

SPECIAL COMMUNICATION

Plantar pressures of the most common feet pathologies

Presiones plantares de las patologías más frecuentes en el pie

Pilar Bernal Jiménez ¹, Gabriel Domínguez Maldonado ².

¹ Departamento de Podología. Universidad de Sevilla, Sevilla, España.

*Correspondencia: Pilar Bernal Jiménez. Departamento de Podología. Universidad de Sevilla, Sevilla, España. Tlf: 685287679. Email: pili.bj@hotmail.es

Abstract

Objectives: To know the scientific evidence of the plantar pressure values set as "normal", and the amendments thereto in the most common diseases of the foot. The study of plantar pressures will take additional exploration, and will assist in the diagnosis of various diseases.

Material and Method: Narrative review conducted through 76 references (8 books, 55 scientific articles, one dissertation and 3 websites.). Using keywords such as pressure plantar, cavus foot, flatfoot, claw toe ... etc, in different databases, PubMed being the most used.

Results: plantar pressure data reflect the architecture of the foot, so as a rule, Cavus Foot has increased pressure on the forefoot by upright metatarsal, while the flat foot has higher pressure peaks in the midfoot flattening of the arch. Conditions of the metatarsal and digital deformities reflect higher pressure in the metatarsal area by overloading which are under the metatarsal. Pressures in the asymmetries reflect changes according to long leg and short leg, earning higher long leg plantar pressures in the forefoot.

Conclusions: The results obtained confirm that the study of plantar pressures we will assist in diagnosis and treatment effective as each condition shows significant differences from the normal foot plantar pressure.

Key Words: Flatfoot, metatarsalgia, foot deformities.

Resumen

Objetivos: Conocer la evidencia científica de los valores de presión plantar establecidos como "normales", así como la modificación de éstas en las patologías más frecuentes del pie. El estudio de las presiones plantares se realizará complementario a la exploración, y servirá de ayuda para el diagnóstico de diversas patologías.

Material y Métodos: Revisión narrativa realizada a través de 76 referencias (8 libros, 55 artículos científicos, 1 tesis doctoral y 3 páginas de internet.). Usando palabras clave como pressure plantar, cavus foot, flatfoot, claw toe... etc, en distintas bases de datos, siendo PubMed la más usada.

Resultados: Los datos de presiones plantares reflejan la arquitectura del pie, por lo que, por regla general, el pie cavo posee mayores presiones en antepié por la verticalización de los metatarsianos, mientras que el pie plano tiene mayores picos de presión en mediopié por el aplanamiento del arco. Las afecciones del metatarso y las deformidades digitales reflejan mayor presión en la zona metatarsal por la sobrecarga a la que los metatarsianos se encuentran sometidos. Las presiones en las disimetrías reflejan variaciones según la pierna larga y la pierna corta, obteniendo mayores presiones plantares la pierna larga en el antepié.

Conclusiones: Los resultados obtenidos confirman que al realizar el estudio de presiones plantares nos servirá de ayuda para realizar un diagnóstico y tratamiento eficaz, ya que cada patología muestra diferencias significativas respecto a la presión plantar del pie normal.

Palabras Clave: Pie plano, metatarsalgia, deformidades del pie.

Recibido: 12 Mar 2016; Aceptado: 29 Jun 2016.

Conflictos de interés

Ninguno declarado.

Fuentes de Financiación

Ninguno Declarado.

Introducción

La conexión de la marcha humana con el uso de distintos tipos de calzado, ha forzado al pie a soportar unas presiones sistemáticas, a sostener unas tracciones laterales específicas y a limitar las posibilidades flexoras y extensoras, las cuales han llevado a la aparición de distintas patologías del pie(1).

Para valorar dichas patologías del pie, entre otros medios exploratorios, podemos usar un podoscopio de cristal con luz incorporada, el cual permite visualizar los apoyos plantares (sin capacidad de registrarlos) y la silueta del pie. Al tratarse de un cristal transparente, en el cual se visualiza la imagen por el reflejo que se produce en un espejo al actuar la carga sobre él, existen diversos factores físicos que disminuyen su fiabilidad y la calidad de este método diagnóstico, tales como: la variación de la intensidad de la luz, el grado de humedad o sudoración del pie, estructura orgánica del pie, tejidos cutáneos, etc (1). Es por ello, que surge la necesidad de disponer de sistemas de valoración, algo más objetivos, los cuales permitan evaluar el comportamiento del pie, cuál es su mapa de cargas y el porqué de las mismas (2).

