⁴ asociada a osteotomías de Weil^{161,162} en los radios menores para tratamiento de la metatarsalgia (en aquellos pacientes que presentaban HV y metatarsalgia).

❖ *Variables*

Las variables prequirúrgicas que se recogieron, se detallan a continuación:

- Edad
- Sexo: Hombre/mujer
- Índice de masa corporal (IMC), (Kg/m²)
- Tipo de actividad deportiva: ninguna, caminar u otras
- Tipo de actividad laboral: trabajo sedentario, largos periodos de bipedestación o trabajo físico intenso
- Comorbilidades asociadas. Sí/No
- Lateralidad: derecho/izquierdo
- Tipo de patología: HV con o sin metatarsalgia asociada
- Pronación del primer dedo: Sí/no
- Presencia de deformidades digitales: Sí/no
- Presencia de bursitis: Sí/no
- Necesidad de cuidados podológicos previos a la cirugía: Sí/no
- Presión máxima (P_{max})
- Presión media (P_{med})
- Fuerza máxima (F_{max})
- Fuerza media (F_{med})

- Integral presión tiempo ($I_{p/t}$)
- Dolor del antepié medido en escala visual analógica (EVA) de 0 (ausencia completa de dolor) a 10 (el mayor dolor posible)⁷⁴.
- Función del antepié mediante escala AOFAS-HMI ⁷⁵. Los resultados se clasificaron en excelentes si la puntuación era de 91 a 100, buenos entre 81 y 90, moderados entre 71 y 80, y pobres si era menor de 70 ⁸² (Anexo 9.5)
- Ángulo metatarsofalángico (HVA) ^{2,85,86}
- Ángulo intermetatarsal (IMA)⁸⁵
- Ángulo metatarsiano articular distal (DMAA)^{41,93,94,95}
- Ángulo falange articular proximal (PPAA)⁹⁶
- Ángulo de declinación primer metatarsiano (MDA)¹⁰⁰
- Elevación primer metatarsiano (MPE)^{101,102}
- Longitud absoluta M1-M2⁹⁷
- Longitud relativa M1-M2^{40,99}

A los 6 meses tras la cirugía, se recogieron las siguientes variables:

- IMC, (Kg/m²)
- Técnica quirúrgica realizada: Osteotomía modificada de chevron en M1 + osteotomía Akin en F1 del primer dedo/Osteotomía modificada de chevron en M1 + osteotomía Akin en F1 del primer dedo asociada a osteotomía de Weil en los radios menores.
- Complicaciones tardías: Sí/no. En caso afirmativo, enumerar cuáles.
- Periodo de seguimiento (meses)
- Tiempo transcurrido hasta retirada calzado ortopédico (semanas)

- Tiempo hasta reincorporación laboral
- Presión máxima (P_{max})
- Presión media (P_{med})
- Fuerza máxima (F_{max})
- Fuerza media (F_{med})
- Integral presión tiempo ($I_{p/t}$)
- Dolor del antepié medido en escala visual analógica (EVA) de 0 (ausencia completa de dolor) a 10 (el mayor dolor posible)⁷⁴
- Función del antepié mediante escala AOFAS-HMI ⁷⁵. Los resultados se clasificaron en excelentes si la puntuación era de 91 a 100, buenos entre 81 y 90, moderados entre 71 y 80, y pobres si era menor de 70 ⁸² (Anexo 9.5)
- Grado de satisfacción del paciente con la cirugía mediante la utilización de una escala de 0 (insatisfacción total) a 10 (máxima satisfacción), respuesta si/no a la pregunta de si volvería a operarse, alivio del dolor (mejor, igual o peor que antes de operarse), y satisfacción estética (mejor, igual o peor que antes de operarse).
- Ángulo metatarsofalángico (HVA) ^{2,85,86}
- Ángulo intermetatarsal (IMA)⁸⁵
- Ángulo metatarsiano articular distal (DMAA)^{41,93,94,95}
- Ángulo falange articular proximal (PPAA)⁹⁶
- Ángulo de declinación primer metatarsiano (MDA)¹⁰⁰
- Elevación primer metatarsiano (MPE)^{101,102}
- Longitud absoluta M1-M2⁹⁷
- Longitud relativa M1-M2^{40,99}

A los 12 meses tras la cirugía, se recogieron las siguientes variables:

- IMC, (Kg/m²)
- Técnica quirúrgica realizada: Osteotomía modificada de chevron en M1 + osteotomía Akin en F1 del primer dedo/Osteotomía modificada de chevron en M1 + osteotomía Akin en F1 del primer dedo asociada a osteotomía de Weil en los radios menores.
- Complicaciones tardías: Sí/no. En caso afirmativo, enumerar cuáles.
- Periodo de seguimiento (meses)
- Presión máxima (P_{max})
- Presión media (P_{med})
- Fuerza máxima (F_{max})
- Fuerza media (F_{med})
- Integral presión tiempo ($I_{p/t}$)
- Dolor del antepié medido en escala visual analógica (EVA) de 0 (ausencia completa de dolor) a 10 (el mayor dolor posible)⁷⁴
- Función del antepié mediante escala AOFAS-HMI ⁷⁵. Los resultados se clasificaron en excelentes si la puntuación era de 91 a 100, buenos entre 81 y 90, moderados entre 71 y 80, y pobres si era menor de 70 ⁸² (Anexo 9.5)
- Grado de satisfacción del paciente con la cirugía mediante la utilización de una escala de 0 (insatisfacción total) a 10 (máxima satisfacción), respuesta si/no a la pregunta de si volvería a operarse, alivio del dolor (mejor, igual o peor que antes de operarse), y satisfacción estética (mejor, igual o peor que antes de operarse).

3.8. SEGUIMIENTO DE LA MUESTRA

El seguimiento de todos los pacientes de la muestra fue de 12 meses, sin pérdidas durante el seguimiento.

La muestra comprendía 114 pacientes. Para determinar los resultados del objetivo principal y los objetivos secundarios del estudio, se seleccionaron los pacientes que cumplían los criterios de inclusión para cada uno de los objetivos.

El estudio de la relación entre las presiones plantares preoperatorias y resultados clínicos tras la cirugía del HV (objetivo principal) precisó de la inclusión de todos los pacientes de la muestra tanto preoperatoriamente como a los 6 meses de seguimiento (114 pacientes).

La asociación entre las presiones plantares preoperatorias y el grado de HV radiológico (objetivo secundario 1) incluía a todos los pacientes de la muestra preoperatoriamente (114 pacientes).

El análisis de la asociación entre las presiones plantares preoperatorias y la metatarsalgia (objetivo secundario 2) también precisó de la inclusión de todos los pacientes de la muestra preoperatoriamente (114 pacientes).

Para evaluar el efecto de la técnica quirúrgica de la osteotomía en chevron modificada en el primer metatarsiano y la osteotomía de Akin respecto a las presiones plantares antes y después de la cirugía (objetivo secundario 3), se seleccionaron los pacientes con HV moderados intervenidos mediante dicha técnica quirúrgica tanto preoperatoriamente, a los 6 meses y a los 12 meses de seguimiento (44 pacientes).

Y para evaluar el efecto de la técnica quirúrgica de la osteotomía en chevron modificada en el primer metatarsiano y la osteotomía de Akin asociado a osteotomía de Weil en los metatarsianos menores respecto a las presiones

plantares antes y después de la cirugía (objetivo secundario 4), se seleccionaron los pacientes intervenidos mediante dicha técnica quirúrgica tanto preoperatoriamente, a los 6 meses y a los 12 meses de seguimiento (53 pacientes).

3.9. TÉCNICAS QUIRÚRGICAS

En todos los pacientes se realizó una osteotomía en chevron modificada por Mahadevan¹⁵⁹ en M1, asociada a una osteotomía de Akin¹⁶⁴ en F1 del primer dedo.

La cirugía se realizó en decúbito supino en mesa convencional quirúrgica para cirugía ortopédica, con bloqueo anestésico locoregional y manguito de isquemia en la pantorrilla.

Tras realizar la apertura de la cápsula articular, se resecaba el bunion. La osteotomía en chevron modificada¹⁵⁹ tiene un diseño en el que el vértice se sitúa a 3-5 mm superior al centro geométrico de MH1, el corte dorsal se realiza más vertical y totalmente perpendicular a M2 en el plano axial y el corte plantar se realiza de forma mucho más horizontal, lo que resulta en una rama plantar más larga que se dirige ligeramente de medial a lateral

Este diseño en el trazo plantar de la osteotomía, proporciona una gran estabilidad intrínseca así como una amplia superficie de contacto entre ambos fragmentos que favorece la consolidación. El corte dorsal se realiza más vertical y totalmente perpendicular a M2 en el plano axial¹⁵⁹. Tras finalizar la osteotomía de M1, se procedía a realizar la capsulotomía longitudinal lateral transósea. El fragmento plantar de la osteotomía se desplazaba hasta conseguir la corrección

necesaria, fijándose de forma provisional con agujas de Kirschner, para poder realizar un test de carga intraoperatorio (figura 31). La osteotomía se fijaba con 2 tornillos canulados sin cabeza de 2.5 mm (Stryker, Mahwah, NJ, USA). Se resecaba el borde óseo sobrante del lado medial, perteneciente al fragmento óseo proximal (figura 32).

La osteotomía de Akin¹⁶⁴ consiste en la resección de una cuña ósea de base medial localizada a nivel metafisario proximal de la primera falange del hallux (figura 33). En todos los casos, se fijó con una grapa de 8 x 26 mm (Stryker, Mahwah, NJ, USA).

Finalmente, se realizaba el retensado capsular y el cierre por planos.

En aquellos pacientes que asociaban una metatarsalgia central, se realizaron osteotomías de Weil^{161,162} en los metatarsianos menores que fueron necesarios para respetar y restaurar una adecuada fórmula metatarsal. Con esta osteotomía, se consigue retrasar la cabeza del metatarsiano la longitud prevista según planificación preoperatoria. El diseño de esta osteotomía consiste en un trazo único, paralelo al plano del suelo, dirigido en dirección distal-dorsal a proximal-plantar y que empieza a 2-3 mm del cartilago articular de la cabeza del metatarsiano (figura 34). Todas las osteotomías se sintetizaron con tornillos twist off de 2.0 mm (Stryker, Mahwah, NJ, USA).



Figura 31: Osteotomía en chevron modificada. A la izquierda, realizando el corte horizontal. A la derecha, fijación provisional con agujas de Kirschner. Fuente: elaboración propia.



Figura 32: Osteotomía en chevron modificada. A la izquierda, síntesis con dos tornillos de 2.5 mm. A la derecha, resección del reborde óseo medial. Fuente: elaboración propia.



Figura 33: Osteotomía de Akin. A la izquierda, realizando el corte proximal de la cuña. En el centro, utilización de la guía de grapa para la realización de los orificios. A la derecha, síntesis de la osteotomía con grapa angulada de varización. Fuente: elaboración propia.



Figura 34: Osteotomía de Weil. A la izquierda, localización de la osteotomía, a 3 mm del cartílago articular. En el centro, dirección de la osteotomía, de distal-dorsal a proximal-plantar. A la derecha, síntesis con tornillo twist off de 2.0 mm. Fuente: elaboración propia.

3.10. CONSIDERACIONES ÉTICAS

El estudio fue aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica del Hospital General Universitario de Elda, Alicante. Código del Comité: PI2015/03 (Anexo 9.2).

Todos los pacientes recibieron información escrita y oral sobre el estudio y firmaron el Consentimiento Informado (Anexo 9.1 y 9.3).

El tratamiento de la información del estudio se realizó conforme a la legislación vigente de protección y confidencialidad de los datos en relación a los métodos, riesgos y tratamiento de los mismos, tal y como se contempla en la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de datos.

3.11. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

La búsqueda bibliográfica previa al inicio del estudio se realizó mediante Medline/Pubmed. Se trata de una base de datos internacional y con acceso libre, y de gran calidad.

Pubmed dispone de varias modalidades de búsqueda. Para ajustar los criterios de búsqueda, utilizamos los MESH (Medical Subjects Headings) o lenguaje controlado para recuperar los mejores trabajos relacionados con el tema del estudio.

En nuestro caso se utilizaron las siguientes palabras clave (en español y en inglés) combinadas mediante los operados lógicos o booleanos (AND, OR), con un límite de búsqueda establecido en los últimos 10 años fundamentalmente, y calificado al título, resumen y lengua en español e inglés:

- Presión plantar (Plantar pressure)
- Baropodometría (Baropodometry)
- Hallux valgus (Hallux valgus)
- Metatarsalgia (Metatarsalgia)

3.12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las variables fueron introducidas en una base de datos informatizada y todos los cálculos se realizaron mediante el programa SPSS v.18 y el programa estadístico R v. 3.0.3. Se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnoff para determinar la normalidad o no de las variables estudiadas. En las variables categóricas se calcularon las frecuencias absolutas y relativas, y en las variables continuas la media y desviación típica.

La asociación de variables categóricas fue estudiada mediante la prueba chí cuadrado con corrección de Yates o exacta de Fisher. Las diferencias de medias en las variables continuas se analizaron mediante la prueba t-Student independiente o pareada, según procedía, o las pruebas no

paramétricas de U-Mann-Whitney o pareada de rango de signos de Wilcoxon. Las muestras pareadas se referían a comparación de datos pre y postoperatorios. Para comparación de medias en variables categóricas politómicas se utilizó la prueba de Anova, seguido de la prueba post-hoc de Bonferroni. La correlación entre variables continuas se estudió con el método de Pearson o no paramétrico de Spearman.

Se estimó la magnitud de las asociaciones entre las variables dependientes y las independientes mediante el ajuste de modelos de regresión logística, estimando el odds ratio (OR) de los resultados pobres tras la cirugía, junto con un intervalo de confianza (IC) al 95%.

Se calcularon indicadores de bondad de ajuste de los modelos, así como indicadores predictivos, como curvas ROC.

Todos los contrastes fueron bilaterales y se consideraron como significativos aquellos valores de $p < 0,05$.



4.RESULTADOS





4.1. DATOS GENERALES DE LA MUESTRA

Se incluyeron en el estudio 114 pacientes, sin registrar pérdidas durante el seguimiento. La edad media de los pacientes fue de 50 años. Por sexos 94 pacientes (82,5%) eran mujeres, y 20 pacientes (17,5%) varones. El índice de masa corporal medio era 25,7 Kg/m². La mayoría de los pacientes (67,5%) realizaban algún tipo de actividad deportiva, fundamentalmente salir a caminar. Cincuenta y tres pacientes (46,4%) asociaban patología a nivel de los radios menores. La técnica quirúrgica fue la osteotomía metatarsal de chevron y la osteotomía de Akin en la falange proximal en 61 pacientes: y la osteotomía metatarsal de chevron, osteotomía de Akin en la falange proximal y osteotomía de Weil en los metatarsianos menores en 53 pacientes. Tras la cirugía, 52 pacientes presentaban dolor en la escala EVA mayor de 2. La Tabla 1 muestra los datos generales de la muestra pre y postquirúrgica.

Tabla 1. Datos generales de la muestra.

Variables		(n =114)
Edad (años), media (DE); [rango]		50 (11); [21-74]
Sexo femenino, n (%)		94 (82.5)
IMC (Kg/m²), media (DE); [rango]		25.7 (3.9); [16.1-36.5]
Actividad deportiva	No, n (%)	37 (32.5)
	Caminar, n (%)	51 (44.7)
	Otro, n (%)	26 (22.8)
Actividad física en el trabajo	Sedentaria, n (%)	17 (14.9)
	Bipedestación, n (%)	87 (76.3)
	Intensa, n (%)	10 (8.8)
Pacientes con comorbilidades, n (%)		11 (9.6)

Lado izquierdo, n (%)		67 (58.8)
Lado derecho, n (%)		47 (41.2)
Tipo de patología	HV, n (%)	61 (53.5)
	HV + MTT, n (%)	53 (46.5)
Pronación primer dedo, n (%)		41 (36.0)
Deformidades digitales, n (%)		57 (50.0)
Bursitis, n (%)		53 (46.5)
Necesidad cuidados podológicos previos a la cirugía, n (%)		36 (31.6)
Metatarsalgia, n (%)		53 (46.4)
Deformidades digitales, n (%)		57 (50)
Modificación calzado, n (%)		101 (86.6)
Tiempo evolución HV (meses)	HV, media (DE); [rango]	23.3 (2.8); [12-24]
	HV con metatarsalgia, media (DE); [rango]	22.5 (4.3); [5-24]
Técnica quirúrgica	Osteotomía chevron + Akin, n (%)	61 (53.6)
	Osteotomía chevron + Akin + Weil n (%)	53 (46.4)
Dolor tras cirugía (EVA ≥ 2), n (%)		49 (42.9)
Complicaciones, n (%)		16 (14.0)
Tiempo hasta retirada zapato ortopédico (semanas), media (DE); [rango]		8.3 (3.8); [3-10]
Tiempo recuperación (weeks), media (DE); [rango]		4.8 (1.2); [4-24]

IMC: índice masa corporal; DE: desviación estándar; MTT: metatarsalgia HV; hallux valgus

4.2. PRESIONES PLANTARES PREOPERATORIAS Y RESULTADO CLÍNICO POSTOPERATORIO A LOS SEIS MESES

Se incluyeron en el estudio 114 pacientes, sin registrar pérdidas durante el seguimiento.

Con respecto a la función del antepié, el valor medio de la escala AOFAS se incrementó de 49,3 puntos (DE 14; rango 12–93) en el preoperatorio a 87,1 puntos (DE 10,3; rango 55–100) a los 6 meses postoperatorios, siendo las diferencias significativas ($p < 0.05$). Noventa y dos pacientes (80,7%) alcanzaron un resultado bueno o excelente, con puntuación en escala AOFAS ≥ 80 puntos. Las variables que se asociaban con un resultado bueno o excelente con un nivel de significación del 5% fueron la no necesidad de tratamiento previo por podología, no presencia de deformidades digitales, y no presentar complicaciones (Tabla 2). Además, el grupo de pacientes con resultado bueno o excelente mostraban un menor tiempo medio de recuperación y de puntuación en escala EVA preoperatoria de dolor, siendo las diferencias significativas ($p < 0,05$).

Tabla 2. Datos generales de la muestra con respecto a la función del antepié en la escala AOFAS a los 6 meses de la cirugía.

Variables		AOFAS < 80	AOFAS \geq 80	p
		(n = 22)	(n = 92)	
Edad (años), media (DE)		59.0 (10.5)	55.3 (11)	0.155
IMC (Kg/m ²), media (DE)		26.0 (3.9)	25.6 (3.9)	0.623
Tipo de patología	HV, n (%)	8 (13.3)	52 (86.7)	0.089
	HV + MTT, n (%)	14 (25.9)	40 (74.1)	

Sexo	Hombre, n (%)	3 (15.0)	17 (85.0)	0.760
	Mujer, n (%)	19 (20.2)	75 (79.8)	
Lateralidad	Izquierdo, n (%)	14 (20.9)	53 (79.1)	0.606
	Derecho, n (%)	8 (17.0)	39 (83.0)	
Comorbilidad	No, n (%)	18 (17.5)	85 (82.5)	0.219
	Si, n (%)	4 (36.4)	7 (63.6)	
Actividad física en el trabajo	Bipedestación, n (%)	16 (18.4)	71 (81.6)	0.086
	Intensa, n (%)	0 (0.0)	10 (100.0)	
	Sedentaria, n (%)	6 (35.3)	11 (64.7)	
Actividad deportiva	No, n (%)	5 (13.5)	32 (86.5)	0.501
	Caminar, n (%)	12 (23.5)	39 (76.5)	
	Otra, n (%)	5 (19.2)	21 (80.8)	
Necesidad cuidados podológicos previos a la cirugía, n (%)	No, n (%)	10 (12.8)	68 (87.2)	0.010*
	Si, n (%)	12 (33.3)	24 (66.7)	
Metatarsalgia	No, n (%)	8 (12.9)	53 (86.8)	0.072
	Si, n (%)	14 (26.9)	39 (73.5)	
Bursitis	No, n (%)	11 (18.0)	50 (82.0)	0.713
	Yes, n (%)	11 (20.8)	42 (79.2)	
Pronación primer dedo	No, n (%)	11 (15.1)	62 (84.9)	0.127
	Si, n (%)	11 (26.8)	30 (73.2)	
Deformidad digital	No, n (%)	6 (10.5)	51 (89.5)	0.018*
	Si, n (%)	16 (28.1)	41 (71.9)	
Técnica quirúrgica	chevron + Akin, n (%)	8 (13.1)	53 (86.9)	0.073
	chevron + Akin + Weil, n (%)	14 (26.4)	39 (73.6)	
Complicaciones	No, n (%)	13 (13.3)	85 (86.7)	<0.001*

	Si, n (%)	9 (56.3)	7 (43.8)	
Grado HV	Leve, n (%)	2 (12.5)	14 (87.5)	0.916
	Moderado, n (%)	18 (20.7)	69 (79.3)	
	Severo, n (%)	2 (18.2)	9 (81.8)	
Tiempo evolución HV (meses)	HV media (DE)	22.5 (3.9)	23.5 (2.5)	0.112
	HV + MTT media (DE)	22.3 (4.4)	22.6 (4.4)	
Tiempo hasta retirada zapato ortopédico (semanas), media (DE)		5.3 (1.7)	4.7 (1.1)	0.098
Tiempo recuperación (semanas), media (DE)		10.0 (3.5)	7.9 (3.8)	0.019*
Dolor preoperatorio (EVA), media (DE)		7.9 (1.2)	7.0 (1.8)	0.029*

* $p < 0,05$

IMC: índice masa corporal; DE: desviación estándar; MTT: metatarsalgia HV; hallux valgus

Las mediciones de baropodometría plantar preoperatorias no presentaban relación significativa con la escala AOFAS a los 6 meses de la cirugía, ni tendencias en los valores medios en cualquiera de los valores de presión estudiados (Tabla 3). No se encontró un modelo multivariante de asociación entre una puntuación en la escala AOFAS ≥ 80 puntos y las mediciones de baropodometría plantar preoperatorias.

Tabla 3. Mediciones de baropodometría plantar preoperatorias y escala AOFAS a los 6 meses de la cirugía

Mediciones		AOFAS < 80 (n=22)		AOFAS ≥ 80 (n=92)		p
		Media	DE	Media	DE	
Fuerza máxima (N)	T1	75.3	24.3	78.8	30.7	0.621
	T2-5	39.3	22.1	36.2	21.6	0.548
	MH1	78.4	32.4	87.8	30.1	0.195
	MH2	94.4	24.5	94.4	24.1	0.992
	MH3	108.9	27.5	110.8	27.7	0.769
	MH4	88.0	20.9	92.3	29.7	0.522
	MH5	38.0	11.0	40.9	16.0	0.433
	MMF	82.2	41.5	71.6	37.8	0.251
	LMF	122.6	31.5	121.3	44.5	0.897
	MRF	133.3	35.9	139.9	35.8	0.437
	LRF	121.3	30.7	127.0	51.2	0.622
Fuerza media (N)	T1	37.3	13.7	39.5	16.8	0.569
	T2-5	19.1	11.6	17.9	11.9	0.672
	MH1	39.5	18.0	46.8	15.7	0.061
	MH2	50.4	12.5	55.5	15.2	0.149
	MH3	60.9	14.1	65.6	15.7	0.208
	MH4	49.1	13.0	54.1	17.2	0.202
	MH5	18.8	7.1	21.5	9.2	0.202
	MMF	41.1	22.9	36.5	21.2	0.371
	LMF	68.0	20.3	68.4	27.8	0.950
	MRF	88.4	22.2	90.5	23.4	0.704
	LRF	75.0	21.6	75.9	30.4	0.894
Presión máxima (KPa)	T1	734.5	239.8	735.9	184.5	0.975
	T2-5	686.1	282.9	655.3	227.5	0.588
	MH1	865.4	346.9	817.0	203.7	0.393

	MH2	967.9	311.6	963.3	228.4	0.937
	MH3	944.5	247.9	1002.4	248.7	0.328
	MH4	888.6	255.9	916.0	230.5	0.626
	MH5	632.5	280.8	675.2	262.1	0.500
	MMF	791.3	264.8	751.7	134.7	0.321
	LMF	842.8	229.5	834.6	180.5	0.856
	MRF	817.9	275.2	811.7	229.8	0.913
	LRF	844.4	276.9	817.8	175.4	0.574
Presión media (KPa)	T1	309.7	84.9	317.1	82.7	0.706
	T2-5	305.8	122.3	303.2	100.9	0.919
	MH1	341.9	106.3	358.6	94.6	0.469
	MH2	454.2	85.3	476.8	101.8	0.337
	MH3	499.8	66.3	513.8	85.5	0.472
	MH4	437.3	90.4	452.5	107.3	0.540
	MH5	319.4	80.4	335.5	102.0	0.490
	MMF	337.9	78.7	328.7	65.8	0.572
	LMF	399.9	66.5	388.5	81.6	0.545
	MRF	399.0	99.9	395.5	79.5	0.860
	LRF	415.1	93.1	413.1	121.8	0.943
Integral Presión - Tiempo (N/cm)	T1	35.1	16.1	36.9	17.7	0.668
	T2-5	18.5	13.6	17.3	10.9	0.677
	MH1	51.1	24.1	55.7	20.7	0.370
	MH2	66.4	20.6	65.5	18.0	0.832
	MH3	78.3	22.7	79.2	19.9	0.862
	MH4	62.6	19.9	64.4	20.1	0.696
	MH5	23.3	8.2	24.5	11.8	0.663
	MMF	47.3	32.4	40.6	27.0	0.316
	LMF	70.7	28.8	69.7	34.1	0.894
	MRF	69.0	24.6	73.4	28.7	0.512
	LRF	62.2	22.2	66.4	32.9	0.574

DE: desviación estándar

Primer dedo (T1), segundo a quinto dedos (T2 a T5), primera cabeza metatarsal (MH1), segunda cabeza metatarsal (MH2), tercera cabeza metatarsal (MH3), cuarta cabeza metatarsal (MH4), quinta cabeza metatarsal (MH5), mediopié medial (MMF), mediopié lateral (LMF), retropié medial (MRF), retropié lateral (LRF)

Con respecto al dolor en escala EVA, la puntuación media disminuyó de 7,1 (DE 1,8; rango 1-10) en el preoperatorio a 1,9 (DE 1,5; rango 0-9) a los 6 meses de la cirugía. Al final del seguimiento, 65 pacientes (57,0%) no presentaban dolor (EVA 0-1). La proporción de pacientes con dolor (EVA \geq 2) a los 6 meses de la cirugía era mayor entre aquellos con metatarsalgia preoperatoria, los que referían caminar como actividad deportiva antes de la cirugía, necesitaron cuidados podológicos preoperatorios, fueron intervenidos mediante osteotomía de chevron + osteotomía de Akin + osteotomías de Weil, y presentaron complicaciones tras la cirugía. Además, el tiempo hasta la retirada del zapato ortopédico fue mayor en estos pacientes, y la puntuación preoperatoria en escala AOFAS era menor. Las diferencias entre ambos grupos fueron significativas ($p < 0,05$).

La Tabla 4 muestra la relación entre los datos generales de la muestra y la escala EVA a los 6 meses de la cirugía.

Tabla 4. Datos generales muestra y escala EVA a los 6 meses de la cirugía.

Variables	EVA \geq 2 (n = 49)	EVA < 2 (n = 65)	p
Edad (años), media (DE)	56.2 (9.4)	55.8 (12.1)	0.845
IMC(Kg/m ²), media (DE)	25.9 (4.1)	25.5 (3.8)	0.605

Tipo de patología	HV, n (%)	19 (31.7)	42 (68.8)	0.006*
	HV + MTT, n (%)	30 (55.6)	23 (43.3)	
Sexo	Hombre, n (%)	6 (30.0)	14 (70.0)	0.197
	Mujer, n (%)	43 (45.7)	51 (74.3)	
Lado	Izquierdo n (%)	30 (44.8)	37 (55.2)	0.644
	Derecho, n (%)	19 (40.4)	28 (59.6)	
Comorbilidades	No, n (%)	45 (43.7)	58 (56.3)	0.775
	Si, n (%)	4 (36.4)	7 (63.6)	
Actividad física en el trabajo	Bipedestación, n (%)	37 (42.5)	50 (57.5)	0.501
	Intensa, n (%)	3 (30.0)	17 (70.0)	
	Sedentaria, n (%)	9 (52.9)	8 (47.1)	
Actividad deportiva	No, n (%)	10 (27.0)	27 (73.0)	0.007*
	Caminar, n (%)	30 (58.8)	21 (41.2)	
	Otra, n (%)	9 (34.6)	17 (65.4)	
Necesidad cuidados podológicos previos a la cirugía, n (%)	No, n (%)	28 (35.9)	50 (64.1)	0.024*
	Si, n (%)	21 (58.3)	15 (41.7)	
Metatarsalgia	No, n (%)	20 (32.3)	41 (67.2)	0.018*
	Si, n (%)	29 (55.8)	24 (45.2)	
Bursitis	No, n (%)	23 (37.7)	38 (62.3)	0.222
	Si, n (%)	26 (49.1)	27 (50.9)	
Pronación primer dedo	No, n (%)	29 (39.7)	44 (60.3)	0.349
	Si, n (%)	20 (48.8)	21 (51.2)	
Deformidades digitales	No, n (%)	24 (42.1)	33 (57.9)	0.850
	Si, n (%)	25 (43.9)	32 (56.1)	
Técnica quirúrgica	chevron + Akin, n (%)	20 (32.3)	41 (67.2)	0.018*
	chevron + Akin + Weil, n (%)	29 (55.8)	24 (45.2)	

Complicaciones	No, n (%)	38 (38.8)	60 (62.2)	0.025*
	Si, n (%)	11 (68.8)	5 (32.3)	
Tiempo evolución (meses)	HV media (DE)	23.8 (1.7)	22.9 (3.4)	0.230
	HV + MTT media (DE)	23.2 (5.5)	21.6 (5.5)	
Tiempo hasta retirada zapato ortopédico (semanas), media (DE)		5.2 (1.5)	4.5 (1.9)	0.007*
Tiempo recuperación (semanas), media (DE)		9.1 (4.6)	7.7 (3.0)	0.079
AOFAS preoperatorio, media (DE)		45.4 (11.8)	52.3 (14.8)	0.008*

* p < 0,05

IMC: índice masa corporal; DE: desviación estándar; MTT: metatarsalgia HV; hallux valgus

Al relacionar las mediciones de baropodometría plantar preoperatorias con la puntuación en escala EVA a los 6 meses de la cirugía (Tabla 5), los valores de fuerza máxima debajo de la cabeza del cuarto metatarsiano (MH4) y quinto metatarsiano (MH5), la fuerza media debajo del primer dedo y de la cabeza del quinto metatarsiano (MH5), y la presión máxima debajo de la cabeza del tercer metatarsiano (MH3) y cuarto metatarsiano (MH4), tenían una diferencia significativa entre los pacientes con dolor (EVA \geq 2) y los pacientes sin dolor (EVA 0-1).

Tabla 5. Mediciones de baropodometría plantar preoperatorias y escala EVA a los 6 meses de la cirugía.

Mediciones		EAV < 2 (n = 65)		EVA ≥ 2 (n = 49)		p
		Media	DE	Media	DE	
Fuerza máxima (N)	T1	82.8	28.9	72.0	29.5	0.053
	T2-5	39.0	22.1	33.8	21.0	0.212
	MH1	86.1	29.5	85.8	32.4	0.955
	MH2	94.9	23.3	93.8	25.4	0.809
	MH3	114.3	25.7	105.3	29.3	0.085
	MH4	96.3	28.8	85.0	26.3	0.034*
	MH5	42.9	16.1	36.9	13.2	0.038*
	MMF	68.4	40.4	80.6	35.3	0.097
	LMF	118.6	45.4	125.5	37.7	0.386
	MRF	138.5	34.5	138.7	37.6	0.975
	LRF	128.2	51.9	122.8	42.4	0.551
Fuerza media (N)	T1	41.7	15.5	35.5	16.6	0.043*
	T2-5	19.3	12.2	16.6	11.3	0.222
	MH1	45.8	15.4	44.9	17.7	0.767
	MH2	55.2	15.3	53.6	14.3	0.561
	MH3	66.4	14.8	62.4	16.3	0.174
	MH4	55.6	16.3	49.9	16.4	0.066
	MH5	22.5	9.2	19.0	8.1	0.039*
	MMF	34.8	22.3	40.8	20.2	0.143
	LMF	66.5	28.0	70.7	24.4	0.409
	MRF	90.2	22.5	90.0	24.1	0.972
	LRF	76.7	31.3	74.3	25.4	0.661
Presión máxima (KPa)	T1	759.7	170.8	703.7	221.3	0.130
	T2-5	698.3	245.2	612.1	221.5	0.055
	MH1	836.0	227.3	813.6	251.0	0.619

	MH2	992.5	247.9	926.6	238.7	0.156
	MH3	1039.6	253.6	927.2	228.7	0.016*
	MH4	967.8	248.2	834.9	192.8	0.002*
	MH5	704.9	269.8	616.6	252.7	0.078
	MMF	759.5	134.4	759.2	203.8	0.992
	LMF	839.8	154.3	831.4	230.3	0.817
	MRF	818.9	245.1	804.8	230.4	0.756
	LRF	825.5	183.4	819.4	217.4	0.871
Presión media (KPa)	T1	328.8	75.5	298.3	89.4	0.052
	T2-5	317.9	104.7	284.9	102.9	0.096
	MH1	362.3	90.8	346.2	104.2	0.382
	MH2	478.9	101.5	463.9	95.7	0.423
	MH3	520.1	84.1	499.2	78.5	0.180
	MH4	461.8	109.6	433.4	94.8	0.149
	MH5	345.4	103.7	315.1	88.3	0.103
	MMF	333.8	62.9	326.1	75.1	0.550
	LMF	390.9	85.5	390.4	69.7	0.977
	MRF	400.6	76.7	390.4	92.1	0.522
	LRF	422.7	128.9	401.3	97.5	0.334
Integral Presión - Tiempo (N/cm)	T1	38.2	18.0	34.4	16.5	0.245
	T2-5	18.3	11.2	16.7	11.8	0.464
	MH1	54.2	22.1	55.7	20.5	0.705
	MH2	65.2	18.4	66.3	18.7	0.742
	MH3	81.1	17.7	76.2	23.3	0.209
	MH4	66.7	18.9	60.6	21.0	0.107
	MH5	25.2	12.4	22.9	9.4	0.275
	MMF	37.9	27.9	47.2	27.7	0.081
	LMF	66.5	35.0	74.4	29.9	0.210
	MRF	73.4	31.0	71.4	23.5	0.696
	LRF	66.5	33.5	64.5	27.9	0.740

* $p < 0,05$; DE: desviación estándar

Primer dedo (T1), segundo a quinto dedos (T2 a T5), primera cabeza metatarsal (MH1), segunda cabeza metatarsal (MH2), tercera cabeza metatarsal (MH3), cuarta cabeza metatarsal (MH4), quinta cabeza metatarsal (MH5), mediopié medial (MMF), mediopié lateral (LMF), retropié medial (MRF), retropié lateral (LRF)

El modelo multivariante mostraba una asociación significativa entre 4 variables explicativas y la presencia de dolor ($EVA \geq 2$) a los 6 meses de la cirugía (Tabla 6). No se identificaron factores de confusión. El modelo presentaba una bondad de ajuste aceptable, y el valor del área bajo la curva era de 0,8182 (IC 95% 0,7407–0,8957). La presión máxima preoperatoria debajo de la cabeza del cuarto metatarsiano (MH4) tenía la mayor asociación con la presencia de dolor ($EVA \geq 2$) a los 6 meses de la cirugía. Por cada unidad de incremento de la presión existía una reducción del 0,4% del dolor a los 6 meses de la cirugía. Además, la mayor actividad deportiva, el mayor tiempo (a partir de las 4 semanas) hasta la retirada del zapato ortopédico, y una escala AOFAS preoperatoria menor, presentaron una asociación significativa en el estudio multivariante.

Tabla 6. Modelo multivariante para la presencia de predictores de presencia de dolor ($EVA \geq 2$) a los 6 meses de la cirugía.

Variables		OR	IC 95%	p
Actividad deportiva	No	1		
	Caminar	7.430	2.403-22.975	<0.001
	Otra	3.361	0.901-12.543	0.071

Tiempo hasta retirada zapato ortopédico (semanas)		1.754	1.095-2.808	0.019
AOFAS preoperatorio		0.947	0.911-0.984	0.006
Presión máxima debajo de la cabeza del 4º metatarsiano		0.996	0.994-0.999	0.003

PRV: 38.0 (p < 0.0001)

OR: odd ratio; IC: intervalo confianza; PRV: prueba razón verosimilitud

4.3. PRESIONES PLANTARES Y METATARSALGIA PREOPERATORIA

En los 114 pacientes se detectó la presencia de metatarsalgia en 53 pacientes (46.4%). Preoperatoriamente (Tabla 7), los pacientes con metatarsalgia eran de mayor edad, habían precisado en mayor porcentaje de cuidados podológicos previo a la cirugía, presentaban mayor presencia de deformidades digitales, menor valor en la escala AOFAS, menor valor en la subescala de dolor en AOFAS y mayor valor en escala EVA; siendo las diferencias significativas (p<0.05).

Tabla 7. Datos generales preoperatorios muestra de pacientes sin y con metatarsalgia.

Variab les	No metatarsalgia (n = 61)	Metatarsalgia (n = 53)	p
Edad (años), media (DE)	54.2 (12.4)	58.0 (8.6)	0.04*
IMC (Kg/m ²), media (DE)	25.4 (3.8)	25.8 (4.0)	0.59

Sexo	Hombre, n (%)	14 (33.0)	6 (11.4)	0.08
	Mujer, n (%)	47 (77.0)	47 (88.6)	
Lateralidad	Izquierdo, n (%)	38 (62.2)	29 (54.7)	0.26
	Derecho, n (%)	23 (37.8)	24 (45.3)	
Comorbilidad	No, n (%)	57 (93.4)	46 (86.8)	0.23
	Si, n (%)	4 (6.6)	7 (13.2)	
Actividad física en el trabajo	Bipedestación, n (%)	44 (72.1)	43 (81.1)	0.05
	Intensa, n (%)	9 (14.7)	1 (1.8)	
	Sedentaria, n (%)	8 (13.2)	9 (17.1)	
Actividad deportiva	No, n (%)	21 (34.4)	16 (30.1)	0.43
	Caminar, n (%)	24 (39.3)	27 (50.9)	
	Otra, n (%)	16 (26.3)	10 (19.0)	
Necesidad cuidados podológicos previos a la cirugía, n (%)	No, n (%)	49 (80.3)	29 (54.7)	0.003*
	Si, n (%)	12 (19.7)	24 (45.3)	
Bursitis	No, n (%)	33 (54.1)	28 (52.8)	0.89
	Yes, n (%)	28 (45.9)	25 (47.2)	
Pronación primer dedo	No, n (%)	42 (68.8)	31 (58.4)	0.17
	Si, n (%)	19 (31.2)	22 (41.6)	
Deformidad digital	No, n (%)	43 (70.5)	15 (28.3)	<0.001 *
	Si, n (%)	18 (29.5)	38 (71.7)	

Tiempo evolución HV (meses), media (DE)	23.2 (2.9)	23.3 (2.5)	0.75
AOFAS preoperatorio, media (DE)	55.6 (13.0)	42.0 (11.2)	<0.001*
AOFAS preoperatorio, subescala dolor, media (DE)	35.9 (7.3)	32.4 (8.2)	0.02*
Dolor preoperatorio (EVA), media (DE)	6.6 (1.8)	7.7 (1.3)	0.001*

* p < 0,05

Las variables radiológicas preoperatorias no mostraban diferencias significativas entre ambos grupos de pacientes, a excepción de la fórmula metatarsal (Tabla 8). Los pacientes con metatarsalgia presentaban un mayor porcentaje de fórmula metatarsal index minus, siendo las diferencias significativas (p=0.02).

Tabla 8. Variables radiológicas preoperatorias de pacientes sin y con metatarsalgia.

Variables	No metatarsalgia (n = 61)	Metatarsalgia (n = 53)	p
HVA (°), media (DE)	30.5 (7.2)	31.8 (7.1)	0.31
IMA (°), media (DE)	12.9 (2.8)	12.4 (2.4)	0.29
DMAA (°), media (DE)	12.0 (3.8)	12.2 (3.5)	0.74
PPAA (°), media (DE)	4.6 (2.6)	4.4 (2.4)	0.75
Longitud absoluta M1 (mm), media (DE)	6.6 (0.5)	6.5 (0.5)	0.66

Longitud absoluta M2 (mm), media (DE)		7.7 (0.8)	7.8 (0.6)	0.46
Longitud relativa M1-M2 (mm), media (DE)		2.4 (1.8)	2.9 (1.7)	0.13
MDA (°), media (DE)		22.0 (3.2)	21.9 (3.3)	0.83
MPE (mm), media (DE)		4.6 (1.9)	4.9 (2.1)	0.59
Grado HV	Leve, n (%)	5 (8.2)	6 (11.3)	0.70
	Moderado, n (%)	51 (83.6)	41 (77.4)	
	Severo, n (%)	5 (8.2)	6 (11.3)	
Fórmula metatarsal	Index Minus, n (%)	45 (73.7)	49 (92.4)	0.02*
	Index Plus, n (%)	4 (6.5)	0	
	Index Plus Minus, n (%)	12 (19.8)	4 (7.6)	

* $p < 0,05$

HVA: ángulo metatarsofalángico; IMA: ángulo intermetatarsal; DMAA: ángulo metatarsiano articular distal; PPAA: ángulo falange articular proximal; MDA: ángulo de declinación primer metatarsiano; MPE: elevación primer metatarsiano (metatarsus primus elevatus)

Las mediciones de baropodometría plantar preoperatoria (Tabla 9) mostraban menores valores en los pacientes con metatarsalgia en las zonas estudiadas; a excepción de en mediopié medial (MMF) con respecto a la fuerza, presión e integral presión-tiempo; en mediopié lateral (LMF) con respecto a la fuerza e integral presión-tiempo; segundo metatarsiano (MH2) y quinto metatarsiano (MH5) con respecto a la integral presión-tiempo. Las diferencias fueron significativas a nivel del primer dedo (T1) y del primer metatarsiano (MH1) con respecto a la fuerza máxima, la fuerza media y la presión máxima. Con

respecto a la fuerza media a nivel del retropié medial (MRF). Con respecto a la presión media, la diferencia sólo fue significativa a nivel del primer dedo (T1). Y con respecto a la integral presión-tiempo sólo a nivel del primer metatarsiano (MH1).

Tabla 9. Mediciones de baropodometría plantar y metatarsalgia preoperatoria.

Mediciones		NO METATARSALGIA (n=61)		METATARSALGIA (n=53)		p
		Media	DE	Media	DE	
Fuerza máxima (N)	T1	84.6	33.8	70.6	21.5	0.009*
	T2-5	39.8	25.1	33.2	16.2	0.093
	MH1	94.9	29.8	75.6	28.4	0.001*
	MH2	96.6	21.1	91.8	27.0	0.308
	MH3	113.4	27.3	106.9	27.6	0.210
	MH4	95.3	30.6	86.9	24.6	0.106
	MH5	42.4	16.7	37.8	12.8	0.101
	MMF	72.4	41.2	75.0	35.6	0.720
	LMF	119.9	47.2	123.4	35.9	0.656
	MRF	144.0	38.4	132.3	31.5	0.078
	LRF	133.0	51.7	117.5	42.0	0.081
Fuerza media (N)	T1	43.4	18.8	34.0	10.5	0.001*
	T2-5	20.0	14.0	15.9	8.2	0.053
	MH1	48.7	15.6	41.5	16.4	0.019*
	MH2	55.5	13.4	53.4	16.3	0.466
	MH3	66.3	15.5	62.7	15.2	0.216
	MH4	55.5	18.0	50.3	14.1	0.085
	MH5	21.8	9.3	19.9	8.2	0.247
	MMF	35.9	22.9	39.0	19.8	0.445
	LMF	66.3	29.0	70.5	23.1	0.387

	MRF	94.0	24.5	85.5	20.6	0.048*
	LRF	79.5	31.3	71.2	25.1	0.119
Presión máxima (KPa)	T1	777.9	201.3	686.9	177.5	0.012*
	T2-5	684.7	274.0	634.1	187.6	0.247
	MH1	867.4	248.0	778.7	216.0	0.043*
	MH2	990.0	226.8	934.3	263.5	0.233
	MH3	1020.0	234.3	958.0	262.2	0.189
	MH4	942.4	249.5	874.1	212.6	0.118
	MH5	700.2	296.5	628.5	220.0	0.143
	MMF	756.4	172.6	762.7	161.7	0.842
	LMF	848.9	205.1	821.4	171.1	0.436
	MRF	845.6	250.5	775.1	218.7	0.111
	LRF	840.2	194.3	803.0	201.8	0.320
Presión media (KPa)	T1	331.4	90.8	297.6	68.8	0.026*
	T2-5	319.5	122.3	285.4	77.0	0.074
	MH1	362.9	89.6	346.7	104.3	0.380
	MH2	476.2	90.9	468.1	108.1	0.670
	MH3	517.9	85.8	503.2	77.4	0.339
	MH4	465.2	116.5	431.5	85.0	0.078
	MH5	346.4	112.8	316.2	75.7	0.092
	MMF	329.1	65.8	332.0	71.4	0.827
	LMF	390.4	85.8	390.9	70.6	0.973
	MRF	402.8	81.7	388.5	85.3	0.362
	LRF	431.3	131.6	392.9	93.0	0.073
Integral Presión - Tiempo (N/cm)	T1	37.8	19.2	35.0	14.9	0.391
	T2-5	18.4	13.2	16.5	9.0	0.373
	MH1	58.5	20.2	50.5	21.9	0.045*
	MH2	65.1	15.8	66.2	21.2	0.748
	MH3	79.2	18.8	78.6	22.1	0.872
	MH4	65.3	21.3	62.5	18.3	0.448
	MMF	40.1	28.3	44.0	27.8	0.462

	LMF	65.5	28.5	74.8	37.2	0.141
	MRF	73.9	26.0	70.9	30.1	0.574
	LRF	66.2	26.8	64.9	35.5	0.825

Primer dedo (T1), segundo a quinto dedos (T2 a T5), primera cabeza metatarsal (MH1), segunda cabeza metatarsal (MH2), tercera cabeza metatarsal (MH3), cuarta cabeza metatarsal (MH4), quinta cabeza metatarsal (MH5), mediopié medial (MMF), mediopié lateral (LMF), retropié medial (MRF), retropié lateral (LRF)

4.4. PRESIONES PLANTARES Y VARIABLES RADIOLOGICAS PREOPERATORIAS

Las mediciones radiológicas preoperatorias de los 114 pacientes se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Variables radiológicas preoperatorias.

Variables	(n =114)
HVA (°)	31.1 (7.2); [16-45]
IMA (°)	12.7 (2.6); [7.6-22.0]
DMAA (°)	12.1 (3.6); [1.6-20.0]
PPAA (°)	4.5 (2.5); [1.0-11.0]
Longitud absoluta M1 (mm)	6.5 (0.5); [5.5-8.5]
Longitud absoluta M2 (mm)	7.8 (0.7); [6.1-10.2]
Longitud relativa M1-M2 (mm)	3.5 (2.9); [0-13.0]
MDA (°)	21.9 (3.2); [14.2-30.0]
MPE (mm)	4.7 (2.0); [1.3-10.6]

media (DE); [rango]

HVA: ángulo metatarsofalángico; IMA: ángulo intermetatarsal; DMAA: ángulo metatarsiano articular distal; PPAA: ángulo falange articular proximal; M1: primer

metatarsiano; M2: segundo metatarsiano; MDA: ángulo de declinación primer metatarsiano; MPE: metatarsus primus elevatus

El HVA se correlacionaba significativamente con el IMA ($r=0.299$, $p=0.001$), y con la elevación del primer metatarsiano ($r=-0.207$, $p=0.02$); el IMA con la longitud absoluta de M1 ($r=-0.383$, $p<0.001$) y M2 ($r=-0.335$, $p<0.001$); y la longitud de M1 con la longitud de M2 ($r=0.791$, $p<0.001$).

Las correlaciones significativas entre las variables radiológicas preoperatorias y las mediciones de baropodometría plantar preoperatorias se muestran en el anexo 9.6.

El HVA presentaba una correlación negativa con la fuerza máxima y la fuerza media a nivel del primer dedo (T1), una correlación positiva a nivel del mediopié; y una correlación positiva con la presión media en tercer metatarsiano (MH3), cuarto metatarsiano (MH4) y mediopié medial (MMF).

El IMA no presentaba asociación significativa con las mediciones de baropodometría plantar preoperatorias en ninguna de las zonas estudiadas.

El DMAA se correlacionaba positivamente con la fuerza máxima, la fuerza media, y la presión media a nivel de segundo metatarsiano (MH2), tercer metatarsiano (MH3), y en zona medial de mediopié (MMF) y retropié (RMF).

La longitud absoluta de M1 y M2 presentaban una correlación positiva con la fuerza máxima y la fuerza media en segundo metatarsiano (MH2), tercer metatarsiano (MH3) y cuarto metatarsiano (MH4).

El MDA se correlacionaba positivamente con la presión media y la presión máxima a nivel de primer dedo (T1), segundo a quinto dedo (T2-5), primer metatarsiano (MH1), segundo metatarsiano (MH2), tercer metatarsiano (MH3) y cuarto metatarsiano (MH4).

Según el HVA, 11 pacientes (9.6%) presentaban un HV leve (15°-20°), 92 pacientes (80.7%) un HV moderado (21°-40°), y 11 pacientes (9.6%) un HV severo (>40°).

En los pacientes con HV severo los valores medios de las mediciones de la baropodometría eran significativamente menores con respecto a los pacientes con HV moderados o leves en las siguientes mediciones (Tabla 11): la fuerza máxima en primer metatarsiano (MH1) y segundo metatarsiano (MH2); la fuerza media en primer metatarsiano (MH1) y segundo metatarsiano (MH2); la presión máxima en primer metatarsiano (MH1); la presión media en primer metatarsiano (MH1), segundo metatarsiano (MH2), tercer metatarsiano (MH3) y mediopié medial (MMF). La integral presión-tiempo era mayor en segundo a quinto dedo (T2T5), y menor en primer metatarsiano (MH1) y segundo metatarsiano (MH2).

Tabla 11. Baropodometría preoperatoria y grado radiológico de HV preoperatorio.

Mediciones		Severo (n = 11)		Moderado (n = 92)		Leve (n=11)		p
		Media	DE	Media	DE	Media	DE	
Fuerza máxima (N)	T1	58.8	19.6	79.7	28.7	84.1	38.1	0.066
	T2-5	49.0	16.5	36.2	22.0	28.9	19.3	0.081
	MH1	59.8	12.8	89.7	30.0	80.6	36.1	0.007*
	MH2	77.4	17.8	97.2	24.2	87.6	21.4	0.022*
	MH3	110.8	32.6	112.1	27.3	95.9	20.6	0.183
	MH4	98.8	31.5	91.3	27.3	84.9	32.3	0.514
	MH5	41.8	13.2	40.7	15.3	35.1	15.0	0.490
	MMF	66.8	27.2	75.6	40.8	63.6	38.6	0.522

	LMF	120.0	41.8	121.6	43.5	122.2	33.4	0.992
	MRF	129.7	27.6	140.5	37.2	131.1	29.0	0.492
	LRF	120.6	34.7	126.9	49.9	121.9	44.7	0.883
Fuerza media (N)	T1	29.9	9.6	39.9	16.0	40.7	20.8	0.145
	24.6	24.6	9.5	17.8	12.0	13.8	10.3	0.087
	MH1	32.2	9.6	47.5	16.1	40.6	17.6	0.007*
	MH2	43.3	10.7	56.4	15.0	49.6	10.2	0.010*
	MH3	61.7	14.9	66.1	15.6	54.9	10.8	0.060
	MH4	56.0	13.7	53.3	16.4	48.8	20.0	0.580
	MH5	21.8	5.7	21.2	9.1	17.9	9.2	0.486
	MMF	35.8	19.3	38.2	22.5	31.9	14.5	0.638
	LMF	66.0	23.5	68.6	27.4	67.5	22.3	0.951
	MRF	86.5	17.8	90.9	23.9	86.6	21.7	0.737
	LRF	72.3	23.4	75.9	29.8	76.7	27.1	0.918
Presión máxima (KPa)	T1	645.8	138.7	747.8	194.3	723.6	239.0	0.258
	T2-5	686.1	133.5	672.7	249.4	540.0	196.3	0.204
	MH1	669.0	118.3	856.2	241.3	733.4	213.2	0.017*
	MH2	888.7	141.8	987.8	256.4	841.8	180.2	0.098
	MH3	959.6	173.4	1010.1	258.0	865.0	200.2	0.171
	MH4	906.5	155.4	922.0	244.6	819.6	207.4	0.395
	MH5	686.1	131.2	673.1	280.0	596.0	238.5	0.643
	MMF	762.1	70.4	769.6	178.8	670.5	95.9	0.178
	LMF	837.0	106.0	847.6	201.1	738.9	126.3	0.200
	MRF	854.9	189.3	813.4	249.5	765.4	180.2	0.681
LRF	830.5	109.4	833.3	212.5	728.0	91.6	0.248	
Presión media (KPa)	T1	272.0	53.3	323.6	81.9	293.0	101.1	0.094
	T2-5	322.0	65.2	307.0	107.9	257.9	104.4	0.285
	MH1	284.3	62.3	369.5	95.8	308.4	90.7	0.004*
	MH2	398.8	88.1	489.1	95.7	406.4	77.3	0.001*
	MH3	482.0	63.7	522.2	80.7	447.1	77.6	0.007*
	MH4	457.0	55.1	454.3	106.0	402.1	118.7	0.284
	MH5	334.1	50.4	337.2	100.5	290.0	109.2	0.322

	MMF	312.8	55.2	337.8	69.6	286.4	49.9	0.039*
	LMF	398.0	38.4	392.9	83.1	364.4	69.2	0.503
	MRF	372.9	65.0	402.1	85.7	369.6	75.7	0.297
	LRF	421.4	92.0	416.1	122.0	383.0	89.9	0.658
Integral Presión - Tiempo (N/cm)	T1	29.7	12.8	36.6	17.6	42.3	18.2	0.238
	T2-5	25.6	9.5	16.9	11.3	14.3	11.5	0.037*
	MH1	38.1	12.9	57.2	21.7	50.9	17.6	0.015*
	MH2	53.5	14.1	67.5	18.9	62.2	12.8	0.047*
	MH3	80.3	23.4	78.9	20.3	69.8	16.1	0.298
	MH4	69.9	20.0	63.9	19.9	58.9	20.7	0.442
	MH5	30.6	21.1	23.8	9.5	20.7	9.4	0.094
	MMF	38.0	24.5	43.1	29.2	36.0	20.2	0.655
	LMF	67.8	29.8	70.2	34.3	68.6	25.9	0.965
	MRF	68.8	23.8	73.6	28.6	66.6	26.7	0.661
	LRF	60.0	13.0	66.6	33.0	62.3	27.7	0.751

Primer dedo (T1), segundo a quinto dedos (T2 a T5), primera cabeza metatarsal (MH1), segunda cabeza metatarsal (MH2), tercera cabeza metatarsal (MH3), cuarta cabeza metatarsal (MH4), quinta cabeza metatarsal (MH5), mediopié medial (MMF), mediopié lateral (LMF), retropié medial (MRF), retropié lateral (LRF)

La fórmula metatarsal era Index Minus en 94 pacientes (82.5%), Index Plus Minus en 16 pacientes (14%), e Index Plus en 4 pacientes (3.5%). No se detectaron diferencias significativas entre la fórmula metatarsal y las mediciones de baropodometría preoperatoria.

4.5. PRESIONES PLANTARES PREOPERATORIAS Y POSTOPERATORIAS A LOS 12 MESES EN PACIENTES CON OSTEOTOMÍA MODIFICADA DE CHEVRON Y OSTEOTOMÍA DE AKIN

De la muestra general de 114 pacientes, se seleccionaron 44 pacientes con diagnóstico de HV moderado (ángulo del HV entre 21° y 40°) intervenidos mediante osteotomía del primer metatarsiano modificada de chevron y osteotomía de la falange tipo Akin.