El estudio de las presiones plantares durante la marcha, en posición de equilibrio dinámico o bipedestación, puede efectuarse con equipos que permiten una cuantificación de las cargas de forma rápida y sencilla(3). La distribución de las presiones plantares son útiles para el diagnóstico de patologías del pie, tales como afecciones del metatarso, neuropatías diabéticas, deformidades digitales, etc(4). Para ello se comparan los valores de referencia con las presiones de aquellos sujetos con patología y podremos comprender la fisiopatología de dichas alteraciones y deformidades(5).

La clasificación del tipo de pie a través de este estudio es automática(6); por ejemplo, los sujetos con pie cavo tienen una superficie de presiones de soporte del peso del pie significativamente menor que en el pie normal, así como un aumento de la carga en el antepié(7).

El avance de la tecnología informática ha permitido la elaboración de sistemas que permiten observar las presiones plantares con el paciente calzado, lo que permite evaluar si el calzado es adecuado para el paciente(5), y además, la elaboración de tratamientos ortésicos correctos(2), la evaluación de las mismas y su seguimiento(4), la evaluación funcional del pie prequirúrgico y postquirúrgico(5), así como evaluar otros tratamientos como vendajes funcionales(8) y protésicos(4) entre otros.

Objetivos

Para valorar dichas patologías del pie, entre otros medios exploratorios, podemos usar un podoscopio de cristal con luz incorporada, el cual permite visualizar los apoyos plantares (sin capacidad de registrarlos) y la silueta del pie⁽¹⁾. Actualmente existen sistemas de valoración más objetivos, los cuales permitan evaluar el comportamiento del pie, cuál es su mapa de cargas y el porqué de las mismas⁽²⁾.

“La baropodometría es el estudio de la distribución de las presiones plantares a través de una plataforma de registro electrónico y estudia la interacción del pie con el suelo en la fase de apoyo(9).” El análisis baropodométrico permite conocer la distribución de las presiones en cada zona de la planta del pie(10). Estudia las cargas ejercidas por centímetro cuadrado (presión) en la superficie de apoyo(11), las cuales se manifiestan en el sistema informático con 16 escalas colorimétricas. Estos colores representan desde la mínima hasta la máxima presión plantar(12), como se representa en la Figura 1.



Fig 1. Presiones plantares obtenidas por el sistema CBS-SCAN-GRAF

La distribución de las presiones plantares son útiles para el diagnóstico de patologías del pie, tales como afecciones del metatarso, neuropatías diabéticas, deformidades digitales, etc(4). Para ello se comparan los valores de referencia con las presiones de aquellos sujetos con patología y podremos comprender la fisiopatología de dichas alteraciones y deformidades(5).

La clasificación del tipo de pie a través de este estudio es automática(6), por ejemplo, los sujetos con pie cavo tienen una superficie de presiones de soporte del peso del pie significativamente menor que en el pie normal, así como un aumento de la carga en el antepié(7).

El avance de la tecnología informática ha permitido la elaboración de sistemas que permiten observar las presiones plantares con el paciente calzado, lo que permite evaluar si el calzado es adecuado para el paciente(5), y además, la elaboración de tratamientos ortésicos correctos(2), la evaluación de las mismas y su seguimiento(4), la evaluación funcional del pie prequirúrgico y postquirúrgico(5), así como evaluar otros tratamientos como vendajes funcionales(8) y prótesis(4) entre otros.

Los objetivos de este trabajo son conocer las diferencias en el esquema de presiones plantares y huella de contacto en las patologías más frecuentes como pie plano, pie cavo, afecciones metatarsales, deformidades digitales y disimetrías de la extremidad inferior.

Material y Métodos

Para la realización del trabajo, se han consultado 8 libros, 55 artículos científicos, 1 tesis doctoral y 3 páginas de internet.

En cuanto a la búsqueda de artículos de revista, se han utilizado una serie de bases de datos, tales como PubMed, Science Direct, Dialnet y Google académico. Aquellos que no estaban disponibles en estas bases de datos, se consultaban en el catálogo FAMA. Los criterios de inclusión principalmente fueron los artículos escritos entre 2000 y 2015 que realizaran estudios de las presiones plantares o recogieran algún dato sobre ellas. Sin embargo, al ser unos datos que se han ido contemplando a lo largo del tiempo, tuvimos que utilizar algunos artículos más antiguos para ver si existe diferencia con los que actualmente se realizan. Además, también hay información descrita en años anteriores a éstos, tales como algunos sistemas de medición de presiones, por lo que también se incluyeron en el trabajo.