Los datos generales de los pacientes se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. Datos generales preoperatorios de la muestra HV moderado chevron – Akin.

Variables		Muestra (n =44)
Edad (años), media (DE); [rango]		56.1, (12.7); [21-72]
Mujeres, n (%)		35 (79.5)
Peso (Kg), media (DE); [rango]		69.3, (9.9); [50-94]
Altura (m), media (DE); [rango]		1.6, (0.09); [1.4-1.9]
IMC (Kg/m²), media (DE); [rango]		25.9, (4); [16.1-36.5]
Actividad deportiva	No, n (%)	15 (34.1)
	Caminar, n (%)	20 (45.5)
	Otra, n (%)	9 (20.5)
Actividad física en el trabajo	Sedestación, n (%)	8 (18.2)
	Bipedestación, n (%)	31 (70.5)
	Intensa, n (%)	5 (11.4)

Pie izquierdo, n (%)	26 (59.1)
Pie derecho, n (%)	18 (40.9)
Pronación primer dedo, n (%)	11 (25)
Deformidades digitales, n (%)	12 (27.2)
Bursitis, n (%)	24 (54.5)
Necesidad cuidados podológicos previos a la cirugía, n (%)	8 (18.1)

HV: hallux valgus; IMC: índice masa corporal; DE: desviación estándar

Los pacientes fueron intervenidos mediante osteotomía del primer metatarsiano modificada de chevron y osteotomía de la falange tipo Akin. En 8 pacientes (18.1%) se asociaron gestos quirúrgicos sobre los dedos: artrodesis a nivel de la articulación interfalángica proximal en 2 pacientes y tenotomía percutánea del tendón extensor en 6 pacientes.

En el preoperatorio, la presión máxima y media más alta se hallaban bajo la cabeza del segundo metatarsiano (MH2), tercer metatarsiano (MH3), y cuarto metatarsiano (MH4). A los 6 meses de la cirugía, la presión máxima había aumentado en todas las zonas del pie, a excepción del primer dedo (T1) donde decreció, con diferencias significativas bajo la cabeza del segundo metatarsiano (MH2), tercer metatarsiano (MH3), cuarto metatarsiano (MH4), y mediopié medial (MMF). Entre los 6 y los 12 meses, las presiones máximas continuaron aumentando en todas las zonas del pie, a excepción del retropié medial (MRF), y las diferencias fueron significativas en el primer dedo (T1), primer metatarsiano (MH1), segundo metatarsiano (MH2) y tercer metatarsiano (MH3). A los 12 meses de la cirugía, la presión máxima se había incrementado en todas las

zonas del pie, y las diferencias eran significativas bajo el segundo a quinto dedo (T2-3-4-5), segundo metatarsiano (MH2), tercer metatarsiano (MH3), cuarto metatarsiano (MH4), quinto metatarsiano (MH5), mediopié medial (MMF), mediopié lateral (LMF), y retropié lateral (LRF). La Tabla 13 muestra los valores preoperatorios, a los 6 y 12 meses tras la cirugía de las presiones máximas.

Tabla 13. Presiones máximas preoperatorias, 6 y 12 meses tras la cirugía en las zonas del pie.

Zonas pie	Preoperatorio (Kpa)	6 meses (Kpa)	p preop-6 m	12 meses (Kpa)	p 6 -12 m	p preop-12 m
T1	720 (161)	713 (136)	0.76	784 (218)	0.02*	0.05
T2-3-4-5	630 (196)	656 (170)	0.28	690(187)	0.15	0.01*
MH1	840 (259)	854 (199)	0.71	904 (235)	0.03*	0.08
MH2	968 (235)	1043 (164)	0.01*	1144 (197)	0.001*	0.001*
MH3	1003 (238)	1088 (206)	0.001*	1190 (253)	0.003*	0.001*
MH4	918 (254)	974 (229)	0.02*	1025 (251)	0.09	0.001*
MH5	670 (308)	687 (343)	0.70	774 (332)	0.95	0.006*
MMF	774 (163)	828 (131)	0.01*	849 (176)	0.30	0.005*
LMF	869 (207)	927 (155)	0.05	972 (186)	0.06	0.003*
MRF	814 (213)	851 (210)	0.11	849 (232)	0.93	0.11
LRF	844 (174)	873 (129)	0.13	910 (166)	0.06	0.01*

* p < 0,05. Media (desviación estándar)

Primer dedo (T1), segundo a quinto dedos (T2 a T5), primera cabeza metatarsal (MH1), segunda cabeza metatarsal (MH2), tercera cabeza metatarsal (MH3), cuarta cabeza metatarsal (MH4), quinta cabeza metatarsal (MH5), mediopié medial (MMF), mediopié lateral (LMF), retropié medial (MRF), retropié lateral (LRF)

La presión media se incrementó a los 6 meses tras la cirugía en todas las zonas del pie, a excepción del primer dedo (T1), con diferencias significativas en el segundo metatarsiano (MH2), tercer metatarsiano (MH3), mediopié medial (MMF), y mediopié lateral (LMF). Entre los 6 y los 12 meses tras la cirugía, la presión media continuó aumentando en todas las zonas del pie, y las diferencias fueron significativas en el primer dedo (T1), segundo a quinto dedo (T2-3-4-5), cuarto metatarsiano (MH4) y quinto metatarsiano (MH5). A los 12 meses de la cirugía, la presión media se había incrementado en todas las zonas del pie, y las diferencias fueron en todas las zonas significativas. La Tabla 14 muestra los valores de presión media preoperatoria, a los 6 y 12 meses tras la cirugía.

Tabla 14. Presiones medias preoperatorias, 6 y 12 meses tras la cirugía en las zonas del pie.

Zonas pie	Preoperatorio (Kpa)	6 meses (Kpa)	p preop-6 m	12 meses (Kpa)	p 6-12 m	p preop-12 m
T1	310 (82)	310 (70)	0.95	341 (81)	0.005*	0.008*
T2-3-4-5	299 (102)	306 (88)	0.47	330 (101)	0.03*	0.005*
MH1	351 (92)	372 (91)	0.11	389 (103)	0.10	0.001*
MH2	463 (88)	496 (95)	0.02*	504 (88)	0.38	0.001*
MH3	508 (82)	541 (81)	0.02*	553 (82)	0.21	0.001*
MH4	452 (113)	459 (115)	0.44	481 (122)	0.02*	0.001*
MH5	330 (105)	341 (110)	0.25	371 (106)	0.02*	0.001*
MMF	331 (65)	348 (60)	0.04*	360 (58)	0.14	0.001*
LMF	401 (80)	422 (74)	0.005*	426 (79)	0.61	0.001*
MRF	389 (77)	406 (83)	0.10	421 (87)	0.09	0.001*
LRF	409 (112)	421 (115)	0.29	440 (114)	0.08	0.006*

* $p < 0,05$

Media (desviación estándar)

Primer dedo (T1), segundo a quinto dedos (T2 a T5), primera cabeza metatarsal (MH1), segunda cabeza metatarsal (MH2), tercera cabeza metatarsal (MH3), cuarta cabeza metatarsal (MH4), quinta cabeza metatarsal (MH5), mediopié medial (MMF), mediopié lateral (LMF), retropié medial (MRF), retropié lateral (LRF)

Al considerar la presión media bajo cada cabeza metatarsal como porcentaje de la presión total en la zona metatarsal entre el preoperatorio y los 12 meses tras la cirugía (Tabla 15), hubo un incremento bajo la cabeza del primer metatarsiano (MH1), y del quinto metatarsiano (MH5), pero las diferencias no fueron significativas. Bajo la cabeza del segundo metatarsiano (MH2) no había diferencias. Bajo la cabeza del tercer metatarsiano (MH3) y del cuarto metatarsiano (MH4) la presión media había disminuido, pero la diferencia sólo era significativa a nivel del cuarto metatarsiano.

Tabla 15. Presiones medias bajo las cabezas metatarsales como porcentaje de la presión total metatarsal.

Zonas pie	Preoperatorio	6 meses	p preop-6 m	12 meses	p 6 -12m	p preop-12m
MH1	16.6 (0.03)	16.9 (0.03)	0.48	16.9 (0.03)	0.91	0.38
MH2	22.1 (0.03)	22.5 (0.03)	0.13	22.1 (0.03)	0.03*	0.87
MH3	24.2 (0.01)	24.5 (0.01)	0.28	24.1 (0.01)	0.09	0.59
MH4	21.3 (0.03)	20.6 (0.03)	0.02*	20.8 (0.03)	0.50	0.04*
MH5	15.4 (0.03)	15.2 (0.03)	0.001*	15.9 (0.03)	0.04*	0.15

* p < 0,05

Media (desviación estándar)

Primera cabeza metatarsal (MH1), segunda cabeza metatarsal (MH2), tercera cabeza metatarsal (MH3), cuarta cabeza metatarsal (MH4), quinta cabeza metatarsal (MH5)

A los 12 meses de la cirugía (Tabla 16), el porcentaje de incremento en la presión media bajo las cabezas metatarsales fue mayor en el primer metatarsiano (MH1) y el quinto metatarsiano (MH5).

Tabla 16. Porcentaje de incremento en la presión media bajo las cabezas metatarsales.

Zonas pie	Preoperatorio- 6m	6 –12 m	Preoperatorio – 12 m
MH1	5.9	4.5	10.8
MH2	7.1	1.6	8.8
MH3	6.6	2.2	8.8
MH4	1.5	4.7	6.4
MH5	3.3	8.7	12.4

Primera cabeza metatarsal (MH1), segunda cabeza metatarsal (MH2), tercera cabeza metatarsal (MH3), cuarta cabeza metatarsal (MH4), quinta cabeza metatarsal (MH5)

La velocidad media normal de paso se incrementó de 0.75 m/s (DE 0.18) a 0.79 m/s (DE 0.11) a los 6 meses de la cirugía ($p=0.17$). A los 12 meses de la cirugía, la velocidad media normal de paso era de 0.86 m/s (DE 0.10). La diferencia de la velocidad de paso a los 12 meses con la velocidad preoperatoria y a los 6 meses era significativa ($p<0.001$).

4.6. PRESIONES PLANTARES PREOPERATORIAS Y POSTOPERATORIAS A LOS 12 MESES EN PACIENTES CON OSTEOTOMÍA MODIFICADA DE CHEVRON, OSTEOTOMÍA DE AKIN Y OSTEOTOMÍA DE WEIL

De la muestra general se seleccionaron 53 pacientes con diagnóstico de HV y metatarsalgia.

Los datos generales de los pacientes se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17. Datos generales muestra pacientes HV + metatarsalgia.

Variables		Muestra (n =53)
Edad (años), media (DE); [rango]		58.6, (8.6); [30-74]
Mujeres, n (%)		47 (88.6)
Peso (Kg), media (DE); [rango]		67.9, (11.0); [51-100]
Altura (m), media (DE); [rango]		1.6, (0.08); [1.5-1.8]
IMC (Kg/m²), media (DE); [rango]		25.8, (4.0); [17.3-36.0]
Actividad deportiva	No, n (%)	16 (30.2)
	Caminar, n (%)	27 (50.9)
	Otra, n (%)	10 (18.9)
Actividad física en el trabajo	Sedestación, n (%)	9 (16.9)
	Bipedestación, n (%)	43 (81.1)
	Intensa, n (%)	1 (2)
Pie izquierdo, n (%)		29 (54.7)
Pie derecho, n (%)		24 (45.3)
Pronacion primer dedo, n (%)		22 (41.5)

Deformidades digitales, n (%)	39 (73.5)
Bursitis, n (%)	25 (47.1)
Necesidad cuidados podológicos previos a la cirugía, n (%)	23 (43.3)

HV: hallux valgus; IMC: índice masa corporal; DE: desviación estándar

La metatarsalgia se localizaba a nivel del 2º metatarsiano en 3 pacientes (5.8%), del 2º y 3º metatarsiano en 25 pacientes (47.1%), y del 2º, 3º y 4º metatarsiano en 25 pacientes (47.1%).

Los pacientes fueron intervenidos mediante osteotomía del primer metatarsiano modificada de chevron asociada a osteotomía de Akin de la falange proximal y osteotomía tipo Weil del 2º metatarsiano en 3 pacientes, del 2º y 3º metatarsiano en 25 pacientes, y del 2º, 3º y 4º metatarsiano en 25 pacientes. En 37 pacientes (69.8%) se asociaron gestos quirúrgicos sobre los dedos: artrodesis a nivel de la articulación interfalángica proximal en 34 pacientes y tenotomía del tendón extensor en 3 pacientes.

En el preoperatorio, la presión máxima era mayor bajo la cabeza del tercer metatarsiano (MH3), segundo metatarsiano (MH2), y cuarto metatarsiano (MH4). A los 6 meses de la cirugía, la presión máxima había aumentado en todas las zonas del pie, a excepción del segundo al quinto dedo (T2-3-4-5) dónde decreció, con diferencias significativas bajo la cabeza del primer metatarsiano (MH1), segundo metatarsiano (MH2), tercer metatarsiano (MH3), mediopié medial (MMF) y mediopié lateral (LMF). Entre los 6 y los 12 meses, la presión máxima continuó aumentando en todas las zonas del pie, a excepción del segundo metatarsiano (MH2); y las diferencias fueron significativas en el primer

metatarsiano (MH1), mediopié medial (MMF), mediopié lateral (LMF), y retropié lateral (LRF). A los 12 meses de la cirugía, la presión máxima se había incrementado en todas las zonas del pie, a excepción del segundo metatarsiano (MH2); y las diferencias eran significativas a nivel del primer dedo (T1), primer metatarsiano (MH1), tercer metatarsiano (MH3), mediopié medial (MMF), mediopié lateral (LMF), y retropié lateral (LRF). La Tabla 18 muestra los valores preoperatorios, a los 6 y 12 meses tras la cirugía de las presiones máximas.

Tabla 18. Presiones máximas pacientes HV + metatarsalgia.

Zonas pie	Preoperatorio (Kpa)	6 meses (Kpa)	p preop-6 m	12 meses (Kpa)	p 6-12 m	p preop-12 m
T1	686.9 (177.5)	713.6 (182.0)	0.324	810.23 (288.7)	0.123	0.030*
T2-3-4-5	634.1 (187.6)	576.9 (213.8)	0.149	642.5 (255.0)	0.390	0.728
MH1	778.7 (216.0)	879.7 (217.1)	<0.001*	1006.2 (324.6)	0.023*	<0.001*
MH2	934.3 (263.5)	1039.4 (184.0)	0.001*	921.4 (500.3)	0.072	0.835
MH3	958.0 (262.2)	1071.2 (213.2)	0.002*	1172.6 (247.4)	0.061	0.001*
MH4	874.1 (212.6)	938.9 (232.3)	0.070	974.0 (191.5)	0.577	0.103
MH5	628.5 (220.0)	652.2 (230.9)	0.471	715.1 (273.1)	0.176	0.222
MMF	762.7 (161.7)	839.4 (143.4)	0.001*	872.3 (250.7)	<0.001*	0.011*

LMF	821.4 (171.1)	926.1 (212.3)	0.001*	955.7 (256.3)	<0.001*	0.003*
MRF	775.1 (218.7)	820.3 (189.5)	0.074	885.2 (288.5)	0.336	0.055
LRF	803.0 (201.8)	848.0 (179.8)	0.086	978.7 (242.4)	0.005*	<0.001*

* $p < 0,05$

Media (desviación estándar)

Primer dedo (T1), segundo a quinto dedos (T2 a T5), primera cabeza metatarsal (MH1), segunda cabeza metatarsal (MH2), tercera cabeza metatarsal (MH3), cuarta cabeza metatarsal (MH4), quinta cabeza metatarsal (MH5), mediopié medial (MMF), mediopié lateral (LMF), retropié medial (MRF), retropié lateral (LRF)

En el preoperatorio, la presión media era mayor bajo la cabeza del tercer metatarsiano (MH3), segundo metatarsiano (MH2), y cuarto metatarsiano (MH4). A los 6 meses de la cirugía, la presión media había aumentado en todas las zonas del pie, a excepción del segundo al quinto dedo (T2-3-4-5) donde decreció, con diferencias significativas bajo la cabeza del primer metatarsiano (MH1), segundo metatarsiano (MH2), tercer metatarsiano (MH3), mediopié medial (MMF) y medio lateral (LMF). Entre los 6 y los 12 meses, las presiones medias continuaron aumentando en todas las zonas del pie, a excepción del segundo metatarsiano (MH2); y las diferencias fueron significativas en el primer metatarsiano (MH1), quinto metatarsiano (MH5), retropié medial (MRF) y retropié lateral (LRF). A los 12 meses de la cirugía, la presión media se había incrementado en todas las zonas del pie, a excepción del segundo metatarsiano (MH2); y las diferencias eran significativas a nivel del primer dedo (T1), primer

metatarsiano (MH1), tercer metatarsiano (MH3), cuarto metatarsiano (MH4), quinto metatarsiano (MH5), mediopié medial (MMF), mediopié lateral (LMF), retropié medial (MRF), y retropié lateral (LRF). La Tabla 19 muestra los valores de presión media preoperatoria, a los 6 y 12 meses tras la cirugía.

Tabla 19. Presiones medias pacientes HV + metatarsalgia.

Zonas pie	Preoperatorio (Kpa)	6 meses (Kpa)	p preop-6 m	12 meses (Kpa)	p preop-12 m	p 6-12 m
T1	297.6 (68.8)	316.9 (86.6)	0.074	352.2 (85.4)	0.001*	0.155
T2-3-4-5	285.4 (77.0)	277.4 (101.9)	0.603	316.1 (90.0)	0.273	0.212
MH1	346.7 (104.3)	373.6 (108.5)	0.010*	428.7 (120.8)	<0.001*	0.006*
MH2	468.1 (108.1)	490.8 (100.7)	0.027*	432.5 (232.4)	0.208	0.059
MH3	503.2 (77.4)	525.4 (81.9)	0.032*	546.0 (70.7)	0.004*	0.207
MH4	431.5 (85.0)	449.0 (103.9)	0.080	473.2 (83.3)	0.040*	0.258
MH5	316.2 (75.7)	331.0 (85.9)	0.064	367.0 (71.7)	<0.001*	0.033*
MMF	332.0 (71.4)	354.0 (76.6)	0.007*	379.3 (78.0)	<0.001*	0.055
LMF	390.9 (70.6)	419.5 (90.7)	0.009*	433.0 (75.5)	<0.001*	0.552
MRF	388.5 (85.3)	405.2 (88.9)	0.090	459.5 (102.4)	<0.001*	<0.001*

LRF	392.9 (93.0)	411.0 (103.0)	0.096	463.2 (99.4)	<0.001*	0.024*
------------	--------------	------------------	-------	-----------------	---------	--------

* $p < 0,05$

Media (desviación estándar)

Primer dedo (T1), segundo a quinto dedos (T2 a T5), primera cabeza metatarsal (MH1), segunda cabeza metatarsal (MH2), tercera cabeza metatarsal (MH3), cuarta cabeza metatarsal (MH4), quinta cabeza metatarsal (MH5), mediopié medial (MMF), mediopié lateral (LMF), retropié medial (MRF), retropié lateral (LRF)

Si consideramos la presión media bajo cada cabeza metatarsal como porcentaje de la presión total en la zona metatarsal (Tabla 20), no hubo diferencias significativas entre el preoperatorio y los 6 meses tras la cirugía. Sin embargo, entre los 6 y los 12 meses hubo un descenso significativo de la presión media a nivel del segundo metatarsiano (MH2) y el tercer metatarsiano (MH3). A los 12 meses de seguimiento, la presión media había aumentado significativamente con respecto a los valores preoperatorios a nivel del primer metatarsiano (MH1); y descendido significativamente a nivel del segundo metatarsiano (MH2), tercer metatarsiano (MH3), y cuarto metatarsiano (MH4). La presión media a nivel del quinto metatarsiano (MH5) prácticamente no se modificó.

Tabla 20. Presiones medias bajo cabeza metatarsiano como porcentaje de la presión total metatarsal a los 6 y 12 meses

Zonas pie	Preoperatorio	6 meses	p preop-6 m	12 meses	p preop-12m	p 6-12m
MH1	16.6 (3.3)	17.1 (3.8)	0.083	18.0 (3.6)	0.002*	0.119
MH2	22.5 (2.9)	22.6 (3.1)	0.834	18.3 (9.2)	0.003*	0.002*
MH3	24.4 (1.4)	24.2 (1.7)	0.434	23.3 (1.7)	0.003*	0.013*
MH4	21.0 (3.1)	20.7 (3.5)	0.273	20.2 (3.2)	0.002*	0.243
MH5	15.3 (3.0)	15.2 (2.7)	0.575	15.6 (2.4)	0.739	0.355

* $p < 0,05$

Media (desviación estándar)

Primera cabeza metatarsal (MH1), segunda cabeza metatarsal (MH2), tercera cabeza metatarsal (MH3), cuarta cabeza metatarsal (MH4), quinta cabeza metatarsal (MH5)

El porcentaje de incremento de la presión media fue mayor bajo la cabeza del primer metatarsiano (MH1) y del quinto metatarsiano (MH5) a los 12 meses de la cirugía. A nivel de la cabeza del segundo metatarsiano (MH2) se produjo un descenso de la presión media (Tabla 21).

Tabla 21. Porcentaje de incremento (%) en la presión media en la zona metatarsal.

Zonas pie	Preoperatorio- 6 meses	Preoperatorio - 12 meses	6-12 meses
MH1	7.8	23.6	14.7
MH2	4.7	-7.6	-11.8
MH3	4.3	8.5	4
MH4	4.1	9.7	5.3
MH5	4.7	16.1	10.8

Primera cabeza metatarsal (MH1), segunda cabeza metatarsal (MH2), tercera cabeza metatarsal (MH3), cuarta cabeza metatarsal (MH4), quinta cabeza metatarsal (MH5)

La velocidad media normal de paso se incrementó de 0.74 m/s (DE 0.11) a 0.81 m/s (DE 0.18) a los 6 meses de la cirugía ($p=0.43$). A los 12 meses de la cirugía, la velocidad media normal de paso era de 0.88 m/s (DE 0.09). La diferencia de la velocidad de paso a los 12 meses con la velocidad preoperatoria y a los 6 meses era significativa ($p<0.001$).



5. DISCUSIÓN





5.1. PRESIONES PLANTARES PREOPERATORIAS Y RESULTADO CLÍNICO POSTOPERATORIO A LOS 6 MESES.

El principal hallazgo de nuestro estudio ha sido encontrar una asociación significativa entre la presión máxima bajo la cabeza del cuarto metatarsiano (MH4) y la presencia de dolor a los 6 meses tras cirugía del HV. A mayor presión máxima bajo la cabeza del cuarto metatarsiano (MH4), menor probabilidad de presentar dolor tras la cirugía del HV a los 6 meses. Además, la actividad deportiva preoperatoria, el tiempo de retirada del zapato ortopédico tras la cirugía, y la escala AOFAS preoperatoria, también se han relacionado significativamente con la presencia de dolor a los 6 meses de la cirugía. Sin embargo, no hemos encontrado asociación significativa entre las mediciones de baropodometría plantar preoperatoria y la escala AOFAS.

La deformidad del HV es un proceso dinámico progresivo con aducción del primer metatarsiano, valgo de la falange proximal e incremento de la distancia entre el primer y el segundo metatarsiano, lo que conlleva la modificación del apoyo plantar. Varios estudios sugieren que deformidades del antepié se asociaban a presiones plantares elevadas, y que su estudio sería importante para poder prevenir dichas deformidades^{171,172}. La baropodometría plantar no es una técnica de uso común utilizada en la planificación preoperatoria de la cirugía del HV en la práctica clínica diaria. Sin embargo, se han publicado estudios de baropodometría tanto preoperatorias como postoperatorias en el HV con el fin de conocer mejor la evolución de las presiones plantares^{173,174,175}, con resultados dispares.

Preoperatoriamente, Deschamps¹⁷⁶ y Koller¹⁷⁷ concluyen que existe un menor apoyo a nivel del primer dedo (T1), Menz¹⁷² un aumento de la presión máxima bajo la cabeza del tercer a quinto metatarsiano y Martínez-Nova¹⁷⁴ refiere un incremento de presión a nivel del primer dedo (T1) y de la cabeza del primer metatarsiano (MH1) en HV moderados. Nuestros resultados son similares a los publicados por Deschamps¹⁷⁶, Koller¹⁷⁷ y Menz¹⁷².

Varios autores han estudiado la asociación entre las presiones plantares preoperatorias y diferentes escalas de valoración clínica. Iliou¹⁷⁸ encontró una relación entre la presión máxima bajo el primer dedo (T1), el primer metatarsiano (MH1), y el segundo metatarsiano (MH2), con la escala de Manchester de valoración de la severidad del HV. Sanchez-Rodriguez¹⁷⁹ estudió la relación entre el "Foot Posture Index" y las presiones plantares, concluyendo que existía una baja capacidad de predecir el patrón de presión plantar. Y Martínez-Nova¹⁷⁴ encontró que sólo el 18.6% de la presión bajo la cabeza del primer metatarsiano podía ser relacionada con el dolor, la alineación del primer dedo, o el valor de AOFAS preoperatorio. Nuestro estudio muestra menor presión máxima preoperatoria bajo la cabeza del cuarto metatarsiano (MH4) en los pacientes con dolor en el antepié a los 6 meses según la escala de valoración EVA, al igual que refiere Wen¹⁷⁵. Esta reducción de la presión podría ser debido a la elevación relativa de la cabeza del cuarto metatarsiano (MH4), lo cual es provocado por el colapso del arco metatarsiano transverso^{180,181}. Una mayor presión máxima bajo la cabeza del cuarto metatarsiano (MH4) sugiere que la cabeza del cuarto metatarsiano (MH4) no está elevada, y que el arco metatarsiano transverso no se ha colapsado. En un pie pronado, el antepié con HV tiene que supinarse durante el despegue y en esta situación, el primer metatarsiano (MH1) se eleva

porque es móvil, y el cuarto (MH4) y quinto (MH5) también. Sin embargo, el segundo metatarsiano (MH2) y tercer metatarsiano (MH3) no pueden elevarse ya que son fijos. Esto sugiere que a mayor colapso del arco transversal, mayor carga se genera bajo la cabeza del segundo metatarsiano (MH2) y tercer metatarsiano (MH3), y menor carga en primer metatarsiano (MH1) y cuarto metatarsiano (MH4). Esto explicaría que los pacientes que preoperatoriamente tenían presiones más altas bajo la cabeza del cuarto metatarsiano (MH4), tendrían menor colapso del arco metatarsal, y un resultado clínico más satisfactorio tras la cirugía del HV.

En nuestra muestra encontramos diferencias significativas en el primer dedo (T1) para la fuerza media, el tercer metatarsiano (MH3) para la fuerza máxima, el cuarto metatarsiano (MH4) para la fuerza máxima y la presión máxima, y el quinto metatarsiano (MH5) para la fuerza máxima. A partir de las variables significativas desarrollamos un modelo explicativo para la presencia de dolor a los 6 meses de la cirugía. Los pacientes que no realizaran actividad deportiva, tuvieran un valor preoperatorio alto en la escala AOFAS, se retiraran el zapato ortopédico a las 4 semanas tras la cirugía, y presentaran valores altos de presión máxima bajo la cabeza del cuarto metatarsiano (MH4), eran pacientes con mayor probabilidad de no presentar dolor a los 6 meses tras la cirugía del HV. El valor del estadístico C era 0.81, lo cual debería considerarse como excelente.

El presente estudio inicia una línea de investigación que puede conducir a establecer un modelo de predicción de un resultado satisfactorio tras la cirugía del HV basado en la baropodometría plantar preoperatoria, como una herramienta adicional para una planificación más específica e individualizada.

5.2. PRESIONES PLANTARES Y METATARSALGIA PREOPERATORIA

En nuestro estudio los valores medios de baropodometría plantar eran menores en los pacientes que asociaban metatarsalgia con respecto a los pacientes que no la asociaban; a excepción de en mediopié medial (MMF) con respecto a la fuerza, presión e integral presión-tiempo; en mediopié lateral (LMF) con respecto a la fuerza e integral presión-tiempo; segundo metatarsiano (MH2) y quinto metatarsiano (MH5) con respecto a la integral presión-tiempo. Los pacientes sin metatarsalgia tienen mayores valores de fuerza máxima y media, lo cual se correlaciona con una deambulación más ágil, debido a que el tercer rocker se produce sin dolor. Como la fuerza es directamente proporcional a la presión, en pacientes sin dolor los valores de presión bajo las cabezas de los metatarsianos son mayores que en los pacientes con dolor. La presencia de metatarsalgia produce una tendencia a evitar el periodo propulsivo, por lo que la superficie de contacto del pie con el suelo es mayor y por lo tanto la presión que soporta el antepié es menor.

Las diferencias fueron significativas a nivel del primer dedo (T1) para la fuerza y la presión máxima y media, y a nivel del primer metatarsiano (MH1) para la fuerza máxima y media, la presión máxima y la integral presión-tiempo. En pacientes con HV y metatarsalgia, la insuficiencia del primer metatarsiano determina unos valores menores de presión bajo el primer radio.

Espinosa refería que la metatarsalgia primaria se asocia a alteraciones anatómicas que producen una mayor carga sobre las cabezas metatarsales. Entre ellas destacaba la insuficiencia del primer radio característica del HV así como la discrepancia en la longitud de los metatarsianos, siendo la presencia de

un segundo metatarsiano largo (fórmula metatarsal index minus) la más frecuente¹⁸². Waldecker demostró una mayor presión máxima e integral presión-tiempo en la zona lateral del antepié (MH2 a MH5) en los pacientes con metatarsalgia¹⁸³. Y Menz también encontró una mayor presión máxima en tercer metatarsiano (MH3), cuarto metatarsiano (MH4) y quinto metatarsiano (MH5) en los pacientes con metatarsalgia¹⁸⁴. Por el contrario, Kaipel no encontró un incremento en los parámetros de presión bajo los metatarsianos centrales¹⁸⁵. En nuestro estudio no hemos encontrado diferencias significativas a nivel de los metatarsianos segundo a quinto entre pacientes con o sin metatarsalgia en las medidas de baropodometría preoperatoria, coincidiendo con Kaipel¹⁸⁵.

Keijsers refería una mayor presión media e integral presión-tiempo en los pacientes con dolor en antepié con respecto a pacientes sin dolor en antepié a nivel del segundo metatarsiano (MH2), tercer metatarsiano (MH3) y cuarto metatarsiano (MH4), aunque las diferencias no eran significativas¹⁸⁶. Es más, las diferencias fueron tan pequeñas que concluye que no se deben utilizar las presiones plantares para diferenciar a los pacientes que tienen dolor bajo las cabezas metatarsales de los radios menores de los que no lo tienen y que se deben tener en consideración otros factores. Nuestros resultados están en la línea de investigación de Keijsers¹⁸⁶, y coincidimos en que otros factores como el grosor de la almohadilla grasa plantar debajo de la cabeza metatarsal, la calidad de los tejidos blandos plantares, la rigidez articular metatarsofalángica, la dinámica del pie o la percepción individual del dolor por parte del paciente, deberían ser factores importantes a considerar en los pacientes con metatarsalgia.

5.3. PRESIONES PLANTARES Y VARIABLES RADIOLÓGICAS PREOPERATORIAS

De nuestro estudio se obtienen cuatro hallazgos fundamentales. En primer lugar el ángulo de HVA influía negativamente en la fuerza máxima y la fuerza media a nivel del primer dedo (T1); y positivamente en la presión media a nivel del tercer metatarsiano (MH3), cuarto metatarsiano (MH4) y mediopié medial (MMF). En segundo lugar, el DMMA influía positivamente en la fuerza máxima, la fuerza media, y la presión media a nivel de segundo metatarsiano (MH2), tercer metatarsiano (MH3), y en zona medial de mediopié (MMF) y retropié (RMF). En tercer lugar, el MDA influía positivamente en la presión media y la presión máxima a nivel de primer dedo (T1), segundo a quinto dedo (T2-5), primer metatarsiano (MH1), segundo metatarsiano (MH2), tercer metatarsiano (MH3) y cuarto metatarsiano (MH4). Y en cuarto lugar, a mayor severidad de la deformidad de HV, los valores de fuerza y presión son menores a nivel del primer metatarsiano (MH1) y segundo metatarsiano (MH2). Estos resultados sugieren que a mayor HVA y DMMA disminuye la fuerza a nivel del primer dedo (T1) y se incrementa la presión a nivel del segundo metatarsiano (MH2), tercer metatarsiano (MH3), cuarto metatarsiano (MH4) y zona medial del mediopié (MMF) y retropié (RMF).

Koller refiere una correlación negativa entre el HVA y la presión máxima a nivel del primer dedo (T1), fuerza máxima a nivel del primer metatarsiano (MH1); y positiva con la presión integral-tiempo, fuerza máxima y presión máxima a nivel de la cabeza del quinto metatarsiano¹⁷⁷. Y concluye que a mayor deformidad del HV, la presión se traslada desde la zona medial a la lateral del antepié.

En nuestro estudio, la longitud absoluta de M1 no presentaba correlación con la fuerza y la presión a nivel de la cabeza del primer metatarsiano (MH1). Sin embargo, la longitud absoluta de M2 sí se correlacionaba positivamente con la fuerza máxima y la fuerza media en segundo metatarsiano (MH2), pero no con la presión. Estudios previos habían consolidado la teoría de que a mayor longitud metatarsal, mayor presión bajo la cabeza de los metatarsianos^{182, 187, 188}. Sin embargo, posteriormente Kaipel no encontró correlación significativa entre la longitud metatarsal del primer (MH1), segundo (MH2) y tercer metatarsiano (MH3), y la presión máxima y la fuerza máxima a esos niveles, concluyendo que la longitud del metatarsiano no tiene influencia en los parámetros de presión que soporta¹⁸⁵. Y Menz tampoco encontró relación entre la longitud de los metatarsianos menores y la presión bajo la cabeza metatarsal⁽¹⁸⁴⁾. De estos hallazgos se desprende que actualmente, existe controversia sobre la asociación directa entre la longitud de los metatarsianos, y el incremento de la presión bajo las cabezas metatarsianas.

Otro posible factor a considerar podría ser el grado de flexión plantar de la cabeza metatarsal. En nuestro estudio, hemos obtenido que a mayor DMA, existe mayor presión a nivel de la cabeza del primer a cuarto metatarsiano, lo que sugiere que a mayor flexión plantar de la cabeza metatarsal, existiría mayor presión. Sin embargo, no hemos calculado el ángulo de declinación de la cabeza de los metatarsianos segundo, tercero y cuarto, ni tampoco hemos realizado la proyección radiológica "skyline view". Por ello, consideramos que es una línea de investigación futura para conseguir una mayor evidencia científica sobre la relación que existe entre el grado de flexión plantar de las cabezas metatarsales y el incremento de los valores de baropodometría.

5.4. PRESIONES PLANTARES PREOPERATORIAS Y POSTOPERATORIAS A LOS 12 MESES EN PACIENTES CON OSTEOTOMÍA MODIFICADA DE CHEVRON Y OSTEOTOMÍA DE AKIN

Los resultados de nuestro estudio indican un incremento en la presión plantar máxima y media en todas las regiones plantares de forma progresiva, particularmente bajo la cabeza del primer metatarsiano y del quinto metatarsiano, tras la osteotomía modificada de chevron. Este hecho sugiere que tras la cirugía se consigue un aumento de la carga bajo la cabeza del primer metatarsiano debido a una mayor plantaflexión del mismo, lo que creemos que puede estar relacionado con la mayor pronación que en esta situación se produce en el antepié. El aumento generalizado de las presiones en el antepié demuestra que, ante la corrección de la deformidad del HV, se consigue una distribución de cargas más homogénea en el antepié, a lo que contribuyen factores tales como una mayor velocidad del paso, la ausencia de dolor y una fase de despegue más fisiológica.

Preoperatoriamente, las presiones eran mayores en los metatarsianos centrales, lo cual describen algunos autores como un patrón característico de la distribución de las presiones plantares en presencia de HV^{174,189,190,191}. Son varios los estudios que publican cambios en las presiones plantares tras la cirugía del HV mediante osteotomía de chevron. Bryant refiere un descenso de la presión a nivel del primer dedo (T1), primer metatarsiano (MH1), y segundo metatarsiano (MH2), a los 24 meses de seguimiento¹⁹². Kernozek también refiere un descenso de la presión a nivel del primer dedo (T1) y del primer metatarsiano (MH1), pero un incremento a nivel de metatarsianos centrales a los 12 meses postoperatorios¹⁸⁹. King indica un descenso significativo de la presión plantar sólo a nivel del primer

dedo (T1), sin incremento a nivel de los metatarsianos centrales a los 6 meses de la cirugía¹⁹³. Por el contrario, en nuestro estudio el mayor incremento porcentual de presión fue en el primer metatarsiano (MH1) y el quinto metatarsiano (MH5) al final del seguimiento.

Motta Costa evaluó las características baropodométricas tras la osteotomía modificada de chevron y observó una reducción en la presión bajo el primer dedo (T1) y el primer metatarsiano (MH1), y un incremento en los metatarsianos centrales y laterales. Los autores referían una transferencia de carga de medial a lateral en el antepié, aunque con un seguimiento de sólo 3 meses¹⁷³. Con un seguimiento tan corto, el dolor y/o el miedo al apoyo del antepié intervenido favorecería una deambulación antiálgica en varo y supinación. En nuestros pacientes, la mejoría clínica y una mayor velocidad de paso durante el seguimiento asociado a una mejor actividad funcional del pie, explicarían las diferencias en los resultados obtenidos.

El incremento de la velocidad de paso lleva asociado un aumento de las presiones plantares en el antepié según los estudios de Burnfield y Menz^{172,194}. Coincidiendo con estos autores, en nuestro estudio se certificó durante el seguimiento el incremento de la velocidad de paso de los pacientes.

La osteotomía modificada de chevron en el tratamiento del HV moderado produce un cambio en la baropodometría plantar con un incremento de los valores de presión máxima y presión media en todas las regiones plantares, siendo mayor a nivel del primer metatarsiano (MH1) y quinto metatarsiano (MH5).

5.5. PRESIONES PLANTARES PREOPERATORIAS Y POSTOPERATORIAS A LOS 12 MESES EN PACIENTES CON OSTEOTOMÍA MODIFICADA DE CHEVRON, OSTEOTOMÍA DE AKIN Y OSTEOTOMÍA DE WEIL

De nuestros resultados podemos concluir que los valores medios preoperatorios de presión máxima y presión media eran mayores bajo la cabeza del tercer metatarsiano (MH3), seguido por el segundo metatarsiano (MH2), y cuarto metatarsiano (MH4). A los 12 meses tras la cirugía, la presión máxima y media había aumentado en todas las regiones a excepción del segundo metatarsiano (MH2). La presión media como porcentaje de la presión total metatarsal aumentó significativamente a nivel del primer metatarsiano (MH1), pero disminuyó significativamente a nivel del segundo metatarsiano (MH2), tercer metatarsiano (MH3) y cuarto metatarsiano (MH4) tras la realización de las osteotomías de Weil.

Tras la revisión bibliográfica realizada y hasta el conocimiento de los autores, no hemos encontrado estudios de baropodometría plantar en pacientes con osteotomía modificada de chevron¹⁵⁹ asociada a osteotomía metatarsal de Weil. La mayor presión a nivel del segundo metatarsiano (MH2) y tercer metatarsiano (MH3) en el preoperatorio es representativa de la deformidad de HV y sugiere un colapso del arco metatarsal, tal y como refieren^{175,195} Suzuki y Wen.

Estudios previos refieren una disminución de la presión a nivel del primer dedo (T1) y del primer metatarsiano (MH1) y un incremento a nivel del segundo metatarsiano (MH2) tras la osteotomía de chevron clásico^{189,196,197}. En nuestro estudio, la necesidad de asociar osteotomía de Weil debido a la presencia de

metatarsalgia sea posiblemente la causa del descenso de la presión a nivel del segundo metatarsiano (MH2).

La presión a nivel de los dedos menores disminuye tras la cirugía en nuestro estudio, lo que coincide con los resultados de Saro, que refiere una disminución de la presión en los dedos menores tras osteotomía de chevron, sin diferencias significativas con el grupo control¹⁹⁸.

Estudios de baropodometría en pies sin deformidad de HV ni metatarsalgia han indicado que una mayor velocidad de paso asocia un aumento de las presiones plantares^{172,194}. En nuestro estudio la velocidad media normal de paso se incrementó significativamente al final del seguimiento, lo cual explica el incremento de los valores de presión en las regiones estudiadas.

La osteotomía de chevron asociada a osteotomía metatarsal de Weil modifica el patrón de presiones a nivel metatarsal con un incremento de la carga a nivel del primer metatarsiano (MH1), y disminución como porcentaje de la presión total metatarsal a nivel del segundo metatarsiano (MH2), tercer metatarsiano (MH3) y cuarto metatarsiano (MH4).



6.LIMITACIONES DEL ESTUDIO





Las limitaciones del estudio incluyen, en primer lugar, la falta de ajuste de las presiones plantares al peso del paciente, como indican otros estudios^{172,174}. Sin embargo, hemos preferido no estandarizar para una mejor interpretación de los resultados, y tras varias pruebas, hemos verificado que esta decisión no modificó las asociaciones. En segundo lugar, el no disponer de un grupo control para determinar un patrón de normalidad de presiones plantares. Consideramos que es innecesario dado el diseño y objetivo del estudio. En tercer lugar, la falta de un seguimiento más prolongado de los pacientes para comprobar las posibles variaciones de las presiones plantares con el tiempo. Sin embargo, para el objetivo principal del estudio, un mayor seguimiento asocia un mayor número de pacientes con resultado satisfactorio y un menor poder estadístico del estudio, que pretende valorar la predictibilidad de la baropodometría plantar. En cuarto lugar, los pacientes han podido sentirse presionados para responder satisfactoriamente a los cuestionarios de valoración clínica, por lo que no podemos descartar completamente el riesgo de sesgo de notificación. Por último, el estudio puede tener poco poder estadístico para detectar asociaciones moderadamente significativas para varias medidas de presión plantar.



7.CONCLUSIONES





1. La presencia de dolor a los 6 meses de la cirugía del HV presenta una asociación significativa con la presión máxima bajo la cabeza del cuarto metatarsiano (MH4). Además, la mayor actividad deportiva, el mayor tiempo de utilización del zapato ortopédico tras la cirugía, y la menor puntuación preoperatoria en la escala AOFAS, también se asociaron significativamente con la presencia de dolor a los 6 meses tras la cirugía del HV. Sin embargo, no existe asociación entre las presiones plantares preoperatorias y la escala AOFAS a los 6 meses postquirúrgicos.
2. Los valores medios de baropodometría plantar son menores en los pacientes con HV que asocian metatarsalgia con respecto a los pacientes que no la asocian. Estas diferencias son significativas a nivel del primer dedo para la fuerza y la presión máxima y media, y a nivel del primer metatarsiano para la fuerza máxima y media, la presión máxima y la integral presión-tiempo.
3. A mayor ángulo HVA y DMMA disminuye la fuerza a nivel del primer dedo y se incrementa la presión a nivel del segundo, tercer, cuarto metatarsiano y zona medial del mediopié y retropié.
4. La osteotomía modificada de Chevron asociada a la osteotomía de Akin en el tratamiento del HV moderado produce un cambio en la baropodometría plantar con un incremento de los valores de presión máxima y presión media en todas las regiones plantares, siendo

porcentualmente mayor a nivel del primer metatarsiano (MH1) y quinto metatarsiano (MH5).

5. La osteotomía de chevron asociada a la osteotomía de Akin y osteotomía metatarsal de Weil modifica el patrón de presiones plantares a nivel metatarsal con un incremento de carga a nivel del primer metatarsiano (MH1), y disminución a nivel del segundo metatarsiano (MH2), tercer metatarsiano (MH3) y cuarto metatarsiano (MH4).



8. BIBLIOGRAFÍA





1. Pressman MM, Stano GW, Krantz MK, Novicki DC. Correction of hallux valgus with positionally increased intermetatarsal angle. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1986;76:611-616.
2. Lowery NJ, Wukich DK. Adolescent Hallux Valgus: Evaluation and Treatment. *Oper Tech Orthop.* 2009;19:52-57.
3. Perera AM, Mason L, Stephens MM. The pathogenesis of hallux valgus. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93:1650-1661.
4. Grebing BR, Coughlin MJ: The effect of ankle position on the exam of first ray mobility. *Foot Ankle Int.* 2004;25:467-475.
5. Bustos MJ, Alonso C, Chicharro E, Lopez P, Pascual R. Grados de evolución en el hallux abductus valgus. *Revista Española de Podología.* 2002;13:24-28.
6. Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus. Texto y Atlas de Anatomía. Madrid: Panamerica; 2005. ISBN:84-7903-980-9.
7. Meyr AJ, Adams ML, Sheridan MJ, Ahalt RG. Epidemiological aspects of the surgical correction of structural forefoot pathology. *J Foot Ankle Surg.* 2009;48:543-51.
8. Coughlin M.J., Mann R.A. Hallux Valgus. En "Pie y tobillo. Coughlin. Madrid: Marban; 2011: p. 157-314. ISBN: 978-84-7101-809-0.
9. Yavuz M, Hetherington VJ, Botek G, Hirschman GB, Bardsley L, Davis BL. Forefoot plantar shear stress distribution in hallux valgus patients. *Gait Posture.* 2009;30:257-259.
10. Palomo Toucedo IC, Reina Bueno M, Olivera Peña I, Munuera Martínez P, Domínguez Maldonado G. (2006). El Hallux Abductus Valgus en mujeres: factores relacionados con su desarrollo. En: Avances en

- Podología. Consejo General de Colegios de Podólogos. Cádiz. Jiménez-Mena: 57-87.
11. Viladot A. Patología del Antepié. Barcelona: Springer-Verlag Ibérica. 2001.
 12. Thomas S, Barrington R. Hallux valgus. *Curr Othopaed*. 2003;17:299-307.
 13. Munuera Martínez PV, Domínguez Maldonado G, Castillo López JM, Gordillo Fernández LM. La forma de la cabeza del primer metatarsiano en el hallux limitus y el hallux abductus valgus. *Rev Esp Podol*. 2007;18:65-70.
 14. Ferrari J, Malone-Lee J. Relationship between proximal articular set angle and hallux abducto valgus. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2002;92:331-335.
 15. Coughlin MJ, Jones CP. Hallux valgus: demographics, etiology, and radiographic assessment. *Foot Ankle Int*. 2007;28:759-777.
 16. Kayiaros S, Blankenhorn BD, Dehaven J, Van Lancker H, Sardella P, Pascalides JT, Digiovanni CW. Correction of metatarsus primus varus associated with hallux valgus deformity using the arthrex mini tightrope: a report of 44 cases. *Foot Ankle Spec*. 2011;4:212-217.
 17. De Prado M, Ripoll PL, Vaquero J, Golanó P. Tratamiento quirúrgico percutáneo del hallux valgus mediante osteotomías múltiples. *Rev Ortop Traumatol*. 2003;47:406-416.
 18. Klaue K, Hansen ST, Masquelet AC. Clinical, quantitative assessment of first tarsometatarsal mobility in the sagittal plane and its relation to hallux valgus deformity. *Foot Ankle Int*. 1994;15: 9-13.
 19. Munuera PV, Polo J, Rebollo J. Length of the first metatarsal and hallux in hallux valgus in the initial stage. *Int Orthop*. 2008;32:489-495.

20. Mann RA, Coughlin MJ. Adult hallux valgus. Surgery of the Foot and Ankle. M. J. Coughlin and R. A. Mann. St. Louis: Mosby Inc. 1999. p.158.
21. Lazarides SP, Hildreth A, Prassanna V, Talkhani I. Association amongst angular deformities in hallux valgus and impact of the deformity in health related quality of life. J Foot Ankle Surg. 2005;11:193-6.
22. Dawson J, Thorogood M, Marks SA, Juszczak 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.
23. Cho NH, Kim S, Kwon DJ, Kim HA. The prevalence of hallux valgus and its association with foot pain and function in a rural Korean community. J Bone Joint Surg Br. 2009;91:494-498.
24. Menz HB, Roddy E, Thomas E, Croft PR. Impact of hallux valgus severity on general and foot-specific health-related quality of life. Arthritis Care Res (Hoboken). 2011;63:396-404.
25. Saro C, Bengtsson AS, Lindgren U, Adami J, Blomqvist P. Surgical treatment of hallux valgus and forefoot deformities in Sweden: a population-based study. Foot Ankle Int. 2008;29:298-304.
26. McCluney JG, Tinley P. Radiographic Measurements of Patients With Juvenile Hallux Valgus Compared With Age-Matched Controls: A Cohort Investigation. J Foot Ankle Surg. 2006 45:161-167.
27. Kernozek TW, Elfessi A, Sterriker S: Clinical and biomechanical risk factors of patients diagnosed with hallux valgus. J Am Podiatr Med Assoc 2003;93:97-103.
28. Barrington R, Thomas S. Hallux valgus. Curr Orthop. 2003;17:299-307.

29. Nguyen U-SDT, Hillstrom HJ, Li W, Dufour AB, Kiel DP, Procter-Gray E, et al. Factors associated with hallux valgus in a population-based study of older women and men: the MOBILIZE Boston Study. *Osteoarthr Cartil.* 2010;18:41–46.
30. Gilheany MF, Landorf KB, Robinson P. Hallux valgus and hallux rigidus: a comparison of impact on health-related quality of life in patients presenting to foot surgeons in Australia. *J Foot Ankle Res.* 2008;1:14.
31. Abdel Moneim WM, Abdel Hady RH, Abdel Maaboud RM, Fathy HM, Hamed AM. (2008). Identification of sex depending on radiological examination of foot and patella. *Am J Forensic Med Pathol* 29:136-40.
32. Munuera Martínez P (2005). Factores morfológicos en la etiología del Hallux Limitus y el Hallux Abductus Valgus. [Tesis doctoral]. Sevilla, Universidad de Sevilla.
33. Ferrari J, Hopkinson DA, Linney AD. Size and shape differences between male and female foot bones: is the female foot predisposed to hallux abducto valgus deformity? *J Am Podiatr Med Assoc.* 2004;94:434-452.
34. Uchiyama E, Kitaoka H, Luo ZP, Grande JP, Kura H, An KN. Pathomechanics of hallux valgus: biomechanical and immunohistochemical study. *Foot and Ankle Int.* 2005;26: 732-738.
35. Roddy E, Zhang W, Doherty M. Prevalence and associations of hallux valgus in a primary care population. *Arthritis Rheum.* 2008;59:857-862.
36. Nix S, Smith M, Vicenzino B. Prevalence of hallux valgus in the general population: a systematic review and meta-analysis. *J Foot Ankle Res.* 2010;3:21.

37. Pita-Fernandez S, González-Martín C, Seoane-Pillado T, Pertega-Diaz S, Perez-García S, López-Calviño B. Podiatric medical abnormalities in a random population sample 40 years or older in Spain. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2014;104:574-582.
38. Dufour AB¹, Casey VA, Golightly YM, Hannan MT. Characteristics associated with hallux valgus in a population-based foot study of older adults. *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2014;66:1880-6.
39. Golightly YM, Hannan MT, Dufour AB, Jordan JM. Racial differences in foot disorders and foot type. *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2012;64:1756-1759.
40. Hardy RH, Clapham JC. Observations on hallux valgus; based on a controlled series. *J Bone Joint Surg Br.* 1951;33:376-91.
41. Nery C, Coughlin MJ, Baumfeld D, Ballerini FJ, Kobata S. Hallux valgus in males part 1: demographics, etiology, and comparative radiology. *Foot Ankle Int.* 2013;34:629-635.
42. Piqué-Vidal C, Solé MT, Antich J. Hallux valgus inheritance: pedigree research in 350 patients with bunion deformity. *J Foot Ankle Surg.* 2007;46:149-154.
43. Ullot-Font R, Cepero-Campá S, Poggio-Cano D, Lasurt-Bachs S. Osteotomía de Pelet modificada en el tratamiento del hallux valgus juvenil. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2007;51:264-269.
44. Coughlin MJ, Roger A. Mann Award. Juvenile hallux valgus: etiology and treatment. *Foot Ankle Int.* 1995;16:682-697.
45. Jordan HH, Bordsky AE: Keller operation for hallux valgus and hallux rigidus. An end result study. *AMA Arch Surg.* 1951;62:586-596.

46. Kilmartin TE, Wallace WA (1993). The aetiology of hallux valgus: a critical review of the literature. *Foot*. 1993;3:157-167.
47. Saragas NP, Becker PJ: Comparative radiographic analysis of parameters in feet with and without hallux valgus. *Foot Ankle Int*. 1995;16:139-143.
48. Grebbling BR, Coughlin MJ: Evaluation of Morton`s theory of second metatarsal hypertrophy. *J Bone Joint Surg Am*. 2004;86:1375-1386.
49. Mann RA, Coughlin MJ. Hallux valgus - etiology, anatomy, treatment and surgical considerations. *Clin Orthop Relat Res*. 1981;157:31-41.
50. Popelka S, Hromádka R, Vavřík P, Barták V, Popelka S Jr, Sosna A. Hypermobility of the first metatarsal bone in patients with rheumatoid arthritis treated by Lapidus procedure. *BMC Musculoskelet Disord*. 2012;13:148.
51. Carl A, Ross S, Evanski P, Waugh T. Hypermobility in hallux valgus. *Foot Ankle*. 1988;8:264-2670.
52. Lapidus PW. The author's bunion operation from 1931 to 1959. *Clin Orthop*. 1960;16:119-135.
53. Coughlin MJ, Jones CP. Hallux valgus and first ray mobility. A prospective study. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89:1887-1898.
54. Coughlin MJ, Jones CP, Viladot R, Glanó P, Grebing BR, Kennedy MJ, Shurnas PS, Alvarez F. Hallux valgus and first ray mobility: a cadaveric study. *Foot Ankle Int*. 2004;25:537-544.
55. Doty JF, Coughlin MJ. Hallux valgus and hypermobility of the first ray: facts and fiction. *Int Orthop*. 2013;37:1655-60.(55).

56. Ravenell RA, Camasta CA, Powell DR. The unreliability of the intermetatarsal angle in choosing a hallux abducto valgus surgical procedure. *J Foot Ankle Surg.* 2011;50:287-292.
57. Nix SE, Vicenzino BT, Collins NJ, Smith MD. Characteristics of foot structure and footwear associated with hallux valgus: a systematic review. *Osteoarthr Cartil.* 2012;20:1059–1074.
58. Vanore J V, Christensen JC, Kravitz SR, Schuberth JM, Thomas JL, Weil LS, et al. Diagnosis and treatment of first metatarsophalangeal joint disorders. Section 1: Hallux valgus. *J Foot Ankle Surg.* 2003;42:112–123.
59. Barouk LS. The effect of gastrocnemius tightness on the pathogenesis of juvenile hallux valgus: a preliminary study. *Foot Ankle Clin.* 2014;19:807-822.
60. Bednarz PA, Manoli A II: Modified Lapidus Procedure for the treatment of hypermobile hallux valgus. *Foot Ankle Int.* 2000; 21:816-821.
61. Saro C, Jensen I, Lindgren U, Felländer-Tsai L. Quality-of-life outcome after hallux valgus surgery. *Qual Life Res.* 2007;16:731-38.
62. Frey C. Foot health and footwear for women. *Clin Orthop Relat Res.* 2000;372:32-44.
63. Coughlin MJ, Thompson FM. The high price of high-fashion footwear. *Instr Course Lect.* 1995;44:371-377.
64. Menz HB, Lord SR. Gait instability in older people with hallux valgus. *Foot Ankle Int.* 2005;26:483-489.
65. Menz HB, Morris ME, Lord SR. Footwear characteristics and risk of indoor and outdoor falls in older people. *Gerontology.* 2006;52:174-180.