Como criterio de exclusión, se tuvo en cuenta aquellos estudios que trataran alguna otra patología que en dicho artículo no se contempla, y aquellos otros estudios que fueran destinados únicamente al uso de presiones plantares para comprobar la eficacia del tratamiento, ya que enfocamos el artículo al diagnóstico de las patologías más frecuentes.

Para el comienzo de la búsqueda, se introdujo en las bases de datos el término *pressure plantar*. Las patologías que aparecieron con más frecuencia en dicha búsqueda, las consideramos de verdadera importancia en cuanto al cambio de presiones plantares respecto al patrón normal, por lo que fueron las que se incluyeron en la revisión.

Los términos que se utilizaron para la realización de la búsqueda se muestran en la siguiente tabla (Tabla 1).

Tabla 1. Términos de búsqueda

PALABRAS CLAVE	ARTÍCULOS DISPONIBLES	ARTÍCULOS USADOS
Pressure plantar	2296	18
Presión/es plantar/es	465	8
Análisis plantar	189	3
Huella plantar	115	1
Pie cavo	39	1
Pressure plantar AND cavus foot	29	4
Pressure plantar AND flatfoot	45	3
Metatarsalgias	46	1
Pressure plantar AND metatarsalgia	44	5
Pressure plantar AND claw toe	18	3
Deformidades digitales	60	2
Disimetrías	27	2
Pressure plantar AND asymmetry	28	4

Las páginas de internet utilizadas, fueron buscadas a propósito para la información específica de algunas marcas comerciales, como por ejemplo Herbitas®.

Resultados

1.1 Presiones plantares en el pie cavo

En cuanto a las presiones plantares propias del pie cavo, Crosbie et al(13) describieron en su estudio con 16 pacientes todos con pie cavo, que la presión, los picos de presión, el tiempo de presión total y la duración de contacto en antepié, fueron significativamente mayor que en el retropié o en la parte media del pie; que estos cuatro parámetros fueron siempre mayor en la parte trasera del pie que en el mediopié, pero sólo con diferencia significativa en el pico de presión, y que la duración del contacto fue significativamente menor en retropié y mediopié, respecto al contacto total del pie. A continuación, se observa un esquema de los datos más representativos de las presiones del pie cavo (Fig. 2) y una imagen representativa de las presiones típicas de pie cavo (Fig. 3)

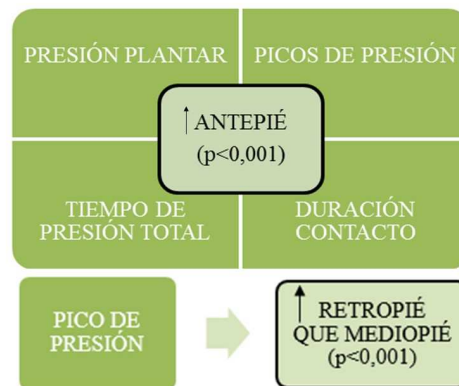


Figura 2. Presiones plantares características en el pie cavo

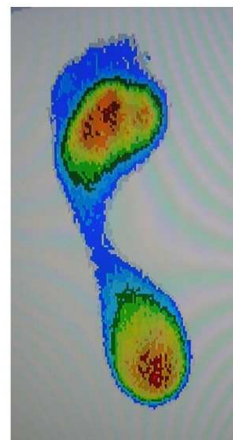


Figura 3. Presiones plantares del pie cavo

En relación a las presiones plantares del pie cavo comparadas con el pie normal, existen varios estudios que muestran la diferencia(7,14,15).

Fernández-Seguín et al(7) compararon las presiones plantares del pie cavo con las del pie normal con una muestra de 34 pacientes por grupo. Como resultado, obtuvieron que el pie normal tiene una mayor área de contacto total ($p<0,001$), mayor presión bajo el primer dedo ($p<0,001$) y bajo todos los dedos ($p<0,05$). En cambio, el pie cavo tuvo presiones superiores en el apoyo metatarsal, diferenciando la presión del primer metatarsiano ($p<0,001$), y la presión de 2º, 3º y 4º metatarsiano ($p<0,05$).