66. Bejjani FJ. Occupational biomechanics of athletes and dancers: a comparative approach. Clin Podiatr Med Surg . 1987;4:671-711.
67. Coughlin MJ, Jones CP: Hallux valgus: Demographics, radiographic assessment and clinical outcomes. A prospective study. Paper presented at the 21th annual summer meeting of the American Orthopaedic Foot and Ankle Society, July 17, 2005.
68. Álvarez-Calderón O, Gómez J. El pie en el anciano. En: López D, Ramos J, Alonso F, García RA. Manual de podología: conceptos, aspectos psicológicos y práctica clínica. Madrid: CERSA, 2012, p. 229-258.
69. Torralba-Estelles, J. (2013). Patología podológica en pacientes geriátricos: prevalencia, factores de riesgo e implicaciones funcionales. DOI: 10.13140/RG.2.1.3878.2162.
70. Glasoe WM, Nuckley DJ, Ludewig PM. Hallux valgus and the first metatarsal arch segment: a theoretical biomechanical perspective. Phys Ther 2010; 90:110-20.
71. Klein C, Groll-Knapp E, Kundi M, Kinz W. Increased hallux angle in children and its association with insufficient length of footwear: a community based cross-sectional study. BMC Musculoskelet Disord 2009; 10:159.
72. Bryant AR, Tinley P, Cole JH (2005). Plantar pressure and radiographic changes to the forefoot after the Austin bunionectomy. J Am Podiatr Med Assoc. 2005. Jul-Aug; 95(4): 357-65. (72).
73. Cuevas García J (2006). Exploración morfofuncional y tratamiento ortopodológico. En: Martínez-Nova, editor. Podología. Atlas de cirugía ungueal. Madrid: Médica Panamericana; 2006. p. 83-9. (73).

74. Coughlin MJ, Shurnas PJ. Soft-tissue arthroplasty for hallux rigidus. *Foot Ankle Int.* 2003;24:661-672.
75. Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS. Clinical Rating Systems for the Ankle-Hindfoot, Midfoot, Hallux, and Lesser Toes. *Foot Ankle Int.* 1994;15 (7): 349-53.
76. Thordarson DB, Rudicel SA, Ebramzadeh E, Gill LH (2001). Outcome study of hallux valgus surgery--an AOFAS multi-center study. *Foot Ankle Int* 22(12): 956-9.
77. SooHoo NF, Shuler M, Fleming LL (2003). Evaluation of the validity of the AOFAS Clinical Rating Systems by correlation to the SF-36. *Foot Ankle Int* 24(1): 50-5.
78. Thordarson D, Ebramzadeh E, Moorthy M, Lee J, Rudicel S (2005). Correlation of hallux valgus surgical outcome with AOFAS forefoot score and radiological parameters. *Foot Ankle Int* 26(2): 122-7.
79. Baumhauer JF, Nawoczinski DA, DiGiovanni BF, Wilding GE. Reliability and validity of the American Orthopaedic Foot and Ankle Society Clinical Rating Scale: a pilot study for the hallux and lesser toes. *Foot Ankle Int.* 2006;27(12):1014-9.
80. SooHoo NF, Vyas R, Samimi D (2006). Responsiveness of the foot function index, AOFAS clinical rating systems, and SF-36 after foot and ankle surgery. *Foot Ankle Int* 27(11): 930-4.
81. Ibrahim T, Beiri A, Azzabi M, Best AJ, Taylor GJ, Menon DK. Reliability and validity of the subjective component of the American Orthopaedic Foot and Ankle Society clinical rating scales. *J Foot Ankle Surg.* 2007;46(2):65-74.

82. Becker HP, Ebner S, Ebner D, Benesch S, Frossler H, Hayes A, et al. 12-Year outcome after modified Watson-Jones tenodesis for ankle instability. *Clin Orthop Relat Res.* 1999;358:194-204.
83. Saltzman CL, Brandser EA, Berbaum KS, DeGnore L, Holmes JR, Katcherian DA, et al. Reliability of standar foot radiographic measurements. *Foot and Ankle Int.* 1994;15:661-665.
84. Smith RW, Chairman P, Reynolds C, Stewart MJ. Hallux valgus assessment: report of research comitte of American Orthopaedic Foot and Ankle Society. *Foot and Ankle* 1984;5:92-103.
85. Coughlin MJ, Saltzman CL, Nunley JA 2nd. Angular measurements in the evaluation of hallux valgus deformities: a report of the ad hoc committee of the American Orthopaedic Foot & Ankle Society on angular measurements. *Foot Ankle Int.* 2002;23(1):68-74.
86. Agrawal Y, Desai A, Mehta J. Lateral sesamoid position in hallux valgus: correlation with the conventional radiological assessment. *Foot Ankle Surg.* 2011;17:308-311.
87. O'Donnell T, Hogan N, Solan M, Stephens MM. Correction of severe hallux valgus using a basal chevron osteotomy and distal soft tissue release. *Foot Ankle Surg.* 2010;16:126–131.
88. Miller JW. Distal first metatarsal displacement osteotomy: its place in the schema of bunion surgery. *J Bone Joint Surg Am.* 1974;56:923-31.
89. Mitchell CL, Fleming JL, Allen R, Glenney C, Sanford GA. Osteotomy-bunionectomy for hallux valgus. *J Bone Joint Surg Am.* 1958;40:41-60.

90. Venning P, Hardy RH. Sources of error in the production and measurement of standard radiographs of the foot. *Br J Radiol.* 1951;24:18-26.
91. Condon F, Kaliszer M, Conhyea D, O' Donnell T, Shaju A, Masterson E. The first intermetatarsal angle in hallux valgus: an analysis of measurement reliability and the error involved. *Foot Ankle Int.* 2002;23:717-21.
92. Schneider W, Csepan R, Kasperek M, Pinggera O, Knahr K. Intra- and interobserver repeatability of radiographic measurements in hallux surgery: improvement and validation of a method. *Acta Orthop Scand.* 2002;73:670-673.
93. Coughlin MJ. Proximal first metatarsal. En: Kitaoka HB (ed.). *The foot and ankle. Master techniques in orthopaedic surgery.* 2ª ed. Lippincott Williams Wilkins, Philadelphia, 2002a:135-45.
94. Smith RW, Reynolds JC, Stewart MJ. Hallux valgus assessment: report of research committee of American Orthopaedic Foot and Ankle Society. *Foot Ankle.* 1984;5(2):92-103.
95. Coughlin MJ, Freund E. The reliability of angular measurements in hallux valgus deformities. *Foot Ankle Int.* 2001; 22(5): 369-379.
96. Coughlin MJ. Proximal first metatarsal. En: Kitaoka HB (ed.). *The foot and ankle. Master techniques in orthopaedic surgery.* 2ª ed. Lippincott Williams Wilkins, Philadelphia, 2002a:135-45.
97. Sarrafian SK. A method of predicting the degree of functional correction of the metatarsus primus varus with a distal lateral displacement osteotomy in hallux valgus. *Foot Ankle.* 1985;5:322-326.

98. Nilsson H. Hallux rigidus and Its Treatment. *Acta Orthop Scand* 1930;1:295-303.
99. Smith RW, Reynolds JC, Stewart MJ. Hallux valgus assessment: report of research committee of American Orthopaedic Foot and Ankle Society. *Foot Ankle*. 1984;5(2):92-103.
100. Bryant A, Tinley P, Singer K. A comparison of radiographic measurements in normal, hallux valgus, and hallux limitus feet. *J Foot Ankle Surg*. 2000;39:39-43.
101. Horton GA, Park YW, Myerson MS. Role of metatarsus primus elevates in the pathogenesis of hallux rigidus. *Foot Ankle Int*. 1999;20:777-780.
102. Seiberg M, Felson S, Colson JP, Barth AH, Green RM, Green DR. Closing base wedge versus Austin bunionectomies for metatarsus primus adductus. *J Am Podiatr Med Assoc*. 1994;84:548-563.
103. Comín CM, et al. Análisis de las presiones plantares: técnicas y aplicaciones. *Medicina de Rehabilitación*. 1999;XII:22-30.
104. Daentzer DN, Wulker N, Zimmerman U (1997). Observations concerning the transverse metatarsal arch. *Foot Ankle Surg*. 1997;3:15-20.
105. Pérez García JM. Podobarometría. En: *El pie. Monografías médico-quirúrgicas del aparato locomotor*. Barcelona. Llanos Alcázar LF, Acebes Cachafeiro JC. Barcelona: Masson. 1997.
106. Fuller EA. Center of pressure and its theoretical relationship to foot pathology. *J Am Podiatr Med Assoc*. 1898;89:278-291.
107. Luger EJ, Nissan M, Karpf A, Steinberg EL, Dekel S. Patterns of weight distribution under the metatarsal heads. *J Bone Joint Surg Br*. 1999;81:199-202.

108. Bryant AR, Tinley P, Singer KP. Normal values of plantar pressure measurements determined using the EMED-SF system. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2000;90:295-299.
109. Martínez Nova A, Cuevas García JC, Sánchez Rodríguez R, Pascual Huerta J, Sánchez Barrado E. Estudio del patrón de presiones plantares en pies con hallux valgus mediante un sistema de plantillas instrumentadas. *Rev Ortop Traumatol.* 2008;52:69-74.
110. Martínez Nova A, Alonso Peña D, Sánchez Rodríguez R. Ortesis de descarga selectiva en injerto de piel plantar. *Piel.* 2006;21:409-412.
111. Martínez Nova, A. Tesis Doctoral: Modificaciones baropodométricas en el antepié después de la cirugía percutánea en el hallux valgus. Plasencia (2009).
112. Phillipson A, Dhar S, Linge K, McCabe C, Klenerman L. Forefoot arthroplasty and changes in plantar foot pressures. *Foot Ankle Int.* 1994;15:595-598.
113. Taranto J, Taranto M, Bryant AR, Singer K. Angle of gait: a comparative reliability study using footprints and the EMED-SF®. *Foot.* 2005;15: 7-13.
114. Hurkmans HL, Bussmann JB, Benda E, Verhaar JA, Stam HJ. Accuracy and repeatability of the Pedar Mobile system in long-term vertical force measurements. *Gait Posture.* 2006;23:118-25.
115. Putti AB, Arnold GP, Cochrane L, Abboud RJ. The Pedar® in-shoe system: Repeatability and normal pressure values. *Gait Posture.* 2007;25:401-405.

116. Curso de Actualización. Estado Actual de la Cirugía del Hallux Valgus. 37 Congreso Nacional de la SECOT. Sociedad Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología. 2000;5-19.
117. Monografías médico quirúrgicas del aparato locomotor. Masson, S.A. 1997. Capítulo 5. p. 78-96.
118. Resh S. Hallux valgus. How I do it?. Acta Orthop Scand 1996;67:84-90.
119. Torkki M, Malmivaara A, Seitsalo S, Hoikka V, Laippala P, Paavolainen P. Surgery vs orthosis vs watchful waiting for hallux valgus: a randomized controlled trial. JAMA. 2001 May 16;285:2474-280.
120. Helal B. Surgery for adolescent hallux valgus. Clin Orthop Relat Res. 1981;157:50-63.
121. Oñorbe F, Rodríguez-Merchán E.C, Gil-Garay E. Resultados a largo plazo de la artroplastia de resección (Keller-Brandes) en el hallux valgus en pacientes mayores de 50 años con artrosis metatarsofalángica. Rev Esp Cir Ortop Traumatol. 2007;51:270-276.
122. Robinson AH, Limbers JP. Modern concepts in the treatment of hallux valgus. J Bone Joint Surg Br. 2005;87:1038-1045.
123. Coull R., Stephens M.M. Operative decision making in hallux valgus. Current Orthop. 2002;16:180-186
124. Lui TH, Chan KB. Technical tip: Reconstruction of medial collateral ligament in correction of hallux valgus deformity with primary medial collateral ligamentous insufficiency. Foot Ankle Surg. 2012;18:66-73.
125. Silver D. The operative treatment of hallux valgus. J Bone Joint Surg. 1975; 5:225- 232.

126. McBride ED. Hallux valgus, bunion deformity: its treatment in mild, moderate and severe stages. *J Int Coll Surg.* 1988;21:99-105.
127. Frey C. Basilar metatarsal osteotomy with distal soft-tissue realignment for hallux valgus. *Techniq Orthop.* 1993;8:7-10.
128. 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.
129. De Prado M, Ripoll P, Golano P. Hallux valgus. En "Cirugía percutánea del pie". Barcelona: Masson. 2003. p. 57-98. ISBN: 84-458-1284-X.
130. 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;40:505-514.
131. 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;94:111-127
132. Lin YC, Cheng YM, Chang JK, Chen CH, Huang PJ. Minimally invasive distal metatarsal osteotomy for mild to moderate hallux valgus deformity. *Kaohsiung J Med Sci.* 2009;25:431-437.
133. Oliva F, Longo UG, Maffulli N. Minimally invasive hallux valgus correction. *Orthop Clin North Am.* 2009;40:525-530.
134. Bauer T, Biau D, Lortat-Jacob A, Hardy P. Percutaneous hallux valgus correction using the Reverdin-Isham osteotomy. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2010;96:407-416.

135. Broca P. Des difformities de la partie anterieure du pied produite par Faction de la chaussure. Bull Soc Anat 27:60-67,1852
136. Clutton NH. The treatment of hallux valgus . Saint Thomas Hosp Rep 1894; 22:1-12.
137. Coughlin MJ, Mann RA. Arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint as salvage for the failed Keller procedure. J Bone Joint Surg Am. 1987;69:68-75.
138. Thompson FM. Complications of hallux valgus surgery and salvage. Orthopedics. 1990;13:1059-67
139. Aas M, Johnsen TM, Finsen A. Arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint for hallux rigidus: optimal position of fusion. Foot. 2008;18:131-5.
140. Beertema W, Draijer WF, van Os JJ, Pilot P. A retrospective analysis of surgical treatment in patients with symptomatic hallux rigidus: long-term follow-up. J Foot Ankle Surg. 2006;45:244–51.
141. Coughlin MJ. Arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint. Orthop Rev. 1990;19:177-186.
142. Keiserman LS, Sammarco VJ, Sammarco GJ. Surgical treatment of the hallux rigidus. Foot Ankle Clin N Am. 2005;10:75-96.
143. Keller, WL. The surgical treatment of bunions and hallux valgus. N Y Med J 1904; 80:741-742.
144. Brandes, M. Zur operativen therapic der hallux valgus. Zentralbl Chir. 1929; 56:2434.

145. Majkowski RS, Galloway S. Excision arthroplasty for hallux valgus in the elderly: A comparison between the Keller and modified Mayo operations. *Foot Ankle*. 1992;13:317-320.
146. Vallier GR, Petersen SA, LaGrone MO: The Keller resection arthroplasty. A 13 - year experience. *Foot Ankle*. 1991;11:187-194.
147. Barouk LS. Scarf osteotomy for hallux valgus correction. Local anatomy, surgical technique, and combination with other forefoot procedures. *Foot Ankle Clin*. 2000;5:525-58.
148. Coetzee JC, Rippstein P. Surgical strategies: scarf osteotomy for hallux valgus. *Foot Ankle Int*. 2007;28:529-35.
149. Kirsten KH, Berger C, Stelzig S, et al: The Scarf osteotomy for the correction of hallux valgus deformities. *Foot Ankle Int*. 2002; 23:221-229.
150. Rose B, Bowman N, Edwards H, Rajaratnam SS, Armitage AR, Skyrme AD. Lengthening scarf osteotomy for recurrent hallux valgus. *Foot Ankle Surg*. 2014;20:20-25
151. Sorensen MD, Hyer CF. Metatarsus primus varus correction: the osteotomies. *Clin Podiatr Med Surg*. 2009;26:409-425.
152. Weil LS: Scarf osteotomy for correction of hallux valgus. Historical perspective, surgical technique, and results. *Foot Ankle Clin*. 2000;5:559-580.
153. Aslam N, Lavis G, Porter D, Cooke PH. A radiographic evaluation of the scarf osteotomy for the correction of hallux valgus. *Foot Ankle Surg*. 2004; 10:35-39
154. Coetzee JC. Scarf osteotomy for hallux valgus repair: the dark side. *Foot Ankle Int*. 2003;24:29-33.

155. Chou LB, Mann RA, Casillas MM: Biplanar Chevron osteotomy. *Foot Ankle Int.* 1998;19:579-584.
156. Lau JT, Daniels TR. Effect of increasing distal medial closing wedge metatarsal osteotomies on the distal metatarsal articular angle. *Foot Ankle Int.* 1999;20:771-776.
157. Austin, D, y Leventen, E: A new osteotomy for hallux valgus. *Clin Orthop* .1981; 157:25-30.
158. Johnson, KA: Chevron-osteotomy. En: *The Foot and the Ankle*. Cap. 4. Nueva York: Raven Press. 1994. p. 31-48.
159. Mahadevan D, Lines S, Hepple S, Winson I, Harries W. Extended plantar limb (modified) chevron osteotomy versus scarf osteotomy for hallux valgus correction: A randomised controlled trial. *Foot Ankle Surg.* 2016 Jun;22(2):109-13.
160. Barouk L.S: Weil head-neck oblique osteotomy: technique and fixation. Presented at *Techniques of Osteotomies on the Forefoot*, Bordeaux (France), October 20-22, 1994.(160)
161. Trnka HJ, Mühlbauer M, Zettl R, et al. Comparison of the results of the Weil and Helal osteotomies for the treatment of metatarsalgia secondary to dislocation of the lesser metatarsophalangeal joint. *Foot Ankle Int* 1999;20:72–9. (161)
162. 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;73:190-194.

163. O’Kane C, Kilmartin TE. The surgical management of central metatarsalgia. *Foot Ankle Int.* 2002;23:415-419.
164. Akin OF. Treatment of hallux valgus a new operative procedure and its results. *Med Sentinel* 33:678–679, 1925. (164).
165. Dunn JE, Link CL, Felson DT, Crincoli MG, Keysor JJ, McKinlay JB. Prevalence of foot and ankle conditions in a multiethnic community sample of older adults. *Am J Epidemiol.* 2004 Mar 1;159(5):491-8.
166. Espinosa N, Maceira E, Myerson MS. Current concept review:
167. metatarsalgia. *Foot Ankle Int.* 2008 Aug;29(8):871-9.
168. Menz HB, Morris ME. Clinical determinants of plantar forces and pressures during walking in older people. *Gait Posture* 2006;24:229-36.
169. Dhukaram V, Hullin MG, Senthil Kumar C. The Mitchell and Scarf osteotomies for hallux valgus correction: a retrospective, comparative analysis using plantar pressures. *J Foot Ankle Surg.* 2006 Nov-Dec;45(6):400-9.
170. Bryant, A, Tinley, P, Singer, K. Plantar pressure distribution in normal, hallux valgus and hallux limitus feet. *The Foot.* (1999) 9, 115–119.
171. Gurney JK, Kersting UG, Rosenbaum D. Between-day reliability of repeated plantar pressure distribution measurements in a normal population. *Gait Posture.* 2008 May;27(4):706-9.
172. Rosário JL. A review of the utilization of baropodometry in postural assessment. *J Bodyw Mov Ther* 2014;18(2):215-9.
173. Menz HB, Morris ME. Clinical determinants of plantar forces and pressures during walking in older people. *Gait Posture* 2006;24(2):229-36.

174. Costa JM, Vargas Ávila AO, Kleinowski DN, et al. Modified Chevron osteotomy: preliminary analysis of baropodometric behavior. *Acta Ortopédica Brasileira*, 2010; 18(4), 191-196.
175. Martinez-Nova A, Sanchez-Rodriguez R, Perez-Soriano P, et al. Plantar pressures determinants in mild Hallux Valgus. *Gait Posture* 2010;32(3):425-7.
176. Wen J, Ding Q, Yu Z, et al. Adaptive changes of foot pressure in hallux valgus patients. *Gait Posture*. 2012 Jul;36(3):344-9.
177. Deschamps K, Birch I, Desloovere K, Matricali GA. The impact of hallux valgus on foot kinematics: a cross-sectional, comparative study. *Gait Posture* 2010;32(1):102–6.
178. Koller U, Willegger M, Windhager R, et al. Plantar pressure characteristics in hallux valgus feet. *J Orthop Res*. 2014 Dec;32(12):1688-93.
179. Iliou K, Paraskevas G, Kanavaros P, et al. Relationship between pedographic analysis and the Manchester scale in hallux valgus. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2015;49(1):75-9.
180. Sanchez-Rodriguez R, Martinez-Nova A, Escamilla-Martinez E, Pedrera-Zamorano JD. Can the Foot Posture Index or their individual criteria predict dynamic plantar pressures? *Gait Posture* 2012;36(3):591-5.
181. Nyska M, Liberson A, McCabe C, Linge K, Klenerman L. Plantar foot pressure distribution in patients with hallux valgus treated by distal soft tissue procedure and proximal metatarsal osteotomy. *Foot and Ankle Surgery* 1998;4(1):35–41.
182. Plank M. The pattern of forefoot pressure distribution in hallux valgus. *The Foot* 1995;5(1):8–14.

183. Espinosa N, Maceira E, Myerson MS. Current concept review: metatarsalgia. *Foot Ankle Int.* 2008;29:871–879.
184. Waldecker U. Metatarsalgia in hallux valgus deformity: A pedographic analysis. *J Foot Ankle Surg.* 2002;41:300-308.
185. Menz HB, Fotoohabadi MR, Munteanu SE, et al. Plantar pressures and relative lesser metatarsal lengths in older people with and without forefoot pain. *J Orthop Res.* 2013;31:427–433.
186. Kaipel M, Krapf D, Wyss W. Metatarsal Length does not Correlate with Maximal Peak Pressure and Maximal Force. *Clin Orthop Relat Res.* 2011;469:1161–1166.
187. Keijsers NL, Stolwijk N, Louwerens J, Duysens J. Classification of forefoot pain based on plantar pressure measurements. *Clinical Biomechanics* 2013;28:350–356.
188. Maestro M, Besse JL, Ragusa M, Berthonnaud E. Forefoot morphotype study and planning method for forefoot osteotomy. *Foot Ankle Clin.* 2003;8:695–710.
189. O’Kane C, Kilmartin TE. The surgical management of central metatarsalgia. *Foot Ankle Int.* 2002;23:415–419.
190. Kernozek TW, Sterriker SA. Chevron (Austin) distal metatarsal osteotomy for hallux valgus: comparison of pre- and post-surgical characteristics. *Foot Ankle Int.* 2002 Jun;23(6):503-8.
191. Yavuz M, Hetherington VJ, Botek G, Hirschman GB, Bardsley L, Davis BL. Forefoot plantar shear stress distribution in hallux valgus patients. *Gait Posture.* 2009 Aug;30(2):257-9.

192. Hida T, Okuda R, Yasuda T, Jotoku T, Shima H, Neo M. Comparison of plantar pressure distribution in patients with hallux valgus and healthy matched controls. *J Orthop Sci.* 2017 Nov;22(6):1054-1059.
193. Bryant AR, Tinley P, Cole JH. Plantar pressure and radiographic changes to the forefoot after the Austin bunionectomy. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2005;95:357-65.
194. King CM, Hamilton GA, Ford LA. Effects of the Lapidus Arthrodesis and Chevron Bunionectomy on Plantar Forefoot Pressures. *J Foot Ankle Surg.* 2014;53:415-19.
195. Burnfield JM, Few CD, Mohamed OS, Perry J (2004). The influence of walking speed and footwear on plantar pressures in older adults. *Clin Biomech* 2004;19:78-84.
196. Suzuki J, Tanaka Y, Takaoka T, Kadono K, Takakura Y. Axial radiographic evaluation in hallux valgus: evaluation of the transverse arch in the forefoot. *Journal of Orthopaedic Science* 2004;9(5):446–51.
197. Bryant A, Tinley P, Singer K. Radiographic measurements and plantar pressure distribution in normal, hallux valgus, and hallux limitus feet. *Foot* 10:18–22, 2000.
198. Cancellari F, Mariozzi A, Martinelli N, Ippolito M, Spiezia F, Ronconi P, Denaro V. Comparison of plantar pressure, clinical, and radiographic changes of the forefoot after biplanar Austin osteotomy and triplanar Boc osteotomy in patients with mild hallux valgus. *Foot Ankle Int* 29:817–824, 2008.

199. Saro C, Andrén B, Felländer-Tsai L, Lindgren U, Arndt A. Plantar pressure distribution and pain after distal osteotomy for hallux valgus. A prospective study of 22 patients with 12-month follow-up. *The Foot* 2007;17:84–93.





9. ANEXOS





9.1. CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

CONSENTIMIENTO INFORMADO ESCRITO

Título del estudio: **Valoración de presiones plantares en hallux valgus. Estudio comparativo tras cirugía del hallux valgus con o sin asociación a cirugía metatarsal.**

Fecha: 10/2/2015

YO, D/Dña _____

En relación al estudio arriba indicado:

- Se me ha propuesto participar.
 - He leído la hoja de información que se me ha entregado.
 - He podido hacer preguntas sobre el estudio y mi participación.
 - He recibido suficiente información, se me ha respondido convenientemente y lo he entendido.
- Y he hablado con el investigador, D/Dña Carmen María Verdú Román/Enrique Martínez Giménez

COMPRENDO:

- Que mi participación es voluntaria
- Que puedo retirarme del estudio:
 - 1º. Cuando quiera.
 - 2º. Sin tener que dar explicaciones.
 - 3º. Sin que esto repercuta en mis cuidados médicos.

ASÍ, PRESTO LIBREMENTE MI CONFORMIDAD PARA PARTICIPAR EN EL ESTUDIO Y DOY MI CONSENTIMIENTO PARA EL ACCESO Y UTILIZACIÓN DE MIS DATOS EN LAS CONDICIONES DETALLADAS EN LA HOJA DE INFORMACIÓN.

En Alicante , a _____ de _____ de _____

Firma del paciente

Firma del investigador/a

(Este documento se firmará por duplicado, quedándose una el paciente y otra el investigador)

9.2. ACREDITACIÓN COMITÉ ÉTICO HOSPITAL GENERAL UNIVERSITARIO ELDA

**GENERALITAT VALENCIANA**
CONSELLERIA DE SANITAT
Departamento de Elda

**COMITÉ ÉTICO DE INVESTIGACIÓN CLÍNICA
DEL HOSPITAL GENERAL UNIVERSITARIO DE ELDA**
Ctra. Elda-Sax, s/n. 03000-Elda. <http://www.elda.san.gva.es>
Tfno: 96 628 9019 Fax: 96 607 5148 email: ceic_elda@gva.es

Comité de Valoración Institucional del Hospital General Universitario de Elda
Institutional Review Board of Elda General University Hospital

Fecha Date	23 / 02 / 2015
---------------	----------------

Número Protocolo Estudio Clínico Clinical Study Protocol Number	PI2015/03
--	-----------

Investigador Principal Principal Investigator	Dra. Carmen Verdú Román	Departamento Department	Servicio de C. O. T. H. G. U. de Elda
--	-------------------------	----------------------------	--

Título del Proyecto Project Title	VALORACIÓN DE PRESIONES PLANTARES EN HALLUX VALGUS. ESTUDIO COMPARATIVO TRAS CIRUGÍA DEL HALLUX VALGUS CON O SIN ASOCIACIÓN A CIRUGÍA METATARSAL PLANTAR PRESSURE AFTER HALLUX VALGUS SURGERY. A PROSPECTIVE STUDY COMPARING FIRST RAY OSTEOTOMY WITH OR WITHOUT MINOR METATARSAL OSTEOTOMIES
--------------------------------------	--

CERTIFICA /CERTIFIES

Que el estudio arriba indicado, habiendo completado satisfactoriamente todos los requerimientos impuestos por las autoridades de este País, incluyendo los de la Declaración de Helsinki (AMM, 2008) y las Normas de Buena Práctica Clínica de la Unión Europea,

That the above study, having successfully completed all the requirements imposed by the authorities of this Country, including those of the Declaration of Helsinki (WMA, 2006) and Norms of Good Clinical Practice of the European Union,

fue APROBADO por este CEIC
was APPROVED by this IRB

en (fecha) on (date)	23 / 02 / 2015	y efectivo hasta (fecha) and effective until (date)	28 / 02 / 2017
-------------------------	----------------	--	----------------


Dr. Alejandro Lizaur Utrilla
Presidente [President]
CEIC Hospital G. U. Elda [IRB Elda G. U. Hospital]

9.3. HOJA INFORMATIVA SOBRE EL ESTUDIO (para el paciente)

INFORMACIÓN PARA EL PACIENTE

ESTUDIO CLÍNICO: Valoración de presiones plantares en hallux valgus. Estudio comparativo tras cirugía del hallux valgus con o sin asociación a cirugía metatarsal.

Fecha: 10/2/2015

En la Unidad de Pie y Tobillo de la Clínica Vistahermosa de Alicante se ha contemplado realizar un estudio clínico cuyo objetivo es valorar los resultados de la enfermedad de "Hallux valgus" tras su tratamiento quirúrgico mediante osteotomía de Chevron modificado en el primer metatarsiano y osteotomía de Akin en la falange proximal del primer dedo asociado o no, según indicación, a osteotomías de Weil de los radios menores y comparar estos resultados con otros internacionales publicados en revistas médicas.

La enfermedad de "Hallux Valgus y/o metatarsalgia" le ha sido explicada por su cirujano así como las diferentes opciones de tratamiento conservador y quirúrgico, y así firmó el correspondiente Consentimiento Informado para realizar dicha operación. A este respecto, indicarle que las osteotomías propuestas tanto del primer metatarsiano como de los metatarsianos menores constituyen una técnica habitual, ampliamente reconocida y utilizada desde hace mucho tiempo en esta Unidad. Los resultados globales han sido muy satisfactorios, pero no se han evaluado con arreglo a modernas escalas de valoración que es lo que se pretende.

El participar en este estudio no le supondrá actividades o pruebas diferentes a las que habitualmente deben ser realizadas para la enfermedad y tratamiento que se le realizará.

Sus datos personales y médicos serán confidenciales, apareciendo exclusivamente en la Historia Clínica de la Clínica Vistahermosa como es la norma en todos los pacientes atendidos. El cirujano y otros especialistas que le atiendan solo estudiarán los datos médicos de la Historia Clínica manteniendo en todo momento el anonimato del paciente, ya que los resultados se exponen de manera global y no individualizada. Por tanto, sus datos personales no aparecerán ni serán identificados en documento alguno, excepto por su cirujano que asegura su confidencialidad.

Si rechazase participar, o una vez aceptado lo reconsiderase y no quisiera seguir en el estudio, su tratamiento y seguimiento médico no sufriría variación alguna, pero sus datos médicos anónimos no serían considerados para el estudio.

Si aceptase participar, rogamos firme el correspondiente consentimiento informado.

Como hemos mencionado, en todo momento puede revocar esta decisión sin dar explicación alguna.

Investigadora principal: Dra. Carmen María Verdú Román.

9.4. CUADERNO DE RECOGIDA DE DATOS

ESTUDIO VALORACIÓN BAROPODOMÉTRICA EN PACIENTES CON HALLUX VALGUS CON O SIN METATARSALGIA. UNIDAD PIE Y TOBILLO. CLÍNICA VISTAHERMOSA.

Caso N°:	Cohorte: A B	Profesión/activ habitual: Sedentaria <input type="checkbox"/> Biped prolongada <input type="checkbox"/>
EDAD (años):	SEXO: Hombre <input type="checkbox"/> Mujer <input type="checkbox"/>	Trabajo esfuerzo <input type="checkbox"/>
LADO: Dcho <input type="checkbox"/> Izdo <input type="checkbox"/>		Actividad deportiva: Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Tipo: _____
PESO (Kg): TALLA (m): IMC= Kg peso / m talla ² =		Tiempo evolución: Hallux valgus (meses): _____ Metatarsalgia (meses): _____ Quiropodias SI/NO Frecuencia: _____ veces
Comorbilidades:		Tipo calzado: Convencional: preqx <input type="checkbox"/> Cómodo: preqx <input type="checkbox"/> Ortop/plantillas: preqx <input type="checkbox"/>

PRIMER RADIO: Dolor MTF SI/NO	Bursitis SI/NO	Pronación 1º dedo SI/NO
METATARSALGIA CENTRAL: Sí/NO	Localización: 2º <input type="checkbox"/> 2º y 3º <input type="checkbox"/> 2º, 3º y 4º <input type="checkbox"/>	
DEFORM DIGITALES: Tipo: Martillo <input type="checkbox"/> Garra <input type="checkbox"/> Clinodactilia <input type="checkbox"/> Maza <input type="checkbox"/> Rígido <input type="checkbox"/> Flexible <input type="checkbox"/>	Localización: 2º <input type="checkbox"/> 2º y 3º <input type="checkbox"/> 3º <input type="checkbox"/> 2º y 3º y 4º <input type="checkbox"/>	
GRADO HALLUX VALGUS: LEVE (IMT<11º, MTF<20º) MODERADO (IMT11º-16º, MTF 20º-40º) SEVERO (IMT>16º, MTF>40º)		
Observaciones:		
FECHA INTERVENCIÓN:	CIRUJANO:	
TÉCNICA QUIRÚRGICA:		
- CHEVRON + AKIN <input type="checkbox"/>		
- CHEVRON + AKIN + WEIL 2º <input type="checkbox"/> 2º y 3º <input type="checkbox"/> 2º, 3º y 4º <input type="checkbox"/> Gestos asociados: _____		
COMPLICACIONES INTRAOPERATORIAS		
CÚAL: _____ CÚANDO: _____ TTO: _____		
POSTOPERATORIO (al mes):		
HERIDA:		
RX CONTROL:		
COMPLICACIONES TARDÍAS: Cúal: _____ Cúando: _____ Tto: _____		
Tiempo calzado ortopédico (semanas): _____		
Tipo de calzado: Convencional <input type="checkbox"/> Cómodo <input type="checkbox"/> Ortopédico/plantillas <input type="checkbox"/> Cúando (meses): _____		
Actividad deportiva/profesional: _____ Tiempo de baja (sem): _____ Cúando (meses): _____		
Necesidad quiropódica: SI/NO Frecuencia: _____ veces.		

ESCALAS DE VALORACIÓN FUNCIONAL

DOLOR (EVA 0-10) (moderado)	0 - 1 (no dolor)	2 - 3 (leve)	4 - 5 - 6 - 7	8 - 9 - 10 (severo)
Preqx:	1 mes:	6 meses:	12 meses:	
última fecha:				

SATISFACCIÓN ¿VOLVERÍA A OPERARSE? (EAV: 0 – nunca me hubiese operado a 10 – siempre me operaría)					
1 mes:	6 meses:	12 meses:	última fecha:		
Alivio dolor:	Mejor	Igual	Peor	Satisfacción estética:	Mejor Igual Peor

ESCALAS DE VALORACIÓN FUNCIONAL

AOFAS (últimas 4 semanas)	Preoperatorio	6 meses	12 meses	Última fecha
Dolor: No (40) Leve, ocasional (30) Moderado, diario (20) Severo, constante (0)				
Función - actividades: Ninguna limitación, no ayudas (10) No limitación actividades diarias, pero limitación en actividades recreativas (7) No puede actividades diarias (4) Severa limitación actividades (0)				
Calzado: Normal (10) Cómodo o necesidad de inserto (5) Calzado modificado o especial (0)				
Callos en MTF: No o asintomáticos (5) Sintomáticos (0)				
Movilidad MTF (flexión plantar y dorsal): Normal o restricción leve; >75° (10) Restricción moderada; 30°-74° (5) Restricción severa; <30° (0)				
Estabilidad MTF-IF: Estable (5) Inestable o luxable (0)				
Función-movilidad IF (flexión plantar): Sin restricción (5) Restricción severa, <10° (0)				
Alineación dedo: Bien (15) Mal pero asintomática (8) Mal y sintomática (0)				
TOTAL (máximo 100 puntos)				

MEDICIONES RADIOGRÁFICAS

ÁNGULOS RADIOGRÁFICOS	Preoperatorio	6 meses	12 meses	Última fecha
Áng IMT (M1-M2)				
Áng MTF				
PASA				
DASA				
MPE (elevación 1º radio)				
Áng declinación mtt (ADM)				
Longitud absoluta 1º mtt				
Longitud absoluta 2º mtt				
Longitud relativa 1º-2º mtt				



9.5. ESCALA AOFAS-HMI



TRAUMATOLOGÍA
VISTA HERMOSA

VALORACIÓN AOFAS ANTEPIÉ.

AOFAS – HALLUX METATARSOPHALANGEAL-INTERPHALANGEAL SCORE.

Utilizada para valorar: metatarsianos, hallux, MTF, IF, falanges del pie.

American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS). Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley J, Myerson M, Sanders M. Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. Foot Ankle Int 1994; 15 (7): 349-353.

Nombre: _____ N° Historia: _____

Diagnóstico: _____ Fechas: _____

Escala AOFAS ANTEPIÉ				
metas, hallux, MTF, IF y falanges dedos del pie				
Durante las últimas 4 semanas:				
Dolor:				
No (40)				
Leve, ocasional (30)				
Moderado, diario (20)				
Severo, constante (0)				
Función- actividades:				
Ninguna limitación, no ayudas (10)				
No limitación actividades diarias, pero limitación en actividades recreativas (7)				
Limitación actividades diarias y recreativas (4)				
Severa limitación actividades diarias y recreativas (0)				
Función- calzado:				
Normal (10)				
Cómodo, con necesidad de inserto (5)				
Calzado modificado o especial (0)				
Función- movilidad MTF (flexión plantar y dorsal):				
Normal o restricción leve: >75° (10)				
Restricción moderada: 30°-74° (5)				
Restricción severa: <30° (0)				
Función- movilidad IF (flexión plantar):				
Sin restricción (5)				
Restricción severa: <10° (0)				
Función- estabilidad MTF-IF (todas direcciones):				
Estable (5)				
Inestable o luxable (0)				
Función- callos en MTF-IF:				
No o asintomático (5)				
Síntomáticos (0)				
Alineación:				
Buena, hallux bien alineado (15)				
Regular, malalineación asintomática (8)				
Mala, malalineación sintomática (0)				
TOTAL (máx. 100):				

9.6. CORRELACIONES SIGNIFICATIVAS ENTRE VARIABLES RADIOLOGICAS PREOPERATORIAS Y BAROPODOMETRÍA PREOPERATORIA

Mediciones	HVA		DMAA		PPAA		Long M1		Long M2		Long rel M1 – M2		MDA		MPE	
	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p
T1	0.269	0.04					0.225	0.01	0.205	0.02			0.222	0.01	0.212	0.02
T2-5																
MH1											-	0.023				
MH2			0.240	0.01			0.292	0.002	0.211	0.02						
MH3	0.191	0.04	0.225	0.016	0.206	0.028	0.381	0.001	0.287	0.02			0.289	0.02		
MH4							0.354	0.001	0.264	0.005			0.03	0.01		
MH5							0.227	0.01								
MMF	0.245	0.009	0.192	0.041					-0.23	0.014			-0.21	0.02		
LMF	0.185	0.04			0.211	0.024					-	0.022				
MRF			0.212	0.024			0.204	0.03	0.194	0.03	-	0.036			0.191	0.04
LRF							0.286	0.002	0.278	0.003			0.31	0.001	0.193	0.04

9.7. ARTICULO CIENTÍFICO: ASSOCIATION BETWEEN PREOPERATIVE DYNAMIC PLANTAR PRESSURES AND CLINICAL OUTCOMES AT 6 MONTHS AFTER HALLUX VALGUS SURGERY

Original Article

Association between preoperative dynamic plantar pressures and clinical outcomes at 6 months after hallux valgus surgery

Zusammenhang zwischen präoperativem, dynamischem Plantardruck und den klinischen Ergebnissen 6 Monate nach einer Hallux-Valgus-Operation

Carmen Verdu-Roman^a, Javier Sanz-Reig^a, Enrique Martinez-Gimenez^a, Domingo Orozco-Beltran^b, Jose A. Quesada^{b,*}, Adriana Lopez-Pineda^b, Vicente F. Gil-Guillen^b, Concepcion Carratala-Munuera^b

^a Foot and Ankle Unit, Department of Orthopaedic Surgery, Clinica HLA Vistahermosa, Alicante, Spain

^b Family Medicine Chair, Department of Clinical Medicine, Miguel Hernandez University, San Juan de Alicante, Spain

Received 20 September 2018; accepted 2 January 2019

KEYWORDS

Foot;
Hallux valgus;
Pain;
Metatarsalgia;
Weight-Bearing

Abstract

Background: The influence of preoperative plantar pressures on clinical outcomes following hallux valgus surgery has not been yet established. This study aimed to assess the relationship between preoperative dynamic plantar pressure measurements and clinical outcomes following hallux valgus surgery.

Material and methods: A prospective cohort study where patients attending the foot and ankle unit between 2016 and 2017, diagnosed of hallux valgus requesting surgical correction were recruited consecutively and preoperative plantar pressure were measured. At 6-months after surgery, the foot condition and foot pain were measured, through the American Orthopedic Foot and Ankle Society Score (AOFAS), and using Visual Analog Scale (VAS), respectively. A multivariate logistic model was used to estimate the magnitude of the associations between the explanatory variables and outcomes.

* Corresponding author at: Miguel Hernandez University, Ctra. Nnal. 332, s/n 03550, San Juan de Alicante, Spain. Tel.: +34 965919309. E-Mail: jquesada@umh.es (J.A. Quesada).

SCHLÜSSELWÖRTER

Fuß;
Hallux-Valgus;
Schmerzen;
Metatarsalgie;
Gewichtstragend

Results: 114 patients were included in the study. Significant differences between patients with and without pain at 6-months after surgery were found in mean force on first toe, peak pressure on third and fourth metatarsal head, and maximum force on fourth and fifth metatarsal head ($p < 0.05$). The multivariate logistic model showed significant association between the preoperative peak pressure on fourth metatarsal head (OR:0.996, $p = 0.003$), walking (OR:7.430, $p < 0.001$), orthopedic shoe after surgery period (OR:0.754, $p = 0.019$) and preoperative AOFAS (OR:0.947, $p = 0.006$), and the appearance of pain at 6-months after surgery.

Conclusion: The presence of pain at six months after surgery was significantly associated with the preoperative peak pressure under the fourth metatarsal head.

Zusammenfassung

Hintergrund: Der Einfluss des präoperativen Plantardrucks auf die klinischen Ergebnisse nach einer Hallux-Valgus Operation konnte bisher nicht nachgewiesen werden. Diese Studie zielte darauf ab, die Beziehung zwischen präoperativ-dynamischen Plantar- Druckmessungen und klinischen Ergebnissen nach einer Hallux-Valgus-Operation zu beurteilen.

Material und methoden: Es wurde eine prospektive Kohortenstudie an Patienten mit indizierter Hallux-Valgus-Operation, die zwischen 2016 und 2017 in der Fuß- und Knöchelstation behandelt wurden, durchgeführt. Sie wurden konsekutiv rekrutiert und der präoperative Plantardruck wurde gemessen. 6 Monate nach der Operation wurden der Fußzustand und die Fußschmerzen durch den American Orthopedic Foot and Ankle Society Score (AOFAS) und unter Verwendung der Visual Analog Scale (VAS) gemessen. Ein multivariates, logistisches Modell wurde verwendet, um das Ausmaß der Zusammenhänge zwischen den erklärenden Variablen und den Ergebnissen einzuschätzen.

Ergebnisse: 114 Patienten wurden in die Studie einbezogen. Signifikante Unterschiede zwischen Patienten mit und ohne Schmerzen, 6 Monate nach der Operation, wurden jeweils in der mittleren Kraft am ersten Zeh, im Spitzendruck am dritten und vierten Metatarsalkopf und die maximale Kraft am vierten und fünften Metatarsalkopf gefunden ($p < 0.05$). Das multivariate, logistische Modell zeigte einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem präoperativen Spitzendruck am Kopf des vierten Metatarsalknochens (OR:0.996, $p = 0.003$), dem Gehen (OR:7.430, $p < 0.001$), dem orthopädischen Schuh nach der Operation (OR:0.754, $p = 0.019$) und der präoperativen AOFAS (OR:0.947, $p = 0.006$) sowie dem Auftreten von Schmerzen 6 Monate nach der Operation.

Fazit: Die Anwesenheit von Schmerzen sechs Monate nach der Operation stand mit dem präoperativen Spitzendruck unter dem vierten Metatarsalkopf signifikant in Assoziation.

Introduction

Hallux valgus (HV) is probably the most common foot deformity [33], with an estimated prevalence of 23% in adults aged 18–65 years and 35.7% in elderly people aged over 65 years [25]. HV causes pain and footwear discomfort, and in severe cases it may result in physical activity insufficiency and negatively affect quality of life [15].

Conservative treatment of HV should be the first-line strategy. Shoe adaptations, insoles and physiotherapy may effectively control the symptoms [10]. If these measures fail and painful disability persists, corrective surgery is an option [13]. More than 100 different surgical techniques have been described [12]; preoperative physical examination and

radiographic assessment are essential to choose the best technique [9].

Rosário [28] suggested that high plantar pressures may be related to several foot diseases, pain and foot deformities, so analyzing these pressures is important to prevent them. Baropodometry analysis can determine the percentage of weight supported by each foot and the symmetry ratio between them [28], expanding the static radiological diagnostics that show only structural changes [19]. Plantar pressure technology is a tool that is not commonly used in clinics. However, several authors have reported using these measurements before and after corrective surgery to evaluate and manage patients with foot impairments, including HV, for better assessment when planning an intervention [4,22,31,32].

Martinez-Nova et al. [22] found that pain and clinical results were related to pressure under the first metatarsal head (MH1). However, other authors have reported that the correction of HV through surgical treatment did not alter the plantar pressure distribution [1,30]. To the best of our knowledge, the influence of preoperative dynamic plantar pressure measurements on clinical outcomes following HV surgery has not been yet established. However, we hypothesize that there could be an association, and if so, this measure might be used in orthopedic practice to inform patients about potential postoperative outcomes and to plan a proper rehabilitative treatment. The purpose of the present study was to assess the relationship between preoperative dynamic plantar pressure measurements and clinical outcomes (foot condition and foot pain) following HV surgery.

Material and methods

This prospective cohort study (level of evidence: II2) was conducted from January 2016 to January 2018 in a single hospital in Spain. All patients attending the foot and ankle unit between January 2016 and June 2017, and who met the inclusion criteria, were consecutively recruited. Inclusion criteria were: age over 18 years; diagnosis of HV; and request for surgical correction because of discomfort, pain or difficulty with shoe wear. Patients with concurrent forefoot deformities (including Freiberg disease, Morton's neuroma, hallux rigidus, and Tailor's bunion), fixed-foot deformities (including stiff digital deformities and ankle equinus), underlying motor disorders, rheumatic disease, diabetes mellitus, nerve entrapment, varus or valgus deformity of the lower limb (including pes planovalgus, cavovarus, and equinus), previous foot or ankle surgery, history of trauma or infection of the foot or lower limbs, patients unable to step correctly on the pressure platform during baropodometry and/or patients who did not sign informed consent, were excluded. This study was performed in accordance with the ethical standards in the 1964 Declaration of Helsinki. The Institutional Review Board approved the study, and all participants gave written informed consent to participate.

Participants were treated according to routine clinical practice. The same podiatrist performed all plantar pressure measurements (baropodometry) and collected study variables. A different foot and ankle orthopedic surgeon carried out the foot surgery and clinical and radiographic evaluation. Patients were followed up for at least six months to evaluate outcomes.

Plantar pressure measurement

The plantar pressure parameters were preoperatively measured using the RunTime treadmill platform (Diagnostic Support España S.L., Bormujos, Spain), which has a total area of 130 cm × 45 cm, encloses a sensor area of 120 cm × 40 cm, and has 9600 sensors (2 sensors/cm² operating at 200 Hz). The platform allows a walking speed of 0.8 km/h to 20 km/h and a maximum load of 130 kg. The podiatrist who conducted the analysis was blinded to the results of the clinical and radiographic evaluation. Patients were asked to walk barefoot on the platform at self-selected speed. To adjust the step to the platform, they were instructed to look at a fixed point in front of them, not toward their feet, to avoid targeting [20]. When the patient felt comfortable walking on the platform at a normal and constant speed, the data collection began and the patient walked for 15 seconds.

Analysis and data collection were performed with FreeStep Software (Diagnostic Support España S.L., Bormujos, Spain). This software divides the foot into 11 regions: great toe (T1), second to fifth toes (T2 to T5), first metatarsal head (MH1), second metatarsal head (MH2), third metatarsal head (MH3), fourth metatarsal head (MH4), fifth metatarsal head (MH5), medial midfoot (MMF), lateral midfoot (LMF), medial rearfoot (MRF), lateral rearfoot (LRF) (Fig. 1). For each plantar footprint and region, the software generates data for the following indicators: peak pressure (Kpa), mean pressure (KPa), maximum force (N), mean force (N), and pressure-time integral (N/cm). We selected the three footprints falling exactly in the middle of the trial, calculating their median value for each of the five indicators. This method provides an appropriate means of representative pressure values [11].

Radiographic evaluation

Anteroposterior and lateral weight-bearing radiographs were taken preoperatively and at 6-month after surgery following the American Orthopedic Foot and Ankle Society Score (AOFAS) Committee guidelines [6]. We measured angles digitally using DICOM (Digital Edition and Communication in Medicine). In anteroposterior radiograph, we measured: hallux valgus angle (HVA), first-second intermetatarsal angle (IMA) and distal metatarsal articular angle (DMAA). In lateral radiograph, we measured: metatarsus primus elevatus (MPE) and first metatarsal declination angle (MDA). According to these parameters and Coughlin et al. [5] criteria, we classified patients as having mild, moderate or severe HV.

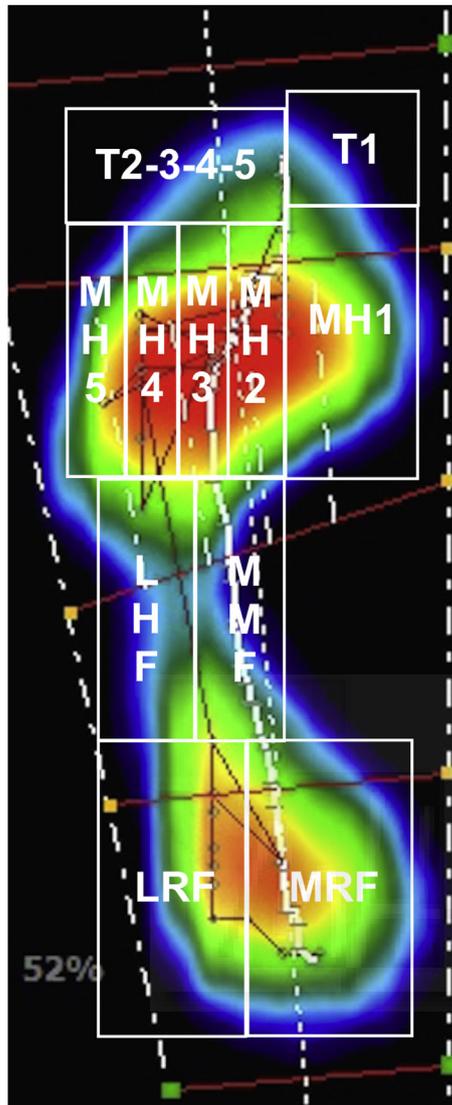


Fig. 1. Plantar pressure pattern of a foot with hallux valgus. Location of the 11 foot regions.

Surgical technique

A single foot and ankle orthopedic surgeon carried out all procedures in a standardized way, using regional block and ankle tourniquet in all cases and performing medial incision. The procedure used to correct the HV was an extended plantar limb modified Chevron osteotomy, as described by Mahadevan et al. [21]. The osteotomy was secured with two 2.5 mm headless cannulated screws (Stryker, Mahwah, NJ, USA). After performing the first metatarsal osteotomy, the surgeon carried out an Akin osteotomy of the proximal phalanx fixed with an 8 mm × 26 mm staple (Stryker, Mahwah, NJ, USA) [8]. Patients with metatarsalgia underwent a distal oblique metatarsal osteotomy (Weil osteotomy) to restore the physiologic cascade of the lesser

metatarsals [14]. These osteotomies were secured with a 2.0 mm twist-off screw (Stryker, Mahwah, NJ, USA).

Post-operative care

Patients were discharged from the hospital on the day of surgery. Soft dressings were applied, and patients could immediately bear weight in orthopedic post-operative shoes. Sutures were removed at two weeks. Patients were gradually weaned off the orthopedic shoe from four weeks postoperatively, initially for 4 h/d (2 h in the morning and 2 h in the afternoon) and then increasing by 1 h/d until they were wearing normal shoes all day.

Primary outcomes

We measured two response variables at baseline and 6 months after surgery to evaluate clinical outcomes: foot condition, according to AOFAS score, and foot pain, using a visual analog scale (VAS). The AOFAS survey covers three domains: pain (40 points), function (45 points), and alignment (15 points), for a maximum possible score of 100, indicating no symptoms or impairments [18]. Scores between 80 and 100 points represent a good or excellent result (success) [2]. Possible scores on the VAS ranged from 0 (no pain) to 10 (the worst pain ever experienced) [23]. Patients were categorized into two groups: no pain (0 or 1 points) and pain (≥ 2 points) [17]. They were asked about the highest level of pain they had experienced each day, regardless of whether it was at rest or whilst walking.

Secondary study variables

Upon recruitment, we collected the following variables: age, sex, body mass index (BMI), sports activity type (none, walking, or other), physical activity level in the workplace (prolonged sitting time, prolonged standing time, or intense physical activity), presence of comorbidity (yes or no), foot (left or right), type of pathology (HV or HV with metatarsalgia), first toe pronation (yes or no), lesser toe deformity (yes or no), bursitis (yes or no), evolution period of HV (months), and previous treatment by podiatrist, i.e. patient was evaluated and treated by a podiatrist before surgery (yes or no).

At six months postoperatively, we collected the following variables: BMI, surgical technique (Chevron + Akin osteotomy or Chevron + Akin + Weil osteotomy), pain after treatment (yes or no), late complications including hallux valgus recurrence, digital forefoot deformities, transfer

metatarsalgia, infection and impaired wound healing (yes or no), period with orthopedic shoe after surgery (weeks), and recovery time (weeks).

Statistical analysis

Statistical analysis was conducted with SPSS (IBM SPSS, Armonk, NY, version 18.0) and R software (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, version 3.4.2). For categorical variables, we assessed associations using the Chi-squared test and two-way tables. For quantitative variables, we used the Student's *t*-test and analysis of variance to compare means following assessment of normality through Kolmogorov–Smirnov test. If data distribution did not meet normality criteria, the Mann–Whitney *U* test and Kruskal–Wallis test were used.

To estimate the magnitude of the associations between the explanatory variables and outcomes (AOFAS and VAS results), we fitted multivariable logistic regression models to estimate odds ratio (OR) and 95% confidence interval (CI). We chose variables for inclusion in the model via backward

stepwise selection, based on likelihood ratio tests (LRT) performed according to the Akaike Information Criteria (AIC) criteria. We calculated goodness of fit by means of the Chi-square value from the LRT test as well as predictive indicators, such as the area under the ROC curve (AUC) and its 95% CI. A *p* value of less than 0.05 was considered statistically significant.

Results

A total of 114 patients were included; all completed the study with no loss to follow-up. All ranges of hallux valgus deformities were included in the present study. Twenty-six patients were excluded: 8 for flat-foot, 4 for varus and 1 for valgus knee deformity, 9 for diabetes mellitus, 3 for previous ankle surgery and 1 for rheumatic disease. Radiographic signs of hallux rigidus were not found in the study sample. Chevron + Akin + Weil osteotomy was performed in 54 patients with central metatarsal pain (at second metatarsal in 6 patients, at second and third metatarsal in 23 patients, and at second, third and fourth metatarsal in 25 patients). [Table 1](#) shows

Table 1 Baseline characteristics and the secondary variables after surgery of the total sample (*n* = 114).

Study variable	Total sample (<i>n</i> = 114)
Age (years), mean (SD); [range]	50 (11); [21–74]
Female sex, <i>n</i> (%)	94 (82.5)
BMI (kg/m ²), mean (SD); [range]	25.7 (3.9); [16.1–36.5]
Sport activity type	
None, <i>n</i> (%)	37 (32.5)
Walking, <i>n</i> (%)	51 (44.7)
Other, <i>n</i> (%)	26 (22.8)
Physical activity in workplace	
Prolonged sitting time, <i>n</i> (%)	17 (14.9)
Prolonged standing time, <i>n</i> (%)	87 (76.3)
Intense physical activity, <i>n</i> (%)	10 (8.8)
Patients with comorbidity, <i>n</i> (%)	11 (9.6)
Left foot, <i>n</i> (%)	67 (58.8)
Right foot, <i>n</i> (%)	47 (41.2)
Type of pathology	
HV, <i>n</i> (%)	60 (52.6)
HV + MTT, <i>n</i> (%)	54 (47.4)
Pronation, <i>n</i> (%)	41 (36.0)
Toe deformity, <i>n</i> (%)	57 (50.0)
Bursitis, <i>n</i> (%)	53 (46.5)
Patients treated by podiatrist previously, <i>n</i> (%)	36 (31.6)
Surgical technique	
Chevron + Akin osteotomy, <i>n</i> (%)	60 (52.6)
Chevron + Akin + Weil osteotomy, <i>n</i> (%)	54 (47.4)
Pain after treatment, <i>n</i> (%)	52 (45.6)
Late complications, <i>n</i> (%)	16 (14.0)
Evolution period of HV (months)	
HV, mean (SD); [range]	23.3 (2.8); [12–24]
HV with metatarsalgia, mean (SD); [range]	22.5 (4.3); [5–24]
Period with orthopedic shoe after surgery (weeks), mean (SD); [range]	8.3 (3.8); [3–7]
Recovery time in weeks, mean (SD); [range]	4.8 (1.2); [4–24]

BMI: body mass index; SD: standard deviation; MTT: metatarsalgia; HV: hallux valgus.

Table 2 Radiographic measurements before and at six months after HV surgery.

	Baseline	6-months' follow up	p-value
HVA (°)	31.1 (7.2)	12.0 (4.7)	<0.001
IMA (°)	12.7 (2.6)	6.8 (1.6)	<0.001
DMAA (°)	12.1 (3.6)	6.4 (3.5)	<0.001
MDA (°)	21.9 (3.2)	22.8 (3.7)	0.02
MPE (mm)	4.7 (2.0)	4.0 (1.7)	<0.001

HVA: hallux valgus angle; IMA: first-second intermetatarsal angle; DMAA: distal metatarsal articular angle; MDA: first metatarsal declination angle; MPE: metatarsus primus elevatus.

participants' baseline characteristics and the secondary variables after surgery. The mean age of the patients was 50 years (SD 11; range 21–74), and 94 patients (82.5%) were women. Mean BMI was 25.7 kg/m² (SD 3.9; range 16.1–36.5). **Table 2** shows radiographic measurements before surgery and at 6-month after HV surgery. HV was classified as mild in 11 patients, moderate in 92 patients, and severe in 11 patients. Preoperatively, there was no association between preoperative baropometry and radiographic angle values. A negative correlation between 6-month AOFAS score and hallux valgus angle ($r = -0.333$; $p < 0.001$) was found.

Regarding the foot condition outcome, the mean AOFAS score increased from 49.3 points (SD 14; range 12–93) at baseline to 87.1 points (SD 10.3; range 55–100) at 6-month postoperatively ($p < 0.05$). Ninety-two patients (80.7%) showed a good or excellent result (AOFAS ≥ 80 points). Patient characteristics that were associated with better outcomes at a 5% significance level were: no previous treatment by a podiatrist, no lesser toe deformity, and no late complications (**Table 3**). In addition, the group with treatment success showed significantly lower mean recovery time and mean preoperative foot pain ($p < 0.05$). **Table 4** shows the preoperative plantar pressure measurements of both groups according to AOFAS score at 6-month after surgery. We did not find any significant association between these variables and AOFAS clinical result at 6-month, nor did we observe trends in mean values in any group. We did not find a multivariable logistic regression model that showed an association between AOFAS ≥ 80 and preoperative baropodometric variables. On the other hand, we analyzed the relationship between AOFAS pain subscale and preoperative baropodometric variables, and we found a positive correlation between pain and peak pressure in MH3 ($r = 0.231$, $p = 0.014$) and MH4 ($r = 0.245$, $p = 0.009$).

Concerning foot pain, the mean pain score decreased from 7.1 (SD 1.8; range 1–10) at baseline to 1.9 (SD 1.5; range 0–9) at 6-month postoperatively. At study endpoint, 65 (57.0%) patients of the total sample achieved a pain score of 0 or 1 (no pain); **Table 5** compares patients according to this outcome. There was a significantly higher proportion of patients with pain (VAS ≥ 2) at 6-month postoperatively among those who had HV with metatarsalgia, whose sport activity was walking, who had received previous treatment by a podiatrist, who had been operated through Chevron + Akin + Weil osteotomy, or had complications ($p < 0.05$). In addition, the period wearing an orthopedic shoe after surgery was significantly higher, and the preoperative AOFAS score was significantly lower in this group ($p < 0.05$). **Table 6** shows the preoperative plantar pressure measurements of both groups according to VAS score at 6-month after surgery. The values of maximum force in MH4 and MH5 regions, mean force in T1 and MH5 regions, and peak pressure in MH3 and MH4 regions of pain group patients were significantly different than values in the no-pain group ($p < 0.05$). Overall, the pain group showed lower mean values of preoperative baropodometric variables than the no-pain group.

The multivariable logistic regression model showed a significant association between four explanatory variables and the appearance of pain (VAS ≥ 2) at 6-month postoperatively (**Table 7**). We did not identify any confounders. The model showed acceptable goodness of fit, and the AUC was 0.8182 (95% CI 0.7407–0.8957). Peak pressure under MH4 was the preoperative plantar pressure measurement showing the strongest association with pain at six months' follow-up. Thus, for each unit increase in pressure, there was a reduction of 0.4% in foot pain at six months.

Discussion

This study found a significant association between preoperative peak pressure under MH4 measurement and the appearance of pain at six months after HV surgery. The higher the peak pressure under MH4, the lower the probability of pain at six months' follow-up. However, we did not observe a significant association between preoperative plantar pressure measurements and AOFAS score. Additionally, we observed the association of other factors with presence of pain at six months after HV surgery.

HV deformity is a dynamic process with progressive adduction of the first metatarsal, valgus of the

Table 3 Baseline characteristics and the secondary variables after surgery of the study patients according to AOFAS score at 6 months' follow-up.

Study variable		AOFAS < 80 (n = 22)	AOFAS ≥ 80 (n = 92)	p-value
Age (years), mean (SD)		59.0 (10.5)	55.3 (11)	0.155
BMI (kg/m ²), mean (SD)		26.0 (3.9)	25.6 (3.9)	0.623
Type of pathology	HV, n (%)	8 (13.3)	52 (86.7)	0.089
	HV + MTT, n (%)	14 (25.9)	40 (74.1)	
Sex	Men, n (%)	3 (15.0)	17 (85.0)	0.760
	Women, n (%)	19 (20.2)	75 (79.8)	
Side foot	Left, n (%)	14 (20.9)	53 (79.1)	0.606
	Right, n (%)	8 (17.0)	39 (83.0)	
Comorbidity	No, n (%)	18 (17.5)	85 (82.5)	0.219
	Yes, n (%)	4 (36.4)	7 (63.6)	
Physical activity in workplace	Prolonged standing time, n (%)	16 (18.4)	71 (81.6)	0.086
	Intense physical activity, n (%)	0 (0.0)	10 (100.0)	
	Prolonged sitting time, n (%)	6 (35.3)	11 (64.7)	
Sport activity type	None, n (%)	5 (13.5)	32 (86.5)	0.501
	Walking, n (%)	12 (23.5)	39 (76.5)	
	Other, n (%)	5 (19.2)	21 (80.8)	
Treated by podiatrist previously	No, n (%)	10 (12.8)	68 (87.2)	0.010*
	Yes, n (%)	12 (33.3)	24 (66.7)	
MTT pain	No, n (%)	8 (12.9)	54 (87.1)	0.059
	Yes, n (%)	14 (26.9)	38 (73.1)	
Bursitis	No, n (%)	11 (18.0)	50 (82.0)	0.713
	Yes, n (%)	11 (20.8)	42 (79.2)	
Pronation	No, n (%)	11 (15.1)	62 (84.9)	0.127
	Yes, n (%)	11 (26.8)	30 (73.2)	
Toe deformity	No, n (%)	6 (10.5)	51 (89.5)	0.018*
	Yes, n (%)	16 (28.1)	41 (71.9)	
Surgical technique	Chevron + Akin, n (%)	8 (13.1)	53 (86.9)	0.073
	Chevron + Akin + Weil, n (%)	14 (26.4)	39 (73.6)	
Late complications	No, n (%)	13 (13.3)	85 (86.7)	<0.001*
	Yes, n (%)	9 (56.3)	7 (43.8)	
HV Level	Mild, n (%)	2 (12.5)	14 (87.5)	0.916
	Moderate, n (%)	18 (20.7)	69 (79.3)	
	Severe, n (%)	2 (18.2)	9 (81.8)	
Evolution period (months)	HV mean (SD)	22.5 (3.9)	23.5 (2.5)	0.112
	HV + MTT mean (SD)	22.3 (4.4)	22.6 (4.4)	0.738
Orthopedic shoe after surgery (weeks), mean (SD)		5.3 (1.7)	4.7 (1.1)	0.098
Recovery time (weeks), mean (SD)		10.0 (3.5)	7.9 (3.8)	0.019*
Preoperative pain (VAS), mean (SD)		7.9 (1.2)	7.0 (1.8)	0.029*

* p < 0.05.

BMI: body mass index; SD: standard deviation; MTT: metatarsalgia; HV: hallux valgus.

proximal phalanx, and increasing distance between the first and second metatarsals. Deschamps et al. [7] and Koller et al. [19] have reported decreased weight bearing of the great toe. Martinez-Nova et al. [22] reported a significant increase in plantar pressure under the great toe and the first metatarsal head in patients with mild HV. Nevertheless, they used an in-shoe system, and data cannot be extrapolated from one collection method to another [3]. Mentz et al. [24] demonstrated that patients with HV showed a significant increase in plantar peak pressure under metatarsal heads 3–5. Our results are consistent with those reported by

Deschamps et al. [7], Koller et al. [19] and Mentz et al. [24].

Several authors [15,16,19,29] have studied the association between preoperative pressure measurements and preoperative radiographic evaluation or preoperative clinical tools. Koller et al. [19] found negative correlations between hallux valgus angle and peak pressure in the great toe, maximum force of the hallux, and contact time of the great toe, and positive correlations for force time integral, contact area, maximum force, and peak pressure of the fifth metatarsal head. Iliou et al. [16] correlated the Manchester scale with

Table 4 Preoperative plantar pressure measurements of study patients according to AOFAS score at six months after surgery.

Measurements		AOFAS < 80 (n = 22)		AOFAS ≥ 80 (n = 92)		p-value
		Mean	SD	Mean	SD	
Maximum force (N)	T1	75.3	24.3	78.8	30.7	0.621
	T2–5	39.3	22.1	36.2	21.6	0.548
	MH1	78.4	32.4	87.8	30.1	0.195
	MH2	94.4	24.5	94.4	24.1	0.992
	MH3	108.9	27.5	110.8	27.7	0.769
	MH4	88.0	20.9	92.3	29.7	0.522
	MH5	38.0	11.0	40.9	16.0	0.433
	MMF	82.2	41.5	71.6	37.8	0.251
	LMF	122.6	31.5	121.3	44.5	0.897
	MRF	133.3	35.9	139.9	35.8	0.437
Mean force (N)	LRF	121.3	30.7	127.0	51.2	0.622
	T1	37.3	13.7	39.5	16.8	0.569
	T2–5	19.1	11.6	17.9	11.9	0.672
	MH1	39.5	18.0	46.8	15.7	0.061
	MH2	50.4	12.5	55.5	15.2	0.149
	MH3	60.9	14.1	65.6	15.7	0.208
	MH4	49.1	13.0	54.1	17.2	0.202
	MH5	18.8	7.1	21.5	9.2	0.202
	MMF	41.1	22.9	36.5	21.2	0.371
	LMF	68.0	20.3	68.4	27.8	0.950
Peak pressure (kPa)	MRF	88.4	22.2	90.5	23.4	0.704
	LRF	75.0	21.6	75.9	30.4	0.894
	T1	734.5	239.8	735.9	184.5	0.975
	T2–5	686.1	282.9	655.3	227.5	0.588
	MH1	865.4	346.9	817.0	203.7	0.393
	MH2	967.9	311.6	963.3	228.4	0.937
	MH3	944.5	247.9	1002.4	248.7	0.328
	MH4	888.6	255.9	916.0	230.5	0.626
	MH5	632.5	280.8	675.2	262.1	0.500
	MMF	791.3	264.8	751.7	134.7	0.321
Mean pressure (kPa)	LMF	842.8	229.5	834.6	180.5	0.856
	MRF	817.9	275.2	811.7	229.8	0.913
	LRF	844.4	276.9	817.8	175.4	0.574
	T1	309.7	84.9	317.1	82.7	0.706
	T2–5	305.8	122.3	303.2	100.9	0.919
	MH1	341.9	106.3	358.6	94.6	0.469
	MH2	454.2	85.3	476.8	101.8	0.337
	MH3	499.8	66.3	513.8	85.5	0.472
	MH4	437.3	90.4	452.5	107.3	0.540
	MH5	319.4	80.4	335.5	102.0	0.490
Pressure–time integral (N/cm)	MMF	337.9	78.7	328.7	65.8	0.572
	LMF	399.9	66.5	388.5	81.6	0.545
	MRF	399.0	99.9	395.5	79.5	0.860
	LRF	415.1	93.1	413.1	121.8	0.943
	T1	35.1	16.1	36.9	17.7	0.668
	T2–5	18.5	13.6	17.3	10.9	0.677
	MH1	51.1	24.1	55.7	20.7	0.370
	MH2	66.4	20.6	65.5	18.0	0.832
	MH3	78.3	22.7	79.2	19.9	0.862
	MH4	62.6	19.9	64.4	20.1	0.696
Pressure–time integral (N/cm)	MH5	23.3	8.2	24.5	11.8	0.663
	MMF	47.3	32.4	40.6	27.0	0.316
	LMF	70.7	28.8	69.7	34.1	0.894
	MRF	69.0	24.6	73.4	28.7	0.512
	LRF	62.2	22.2	66.4	32.9	0.574

T1: great toe; T2–5: second to fifth toes; MH1: first metatarsal head; MH2: second metatarsal head; MH3: third metatarsal head; MH4: fourth metatarsal head; MH5: fifth metatarsal head; MMF: medial midfoot; LMF: lateral midfoot; MRF: medial rearfoot; LRF: lateral rearfoot.

Table 5 Baseline characteristics and the secondary variables after surgery of the study patients according to foot pain (0–10 VAS score) at 6 months' follow-up.

Study variable		PainVAS ≥ 2 (n = 49)	No painVAS < 2 (n = 65)	p-value
Age (years), mean (SD)		56.2 (9.4)	55.8 (12.1)	0.845
BMI (kg/m ²), mean (SD)		25.9 (4.1)	25.5 (3.8)	0.605
Type of pathology	HV, n (%)	19 (31.7)	41 (68.3)	0.010*
	HV + MTT, n (%)	30 (55.6)	24 (44.4)	
Sex	Men, n (%)	6 (30.0)	14 (70.0)	0.197
	Women, n (%)	43 (45.7)	51 (74.3)	
Side foot	Left, n (%)	30 (44.8)	37 (55.2)	0.644
	Right, n (%)	19 (40.4)	28 (59.6)	
Comorbidity	No, n (%)	45 (43.7)	58 (56.3)	0.775
	Yes, n (%)	4 (36.4)	7 (63.6)	
Physical activity in workplace	Prolonged standing time, n (%)	37 (42.5)	50 (57.5)	0.501
	Intense physical activity, n (%)	3 (30.0)	17 (70.0)	
	Prolonged sitting time, n (%)	9 (52.9)	8 (47.1)	
Sport activity type	None, n (%)	10 (27.0)	27 (73.0)	0.007*
	Walking, n (%)	30 (58.8)	21 (41.2)	
	Other, n (%)	9 (34.6)	17 (65.4)	
Treated by podiatrist previously	No, n (%)	28 (35.9)	50 (64.1)	0.024*
	Yes, n (%)	21 (58.3)	15 (41.7)	
MTT pain	No, n (%)	20 (32.3)	42 (67.7)	0.012*
	Yes, n (%)	29 (55.8)	23 (44.2)	
Bursitis	No, n (%)	23 (37.7)	38 (62.3)	0.222
	Yes, n (%)	26 (49.1)	27 (50.9)	
Pronation	No, n (%)	29 (39.7)	44 (60.3)	0.349
	Yes, n (%)	20 (48.8)	21 (51.2)	
Toe deformity	No, n (%)	24 (42.1)	33 (57.9)	0.850
	Yes, n (%)	25 (43.9)	32 (56.1)	
Surgical technique	Chevron + Akin, n (%)	19 (31.1)	42 (68.9)	0.006*
	Chevron + Akin + Weil, n (%)	30 (56.6)	23 (43.4)	
Late complications	No, n (%)	38 (38.8)	60 (62.2)	0.025*
	Yes, n (%)	11 (68.8)	5 (32.3)	
Evolution period (months)	HV mean (SD)	23.8 (1.7)	22.9 (3.4)	0.095
	HV + MTT mean (SD)	23.2 (5.5)	21.6 (5.5)	0.230
Orthopedic shoe after surgery (weeks), mean (SD)		5.2 (1.5)	4.5 (1.9)	0.007*
Recovery time (weeks), mean (SD)		9.1 (4.6)	7.7 (3.0)	0.079
Preoperative AOFAS, mean (SD)		45.4 (11.8)	52.3 (14.8)	0.008*

* $p < 0.05$.

BMI: body mass index; SD: standard deviation; MTT: metatarsalgia HV; hallux valgus.

the peak pressure distribution beneath the hallux and the first and second metatarsal heads. Sanchez-Rodriguez et al. [29] reported that total Foot Posture Index (FPI) score explains the low variability of plantar pressures. And Martinez-Nova et al. [22] found that only 18.6% of average pressure under the first metatarsal head was attributable to pain, first ray alignment, and total preoperative AOFAS score. We found a trend to preoperative loading of MH4 decrease in patients with pain in the forefoot as Wen et al. reported [32]. The reduced loading in MH4 could be due to the relative elevation of MH4 which is caused by the collapsed transverse arch [26,27]. The higher peak pressure in the MH4 suggests that MH4 is not elevated, and the transverse arch is not collapsed. It seems that

these patients will have better clinical results after hallux valgus surgery.

In our sample, we found significant differences in the first toe for mean force, the third metatarsal head for peak pressure, the fourth metatarsal head for peak pressure and maximum force, and the fifth metatarsal head for maximum force. We developed a predictive model with other study variables associated with the appearance of pain at six-month follow-up. Patients were more likely to have no pain at six months' post-surgery if they did not participate in a sports activity, had a higher preoperative AOFAS score, were able to quickly wean off orthopedic shoe use after four weeks, and presented higher peak pressure in the fourth metatarsal head. This model had a c-statistic of 0.81, which might be

Table 6 Preoperative plantar pressure measurements of study patients according to VAS score at six months after surgery.

Measurements		No pain VAS < 2 (n = 65)		Pain VAS ≥ 2 (n = 49)		p-value
		Mean	SD	Mean	SD	
Maximum force (N)	T1	82.8	28.9	72.0	29.5	0.053
	T2–5	39.0	22.1	33.8	21.0	0.212
	MH1	86.1	29.5	85.8	32.4	0.955
	MH2	94.9	23.3	93.8	25.4	0.809
	MH3	114.3	25.7	105.3	29.3	0.085
	MH4	96.3	28.8	85.0	26.3	0.034*
	MH5	42.9	16.1	36.9	13.2	0.038*
	MMF	68.4	40.4	80.6	35.3	0.097
	LMF	118.6	45.4	125.5	37.7	0.386
	MRF	138.5	34.5	138.7	37.6	0.975
Mean force (N)	LRF	128.2	51.9	122.8	42.4	0.551
	T1	41.7	15.5	35.5	16.6	0.043*
	T2–5	19.3	12.2	16.6	11.3	0.222
	MH1	45.8	15.4	44.9	17.7	0.767
	MH2	55.2	15.3	53.6	14.3	0.561
	MH3	66.4	14.8	62.4	16.3	0.174
	MH4	55.6	16.3	49.9	16.4	0.066
	MH5	22.5	9.2	19.0	8.1	0.039*
	MMF	34.8	22.3	40.8	20.2	0.143
	LMF	66.5	28.0	70.7	24.4	0.409
Peak pressure (KPa)	MRF	90.2	22.5	90.0	24.1	0.972
	LRF	76.7	31.3	74.3	25.4	0.661
	T1	759.7	170.8	703.7	221.3	0.130
	T2–5	698.3	245.2	612.1	221.5	0.055
	MH1	836.0	227.3	813.6	251.0	0.619
	MH2	992.5	247.9	926.6	238.7	0.156
	MH3	1039.6	253.6	927.2	228.7	0.016*
	MH4	967.8	248.2	834.9	192.8	0.002*
	MH5	704.9	269.8	616.6	252.7	0.078
	MMF	759.5	134.4	759.2	203.8	0.992
Mean pressure (KPa)	LMF	839.8	154.3	831.4	230.3	0.817
	MRF	818.9	245.1	804.8	230.4	0.756
	LRF	825.5	183.4	819.4	217.4	0.871
	T1	328.8	75.5	298.3	89.4	0.052
	T2–5	317.9	104.7	284.9	102.9	0.096
	MH1	362.3	90.8	346.2	104.2	0.382
	MH2	478.9	101.5	463.9	95.7	0.423
	MH3	520.1	84.1	499.2	78.5	0.180
	MH4	461.8	109.6	433.4	94.8	0.149
	MH5	345.4	103.7	315.1	88.3	0.103
Pressure–time integral (N/cm)	MMF	333.8	62.9	326.1	75.1	0.550
	LMF	390.9	85.5	390.4	69.7	0.977
	MRF	400.6	76.7	390.4	92.1	0.522
	LRF	422.7	128.9	401.3	97.5	0.334
	T1	38.2	18.0	34.4	16.5	0.245
	T2–5	18.3	11.2	16.7	11.8	0.464
	MH1	54.2	22.1	55.7	20.5	0.705
	MH2	65.2	18.4	66.3	18.7	0.742
	MH3	81.1	17.7	76.2	23.3	0.209
	MH4	66.7	18.9	60.6	21.0	0.107
Pressure–time integral (N/cm)	MH5	25.2	12.4	22.9	9.4	0.275
	MMF	37.9	27.9	47.2	27.7	0.081
	LMF	66.5	35.0	74.4	29.9	0.210
	MRF	73.4	31.0	71.4	23.5	0.696
	LRF	66.5	33.5	64.5	27.9	0.740

* p < 0.05.

T1: great toe; T2–5: second to fifth toes; MH1: first metatarsal head; MH2: second metatarsal head; MH3: third metatarsal head; MH4: fourth metatarsal head; MH5: fifth metatarsal head; MMF: medial midfoot; LMF: lateral midfoot; MRF: medial rearfoot; LRF: lateral rearfoot.

Table 7 The multivariable logistic regression model for predictors of pain (VAS ≥ 2) at 6 months after surgery.

		OR	95%CI	p-value
Sport activity type	None	1		
	Walking	7.43	2.40–22.98	<0.001
	Other	3.36	0.90–12.54	0.071
Orthopedic shoe after surgery (weeks)		1.75	1.10–2.81	0.019
Preoperative AOFAS		0.95	0.91–0.98	0.006
Preoperative peak pressure on fourth metatarsal head		0.996	0.994–0.999	0.003

LRT: 38.0 ($p < 0.0001$).

OR: odd ratio; LRT: likelihood ratio test.

considered excellent. Further research is needed with a larger sample to corroborate these results. This study opens a new line of research that could lead to a risk score based on baropodometry analysis to predict clinical outcomes after HV surgery and could provide an additional tool to help plan more specific and individualized rehabilitation.

Limitations

Limitations of the study include, firstly, the lack of standardization of the plantar pressure measurements according to the patient's weight, as done elsewhere [22,24]. However, we preferred not to standardize for a better interpretation of results, and after several tests, we verified that this decision did not modify the associations. Secondly, we did not use a control group of patients with HV that did not receive surgery, as this was unnecessary to the study design and objective. Thirdly, a longer follow-up could be useful to check plantar pressures change over time but we performed patient follow-up at six months because we considered that a longer follow-up would lead to a general improvement of all patients. Fourthly, patients could have felt pressure to report success on the questionnaire about foot condition and pain, so we cannot rule out the risk of reporting bias. Finally, the study may have been underpowered to detect moderately significant associations for several plantar pressure measurements.

Conclusion

Our results suggest that the presence of pain at six months after HV surgery is significantly associated with the preoperative peak pressure under the fourth metatarsal head, and that any preoperative dynamic plantar pressure measurements were not significantly associated with the foot condition based on the AOFAS at six months' post-surgical follow-up. In addition, sport activity, preoperative AOFAS score, and higher period wearing an

orthopedic shoe were also associated with presence of pain at six months after HV surgery.

Conflict of interest

Each author certifies that he or she has no commercial associations (e.g., consultancies, stock ownership, equity interest, patent/licensing arrangements, etc.) that might pose a conflict of interest about the submitted article.

Acknowledgements

We thank Elisa De Bonis and Cristina Galindo for their help in the translation of the title and the summary of this article into the German language.

References

- [1] Bryant AR, Tinley P, Cole JH. Plantar pressure and radiographic changes to the forefoot after the Austin bunionectomy. *J Am Podiatr Med Assoc* 2005;95(4):357–65.
- [2] Ceccarelli F, Calderazzi F, Pedrazzi G. Is there a relation between AOFAS ankle-hindfoot score and SF-36 in evaluation of Achilles ruptures treated by percutaneous technique? *J Foot Ankle Surg* 2014;53(1):16–21.
- [3] Chevalier TL, Hodgins H, Chockaligam N. Plantar pressure measurements using an in-shoe system and a pressure platform: a comparison. *Gait Posture* 2010;31(3):397–9.
- [4] Costa JM, Vargas Ávila AO, Kleinowski DN, Kroth LM, Kuschnaroff Contreras ME. Modified Chevron osteotomy: preliminary analysis of baropodometric behavior. *Acta Ortopéd Bras* 2010;18(4):191–6.
- [5] Coughlin M, Jones C. Hallux valgus: demographics, etiology and radiographic assessment. *Foot Ankle Int* 2007;28(7):759–77.
- [6] Coughlin M, Saltzman C, Nunley II J. Angular measurements in the evaluation of hallux valgus: a report of the ad hoc committee of the American

- Orthopedic Foot and Ankle Society on angular measurements. *Foot Ankle Int* 2002;23(1):68–74.
- [7] Deschamps K, Birch I, Desloovere K, Matricali GA. The impact of hallux valgus on foot kinematics: a cross-sectional, comparative study. *Gait Posture* 2010;32(1):102–6.
- [8] Douthett SM, Plaskey NK, Fallat LM, Kish J. Retrospective analysis of the akin osteotomy. *J Foot Ankle Surg* 2018;57(1):38–43.
- [9] Foot, Ankle Working Committee, Chinese Association of Orthopaedic Surgeons Orthopaedic Branch, Chinese Association of Orthopaedic Surgeons. Consensus on Surgical Management of Hallux Valgus from China. *Orthop Surg* 2015;7(November (4)):291–6.
- [10] Fraissler L, Konrads C, Hoberg M, Rudert M, Walcher M. Treatment of hallux valgus deformity. *EFORT Open Rev* 2016;1(8(Aug 25)):295–302, <http://dx.doi.org/10.1302/2058-5241.1.000005>.
- [11] Gurney JK, Kersting UG, Rosenbaum D. Between-day reliability of repeated plantar pressure distribution measurements in a normal population. *Gait Posture* 2008;27(4):706–9.
- [12] Kelikian H. The hallux. In: Jahss M, editor. *Disorders of the foot*. Saunders; 1982. p. 539–621.
- [13] Hawson ST. Physical therapy post-hallux abducto valgus correction. *Clin Podiatr Med Surg* 2014;31(2):309–22, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cpm.2014.01.002>.
- [14] Hofstaetter SG, Hofstaetter JG, Petroustas JA, Gruber F, Ritschl P, Trnka HJ. The Weil osteotomy: a seven-year follow-up. *J Bone Joint Surg Br* 2005;87(11(Nov)):1507–11.
- [15] Hogeia LM, Hogeia BG, Nussbaum LA, Grigoraş ML, Andor BC, Levai CM, et al. Health-related quality of life in patients with hallux valgus. *Rom J Morphol Embryol* 2017;58(1):175–9.
- [16] Iliou K, Paraskevas G, Kanavaros P, Gekas C, Barbouti A, et al. Relationship between pedographic analysis and the Manchester scale in hallux valgus. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2015;49(1):75–9.
- [17] Jensen MP, Karoly P, Braver S. The measurement of clinical pain intensity: a comparison of six methods. *Pain* 1986;27:117–26.
- [18] 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(7(Jul)):349–53.
- [19] Koller U, Willegger M, Windhager R, Wanivenhaus A, Trnka HJ, Schuh R. Plantar pressure characteristics in hallux valgus feet. *J Orthop Res* 2014;32(December (12)):1688–93.
- [20] Lee DN. 16 visuo-motor coordination in space–time. In: Stelmach GE, Requin J, editors. *Advances in psychology*, vol. 1. North-Holland; 1980. p. 281–95.
- [21] Mahadevan D, Lines S, Hepple S, Winson I, Harries W. Extended plantar limb (modified) chevron osteotomy versus scarf osteotomy for hallux valgus correction: a randomised controlled trial. *Foot Ankle Surg* 2016;22(2):109–13.
- [22] 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(3):425–7.
- [23] McCormack HM, Horne DJ, Sheather S. Clinical applications of visual analogue scales: a critical review. *Psychol Med* 1988;18:1007–19.
- [24] Menz HB, Morris ME. Clinical determinants of plantar forces and pressures during walking in older people. *Gait Posture* 2006;24(2):229–36.
- [25] Nix S, Smith M, Vicenzino B. Prevalence of hallux valgus in the general population: a systematic review and meta-analysis. *J Foot Ankle Res* 2010;3:21, <http://dx.doi.org/10.1186/1757-1146-3-21>.
- [26] Nyska M, Liberson A, McCabe C, Linge K, Klenerman L. Plantar foot pressure distribution in patients with hallux valgus treated by distal soft tissue procedure and proximal metatarsal osteotomy. *Foot Ankle Surg* 1998;4(1):35–41.
- [27] Plank M. The pattern of forefoot pressure distribution in hallux valgus. *Foot* 1995;5(1):8–14.
- [28] Rosário JL. A review of the utilization of baropodometry in postural assessment. *J Bodyw Mov Ther* 2014;18(2):215–9.
- [29] Sanchez-Rodriguez R, Martinez-Nova A, Escamilla-Martinez E, Pedrera-Zamorano JD. Can the Foot Posture Index or their individual criteria predict dynamic plantar pressures? *Gait Posture* 2012;36(3):591–5.
- [30] Saro C, Andrén B, Felländer-Tsai L. Plantar pressure distribution and pain after distal osteotomy for hallux valgus: a prospective study of 22 patients with 12-month follow-up. *Foot* 2007;17(2):84–92.
- [31] Schuh R, Hofstaetter SG, Adams Jr SB, Pichler F, Kristen KH, Trnka HJ. Rehabilitation after hallux valgus surgery: importance of physical therapy to restore weight bearing of the first ray during the stance phase. *Phys Ther* 2009 Sep;89(9):934–45.
- [32] 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(July (3)):344–9.
- [33] Wülker N, Mittag F. The treatment of hallux valgus. *Deutsc Arztebl Int* 2012;109(49):857–68, <http://dx.doi.org/10.3238/arztebl.2012.0857>.

9.8. ARTÍCULO CIENTÍFICO: PLANTAR PRESSURE IMPROVEMENT IN MODERATE HALLUX VALGUS WITH MODIFIED CHEVRON OSTEOTOMY: CLINICAL AND RADIOGRAPHIC OUTCOMES

Plantar pressure improvement in moderate hallux valgus with modified chevron osteotomy: Clinical and radiographic outcomes

Carmen Verdu-Roman^a, Javier Sanz-Reig^a, Enrique Martinez-Gimenez^a, Concepcion Carratala-Munuera^{b,*}, Adriana Lopez-Pineda^b, Jose A. Quesada^b, Vicente F. Gil-Guillen^b, Domingo Orozco-Beltran^b

^aFoot and Ankle Unit, Department of Orthopaedic Surgery, ClinicaHLA Vistahermosa, Alicante, Spain

^bFamily Medicine Chair, Department of Clinical Medicine, Miguel Hernandez University, San Juan de Alicante, Spain

ARTICLE INFO

Article history:

Received 2 October 2018
Received in revised form 12 February 2019
Accepted 15 February 2019
Available online xxx

Keywords:

Foot deformities
Hallux valgus
Surgery

ABSTRACT

Background: Hallux valgus (HV) is widely treated by Chevron osteotomy (CO); however, a modified CO may improve patient outcomes and recovery.

Methods: A prospective study was designed to analyze plantar pressure measurements and clinical and radiographic outcomes of a modified CO for HV. Recruitment was between February 2016 and February 2017. Inclusion criteria: diagnosis of moderate HV; an indication for surgical correction due to discomfort, pain or difficulty with shoe wear; and age over 18 years. Clinical and radiographic outcomes were evaluated using the American Orthopedic Foot and Ankle Society (AOFAS) guidelines and a visual analog scale (VAS).

Results: Forty-four patients met inclusion criteria. After surgery, the highest percentage in mean pressure was in the first and fifth metatarsal heads. At 12 months' follow-up, the AOFAS score improved, but differences in VAS scale were only significant at baseline.

Conclusions: Modified CO is a good option for people with HV, improving foot activity compared to preoperative levels while limiting the time needed for recovery.

© 2019 European Foot and Ankle Society. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

Baropodometry has been used for evaluating dynamic foot function in foot impairments like hallux valgus (HV) [1], which is associated with greater plantar pressures under the lesser metatarsals [2]. Several authors have evaluated preoperative and postoperative plantar pressures to better assess foot function in HV patients [3–7]. Kernozek et al. [4] and Saro et al. [5] assessed conventional Chevron osteotomy, but only Motta Costa et al. [6] have assessed modified Chevron osteotomy (CO). The primary aim of this study was to assess the relationship between clinical and radiographic parameters and the change in foot plantar pressures after modified CO for HV.

2. Material and methods

2.1. Study design

We used a prospective study design to analyze outcomes in HV patients who underwent a modified CO. The study took place from

January 2016 to April 2018. From a local hospital we recruited all patients that met the following inclusion criteria: diagnosis of moderate HV; an indication for surgical correction due to discomfort, pain or difficulty with shoe wear; and age over 18 years. We used Coughlin's criteria [8] to define moderate HV deformity as a hallux valgus angle (HVA) between 21° and 40°. The follow-up period was 12 months. Exclusion criteria were: concurrent forefoot deformities (stiff digital deformities, central metatarsalgia, Morton's neuroma or Tailor's bunion), fixed-foot deformities, underlying motor disorders, rheumatic disease, diabetes mellitus, previous foot or ankle surgery, trauma or infection history, or inability to step correctly on the pressure platform during measurement. The institutional review board approved the study, and written informed consent was given.

2.2. Surgical technique

All procedures were standardized and undertaken by one foot and ankle orthopedic surgeon, with patients under regional block and ankle tourniquet. Through a medial incision, the surgeon performed an extended plantar limb (modified) CO [9], using two 2.5 mm headless cannulated screws (Stryker, Mahwah, NJ, USA) to secure the osteotomy. To perform the extended plantar limb

* Corresponding author at: Miguel Hernandez University, Ctra. Nnal. 332 Alicante-Valencia s/n 03550 San Juan de Alicante, Spain.

E-mail address: atencion.primaria@umh.es (C. Carratala-Munuera).

(modified) CO, the plantar cut was made more horizontal than a traditional chevron osteotomy, and the dorsal cut was made more vertical and directed perpendicular to the second metatarsal in the axial plane [9]. In all patients, an Akin osteotomy of the proximal phalanx fixed with 8 × 26 mm staple (Stryker, Mahwah, NJ, USA) completed the correction of the HV [10]. Twelve participants also underwent a second toe arthrodesis.

2.3. Post-operative care

Post-operatively, soft dressings were applied, and an orthopedic shoe was fitted to allow immediate weight bearing. At four weeks, patients were instructed to discard the orthopedic shoe and to wear normal footwear as tolerated.

2.4. Plantar pressure measurements

An uninvolved podiatrist measured plantar pressure at baseline and at 6 and 12 months post-operatively. The measurement system was the RunTime (Diagnostic Support España S.L., Bormujos, Spain) platform with a total area of 130 × 45 cm, enclosing a 120 × 40 cm sensor area with 9600 sensors (2 sensors/cm²) operating at 200 Hz. The platform allowed a walking speed of 0.8 km/h–20 km/h and a maximum load of 130 kg. Participants were asked to walk barefoot on the platform at self-selected speed, looking at a fixed point at the front to avoid targeting [11]. When the patient felt comfortable, the 15-s period of data collection began.

We used FreeStep Software (Diagnostic Support España S.L., Bormujos, Spain) to analyze the data. The platform's software automatically divides the foot into 11 regions (Fig. 1): great toe

(T1), second to fifth toe (T2-5) first to fifth metatarsal head (MH1-5), medial and lateral midfoot (MMF, LMF) and medial and lateral rearfoot (MRF, LRF). For each plantar footprint and foot region, the software generates data for peak and mean pressure (KPa). We selected three footprints: the one in the middle of the trial along with the previous and the following step. We calculated the median of these three footprints for peak and mean pressure, as an appropriate and representative method of mean pressure values [12]. The walking speed (m/s) was also recorded by the software.

2.5. Clinical evaluation

An experienced and uninvolved orthopedic surgeon performed clinical evaluation at the three periods. Clinical outcomes were graded using the American Orthopedic Foot and Ankle Society (AOFAS) hallux metatarsophalangeal (MTP)-interphalangeal (IP) Scale [13], with results categorized as excellent (91–100 points), good (81–90 points), fair (71–80 points), and poor (70 points or less) [14]. Patients also self-reported pain using a 0–10 visual analog scale (VAS; 0=no pain, 10=most severe pain imaginable) [15].

2.6. Radiographic evaluation

Anteroposterior and lateral weightbearing radiographs were taken pre-operatively and at 6 months post-operatively in line with AOFAS Research Committee guidelines [8]. Radiographs were analyzed by an independent orthopedic physician blinded to data and results. Angles and lengths were digitally measured using DICOM (Digital Edition and Communication in Medicine) [16]. We measured hallux valgus angle (HVA), first-second intermetatarsal angle (IMA), distal metatarsal articular angle (DMAA), first metatarsal declination angle (DMA), and metatarsus primus elevatus (MPE). First and second metatarsal length, and first and second metatarsal relative length were also measured [17].

2.7. Secondary study variables

At the inclusion visit, the surgeon collected the following variables: age, sex, body mass index (BMI, kg/m²) and deformity type.

2.8. Statistical analysis

We conducted statistical analysis with IBM SPSS 18.0 software (IBM SPSS, Armonk, NY). We analyzed categorical variables with 2 × 2 tables and the chi-square test. For quantitative variables, we first assessed normality using the Kolmogorov–Smirnov test; for normally distributed variables, we compared means using the Student's t-test and analysis of variance, and for non-parametric variables, we employed the Mann–Whitney U test and Kruskal–Wallis test. We assessed correlation using the Pearson coefficient. A p value of less than 0.05 was considered statistically significant.

3. Results

Of the 55 patients who met our initial inclusion criteria, 11 were excluded (flatfoot: n = 5, diabetes: n = 3, varus knee: n = 2, previous ankle surgery: n = 1). Thus, our final sample was 44 participants, and there were no losses to follow-up. Thirty-five patients were women, and the mean age was 56.1 ± 12.7 years. On average, participants were overweight, with a mean of 25.9 ± 4.0 kg/m². All the digital deformities were located on the second toe, were flexible, and the second metatarsophalangeal articulation was not subluxed.

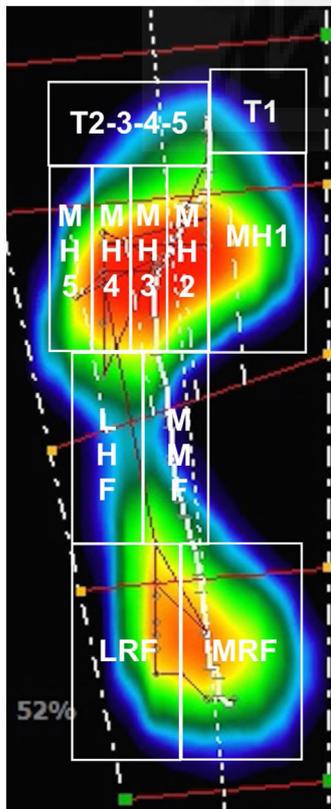


Fig. 1. Plantar pressure map regions: T1 (great toe), T2-3-4-5 (second to fifth toe), MH1 (first metatarsal head), MH2 (second metatarsal head), MH3 (third metatarsal head), MH4 (fourth metatarsal head), MH5 (fifth metatarsal head), MMF (medial midfoot), LMF (lateral midfoot), MRF (medial rearfoot), LRF (lateral rearfoot).

3.1. Plantar pressures

Table 1 shows peak and mean pressures at baseline and at 6 and 12 months post-operatively. Before surgery, peak and mean pressures were higher in all MH. Peak and mean pressures increased at 6 months in all foot regions, with significant differences in MH2-4, MMF and LMF. During the last 6 months, differences in peak pressure were significant in T1, MH1, and MH2, while for mean pressure they were significant in T1-5, MH4, and MH5. At 12 months' follow-up, there were significant differences for peak pressure in T2-5, MH2-5, MMF, LMF, and LRF (Table 1).

Pressures under metatarsal heads increased at 6 months and 12 months after surgery. However, the highest percentage increase was in mean pressure under MH1 (10.8%) and MH5 (12.4%), followed by MH2 (8.8%), MH3 (8.8%), and MH4 (6.4%). Mean walking speed increased from 0.75 ± 0.18 m/s to 0.79 ± 0.11 m/s at 6 months after surgery ($p=0.17$). At 12 months after surgery, mean walking speed was 0.86 ± 0.10 m/s. The difference between preoperative walking speed and 6-month walking speed was significant ($p < 0.001$). Additionally, we found no significant differences in preoperative and postoperative plantar pressures between patients who did ($n=12$) or did not ($n=32$) undergo a second toe arthrodesis.

3.2. Clinical outcomes

Mean AOFAS score improved from 54.9 ± 14.4 points (22–77) at baseline to 89.1 ± 9.3 points (65–100) at 6 months and 93.3 ± 9.9 points (70–100) at 12 months' follow-up. These differences were significant between the three periods ($p < 0.001$).

Preoperatively, there were 3 patients (6.8%) with an AOFAS score categorized as good. At 6 months after surgery, 20 patients (45.5%) had an excellent AOFAS score, while 33 (75%) did at 12 months. There was a significant negative correlation between preoperative AOFAS score and peak pressure in MH2 ($r = -0.319$, $p = 0.03$), and mean pressure in MMF ($r = -0.318$, $p = 0.03$). In addition, a significant positive correlation was found between 12-month AOFAS score and mean pressure in MRF ($r = 0.321$, $p = 0.03$).

Mean pain according to the VAS decreased from 6.6 ± 2.0 (1–10) at baseline to 1.3 ± 1.5 (0–7) at 12 months ($p < 0.001$). There was no significant correlation between preoperative VAS and peak or mean pressure in any foot region.

3.3. Radiographic parameters

Table 2 shows significant improvement from baseline to 6 months in HVA, IMA, and DMAA. There was no correlation between

preoperative HVA or IMA and peak or mean pressure in any foot region. Postoperative HVA angle showed a positive correlation with peak pressure under T2T5, MH3, MH4, and MRF; and with mean pressure under T2T5, MH3, MH4, MH5, and LRF. Postoperative IMA showed a positive correlation with peak pressure under T1, MH1, MH2, MH3, MH4, and LRF; and with mean pressure under T1, MH1, MH2, MRF, and LRF. In patients with higher postoperative IMA, peak and mean pressure under MH2 was higher. There was no correlation between first metatarsal length and peak or mean pressure in any foot region. After surgery, there was a positive correlation between first metatarsal length and peak or mean pressure under MH2, MH3, and MH4.

4. Discussion

The results of this study show an increase in peak and mean plantar pressure measurements in all regions, particularly under the first and fifth metatarsal heads after modified Chevron distal metatarsal osteotomy. The technique also resulted in an improved AOFAS score, reduced pain and corrected HV deformity.

Preoperatively, mean pressures were higher in the central metatarsal region. Some authors have described this accentuated loading as representative of the HV foot [2,4]. According to our findings, pressures under metatarsal heads increased at 6 months and 12 months after surgery, and the highest increase was in mean pressure under MH1 and MH5. This fact suggests that metatarsal head pressures progressed from the central to lateral and medial forefoot. The increased pressure under MH1 may be attributed to two factors: the change in metatarsal elevation with higher mean first metatarsal declination angle, and the major pronation of the forefoot that consequently occurs after HV correction. Previous studies have also reported changes in plantar pressures after Chevron distal metatarsal osteotomy. Bryant et al. [18] reported decreased pressure in the hallux, first and second metatarsal 24 months after surgery. Kernozek et al. [4] also observed a decrease in the hallux and first metatarsal, and an increase in the central forefoot at 12 months' follow-up. By contrast, King et al. [3] described a significant decrease in plantar pressure only in the hallux at 6 months, without an increase under metatarsal heads.

Motta Costa et al. [6] evaluated baropodometric characteristics after modified Chevron osteotomy and showed a reduction in pressure under the hallux and MH1, and an increase under the central and lateral metatarsals. They reported a transference from medial to lateral regions of the forefoot, albeit with a follow-up of only three months. With this short follow-up, pain or patients' fear of letting their weight rest on the operated foot led to varus and

Table 1
Peak and mean pressures at baseline and 6 and 12 months postoperatively in foot regions.

Foot region	Peak pressure						Mean pressure					
	BL (Kpa)	6M (Kpa)	p-value BL-6 M	12M (Kpa)	p-value 6-12M	p-value BL-12M	BL (Kpa)	6M (Kpa)	p-value BL-6M	12M (Kpa)	p-value 6-12M	p-value BL-12M
T1	720 (161)	713 (136)	0.76	784 (218)	0.02*	0.05	310 (82)	310 (70)	0.95	341 (81)	0.005*	0.008*
T2-5	630 (196)	656 (170)	0.28	690(187)	0.15	0.01*	299 (102)	306 (88)	0.47	330 (101)	0.03*	0.005*
MH1	840 (259)	854 (199)	0.71	904 (235)	0.03*	0.08	351 (92)	372 (91)	0.11	389 (103)	0.10	0.001*
MH2	968 (235)	1043 (164)	0.01*	1144 (197)	0.001*	0.001*	463 (88)	496 (95)	0.02*	504 (88)	0.38	0.001*
MH3	1003 (238)	1088 (206)	0.001*	1190 (253)	0.003*	0.001*	508 (82)	541 (81)	0.02*	553 (82)	0.21	0.001*
MH4	918 (254)	974 (229)	0.02*	1025 (251)	0.09	0.001*	452 (113)	459 (115)	0.44	481 (122)	0.02*	0.01*
MH5	670 (308)	687 (343)	0.70	774 (332)	0.95	0.006*	330 (105)	341 (110)	0.25	371 (106)	0.02*	0.001*
MMF	774 (163)	828 (131)	0.01*	849 (176)	0.30	0.005*	331 (65)	348 (60)	0.04*	360 (58)	0.14	0.001*
LMF	869 (207)	927 (155)	0.05	972 (186)	0.06	0.003*	401 (80)	422 (74)	0.005*	426 (79)	0.61	0.001*
MRF	814 (213)	851 (210)	0.11	849 (232)	0.93	0.11	389 (77)	406 (83)	0.10	421 (87)	0.09	0.001*
LRF	844 (174)	873 (129)	0.13	910 (166)	0.06	0.01	409 (112)	421 (115)	0.29	440 (114)	0.08	0.006*

All Kpa values expressed as mean (SD).

BL: baseline, M: month, T1: great toe, T2-3-4-5: second to fifth toe, MH1: first metatarsal head, MH2: second metatarsal head, MH3: third metatarsal head, MH4: fourth metatarsal head, MH5: fifth metatarsal head, MMF: medial midfoot, LMF: lateral midfoot, MRF: medial rearfoot, LRF: lateral rearfoot (LRF).

* $p < 0.05$.

Table 2
Radiographic parameters for modified Chevron osteotomy.

	Baseline	6 months	p-value
HVA ^o	29.6 (7.4)	16.4 (5.6)	0.001 [†]
IMA ^o	13.1 (3.6)	8.8 (1.9)	0.001 [†]
DMAA ^o	11.2 (4.4)	8.3 (4.3)	0.002 [†]
M1 (cm)	6.5 (0.5)	6.0 (0.6)	0.001 [†]
M2 (cm)	7.7 (0.8)	7.7 (0.8)	1
M1-M2 (mm)	2.0 (2.0)	4.9 (3.6)	0.001 [†]
MDA ^o	21.4 (3.3)	23.1 (3.1)	0.240
MPE (mm)	4.8 (1.8)	4.5 (2.0)	0.001 [†]

Values expressed as mean (SD).

HVA: hallux valgus angle, IMA: first-second intermetatarsal angle, DMAA: distal metatarsal articular angle, M1: first metatarsal length, M2: second metatarsal length, M1-M2: first and second metatarsal relative length, MDA: first metatarsal declination angle, MPE: metatarsus primus elevates.

[†] p < 0.05.

supination during gait [6]. In our patients, the clinical improvement and increase in mean walking speed during follow-up suggested better foot activity level. This could explain the differences with our results.

In relation to clinical evaluation, our study showed a significant improvement in AOFAS and in the VAS pain score at 12 months' follow-up. Mahadevan et al. indicated significant improvement [9], and Motta et al. reported a significant increase in the AOFAS score, from 50 to 80 points at three months' follow-up [6].

Few studies [4,19] have examined the relationship between plantar pressures and pain in HV patients. In our study, there was a significant correlation between preoperative AOFAS score and peak pressure only in the MH2. Keijsers et al. [19] studied 297 patients, reporting a small pressure difference between those with and without pain. This result may suggest that forefoot pain is related to other factors such as fat pad thickness or pain tolerance. Thus, it is hard to use pressure values to discriminate between people with and without forefoot pain.

Radiographic parameters improved significantly in our study. The plantar displacement of the first metatarsal head by the osteotomy resulted in a significant change in metatarsal elevation. The mean first metatarsal declination angle was also higher after surgery, but not to a statistically significant level. Concerning the changes in metatarsal length, when the surgery was performed the M1-M2 angle decreased, and the MH1 approximated the MH2 value, decreasing the difference in length between M1 and M2. Therefore, despite the 5 mm shortening of the first metatarsal, the relative metatarsal length was 2.9 mm. There was a similar mean reduction to those reported by Mahadevan et al. [9] (18° in HVA, 9.4° in IMA, an 8° in DMAA), and by Motta et al. [6] (16.4° in HVA and 6.7° in IMA). The variable magnitude of correction could be because participants in other studies had different degrees of deformity.

Our study has some limitations: the short follow-up period, the absence of a control group, and the influence of performing a proximal phalanx osteotomy and lateral release in all patients on the degree of correction achieved. However, this was a prospective study with well-established criteria and aims, and a single foot and ankle surgeon performed all surgeries. In addition, we performed an Akin osteotomy in every case as a surgical technique to complete the HV correction. Although we did not observe overcorrection in any patient, the Akin osteotomy could have affected the pressure profile under T1. Other studies did not regularly perform Akin osteotomy in their patients.

5. Conclusion

Modified CO resulted in clinical and radiological improvement. Metatarsal mean pressures increased in all regions, particularly

under the first and fifth metatarsal head. This fact suggests that pressures under metatarsal heads progressed from the central to medial and lateral metatarsal areas. The results of this study show that modified CO significantly alters foot biomechanics and that this change is associated with reduced pain and improved foot activity.

Conflicts of interest

All authors declare that not financial and/or personal relationships with other people or organizations (like employment, consultancies, stock ownership, honoraria, paid expert testimony, patent applications/registrations, and grants or other funding) could inappropriately influence (bias) our work, results and/or conclusions.

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

The data that have been used are confidential.

References

- [1] Nix SE, Vicenzino BT, Collins NJ, Smith MD. Gait parameters associated with hallux valgus: a systematic review. *J Foot Ankle Res* 2013;6:9.
- [2] Martínez-Nova A, Sánchez-Rodríguez R, Pérez-Soriano P, Llana-Belloch S, Leal-Muro A, Pedera-Zamorano JD. Plantar pressures determinants in mild hallux valgus. *Gait Posture* 2010;32:425-7.
- [3] King CM, Hamilton GA, Ford LA. Effects of the Lapidus Arthrodesis and Chevron Bunionectomy on plantar forefoot pressures. *J Foot Ankle Surg* 2014;53:415-9.
- [4] Kernozek TW, Sterriker SA. Chevron (Austin) distal metatarsal osteotomy for hallux valgus: comparison of pre- and post-surgical characteristics. *Foot Ankle Int* 2002;23:503-8, doi:http://dx.doi.org/10.1177/107110070202300606.
- [5] Saro C, Andrén B, Felländer-Tsai L, Lindgren U, Arndt A. Plantar pressure distribution and pain after distal osteotomy for hallux valgus. A prospective study of 22 patients with 12-month follow-up. *Foot* 2007;2:84-93, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.foot.2006.11.002.
- [6] Motta Costa J, Ávila AO, Kleinowski DN, Kroth LM, Contreras ME. Modified chevron osteotomy: preliminary analysis of baropodometric behavior. *Acta Ortop Bras* 2010;18:191-6, doi:http://dx.doi.org/10.1590/S1413-78522010000400003.
- [7] Jones S, Al Hussainy HA, Ali F, Betts RP, Flowers MJ. Scarf osteotomy for hallux valgus. A prospective clinical and pedobarographic study. *J Bone Joint Surg Br* 2004;86:830-6.
- [8] Coughlin MJ, Jones CP. Hallux valgus: demographics, etiology, and radiographic assessment. *Foot Ankle Int* 2007;28:759-77, doi:http://dx.doi.org/10.3113/FAI.2007.0759.
- [9] Mahadevan D, Lines S, Hepple S, Winson I, Harries W. Extended plantar limb (modified) chevron osteotomy versus scarf osteotomy for hallux valgus correction: a randomised controlled trial. *Foot Ankle Surg* 2016;22:109-13.
- [10] Douthett SM, Plaskey NK, Fallat LM, Kish J. Retrospective analysis of the akin osteotomy. *J Foot Ankle Surg* 2018;57:38-43, doi:http://dx.doi.org/10.1053/j.jfas.2017.06.026.
- [11] Lee DN. 16 Visuo-Motor Coordination in Space-Time. In: Stelmach George E, Requin Jean, editors. *Advances in psychology/Tutorials in Motor Behavior* 1980;1: p. 281-95 North-Holland.
- [12] Gurney JK, Kersting UG, Rosenbaum D. Between-day reliability of repeated plantar pressure distribution measurements in a normal population. *Gait Posture* 2008;27:706-9, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.07.002.
- [13] Kitaoka HB, Alexander JJ, 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, doi:http://dx.doi.org/10.1177/107110079401500701.
- [14] Ceccarelli F, Calderazzi F, Pedrazzi G. Is there a relation between AOFAS ankle hindfoot score and SF-36 in evaluation of Achilles ruptures treated by percutaneous technique? *J Foot Ankle Surg* 2014;53:16-21, doi:http://dx.doi.org/10.1053/j.jfas.2013.09.005.
- [15] McCormack HM, Horne DJ, Sheather S. Clinical applications of visual analogue scales: a critical review. *Psychol Med* 1988;18:1007-19.
- [16] Coughlin MJ, Saltzman CL, Nunley II JA. Angular measurements in the evaluation of hallux valgus: a report of the ad hoc committee of the American Orthopedic Foot and Ankle Society on angular measurements. *Foot Ankle Int* 2002;23:68-74, doi:http://dx.doi.org/10.1177/107110070202300114.
- [17] Hardy RH, Clapham JC. Observations on hallux valgus; based on a controlled series. *J Bone Joint Surg Br* 1951;33:376-91.
- [18] Bryant AR, Tinley P, Cole JH. Plantar pressure and radiographic changes to the forefoot after the Austin bunionectomy. *J Am Podiatr Med Assoc* 2005;95:357-65.
- [19] Keijsers NL, Stolwijk NM, Louwerens JW, Duysens J. Classification of forefoot pain based on plantar pressure measurements. *Clin Biomech* 2013;28:350-6, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2013.01.012.