Sin embargo, Periyasamy y Anand(15) realizaron un estudio comparativo de presiones plantares en el pie normal, pie cavo y pie plano, en el cual no obtuvieron ningún dato significativo, ya que $p > 0,05$ en todas las zonas del pie. Por lo que la presión de antepié que se supone debe ser mayor en el pie cavo, dichos autores no la contemplan.

Burns et al(14) realizaron un estudio comparativo de pie cavo neuropático, pie cavo idiopático y normal. El objetivo fue explorar el dolor y las presiones plantares en el pie cavo, y observar la relación existente entre ambos:

- Área de contacto: aumento de presión significativa ($p < 0,05$) en el mediopié del pie normal respecto al mediopié del pie cavo idiopático.
- Pico de presión: aumento de presión significativa en el retropié del pie cavo idiopático, respecto al retropié del pie normal. Aumento de presión significativa en el retropié del pie cavo idiopático, respecto al pie cavo neuropático.
- Tiempo de presión total: mayor tanto en pie cavo idiopático y pie cavo neuropático en las zonas de retropié, antepié y contacto total del pie. Mayor en mediopié en el pie cavo neuropático que en el pie normal y que el cavo idiopático

A continuación, se observa una tabla (Tabla 2) que recoge la información primordial que cada estudio señala con los valores medios de presión obtenidos.

Tabla 2. Comparativa de los resultados obtenidos en los estudios de presiones plantares del pie cavo comparado con el pie normal.

	<i>Fernández-Segúin et al</i>	<i>Periyasamy y Anand</i>	<i>Burns et al</i>
Área de contacto total	Pie normal* 165,04 kPa Pie cavo 118,26 kPa		Pie normal 125,8 cm ² Pie cavo 116,9 cm ²
Antepié	Pie cavo** 728,69 kPa Pie normal 631,36 kPa	Pie cavo 17,9 Pie normal 17,6	Pie cavo idiopático 69,8 N/cm ² Pie normal 60,8 N/cm ²
Mediopié	Pie cavo 34,08 kPa Pie normal 28,62 kPa	Pie normal 15,2 Pie cavo 14,5	Pie cavo neuropático 16,5 N/cm ² Pie normal 9,1 N/cm ²
Retropié	Pie cavo 300,45 kPa Pie normal 270,13 kPa	Pie cavo 16,9 Pie normal 16,1	Pie cavo idiopático** 45,4 N/cm ² Pie normal 40,7 N/cm ²

* Diferencia significativa ($p < 0,001$) ** Diferencia significativa ($p < 0,05$)

En el pie cavo la elevación del arco longitudinal medial reduce el área de superficie de contacto y por lo tanto aumenta las mediciones de la presión plantar. Esta mala distribución de cargas puede producir patología y dolor asociado en esta u otras áreas del cuerpo(7).

Se ha demostrado que existe una menor área de contacto por diversas deformidades, ya que son pies más rígidos y con menor capacidad de absorción del impacto. Sin embargo, esta reducción de contacto total del pie cavo, no implica un reparto de presión por todas las zonas, sino un aumento significativo solo en la parte anterior del pie(7).

En el pie cavo idiopático se esperan mayores presiones en antepié y retropié (lo que es un factor de riesgo para lesiones de sobrecarga en la extremidad inferior), y menos presiones en mediopié(7,13).

Sin embargo, el pie cavo neuropático, no sigue esa tipología(13), el desequilibrio muscular provocado por la lesión neurológica, origina la deformidad propia del pie cavo(16). El pie se invierte por el desequilibrio muscular en el tobillo, con afectación del músculo tibial anterior y peroneo lateral corto fundamentalmente, y tibial posterior y peroneo lateral largo secundariamente.

Esto crea una apófisis estiloides prominente que transfiere el peso a la zona lateral del mediopié, haciendo que el contacto con el suelo se realice con la parte delantera del pie, ya sea antes de contactar el talón o de forma simultánea(13). Es el tipo de pie cavo más frecuente, y diversas afecciones neurológicas como la enfermedad de Charcot-Marie-Tooth pueden ocasionarlo(13,16).

No hay evidencia clara en la literatura que demuestre el aumento significativo de presión en el antepié, pero hay hipótesis de que la verticalidad de los metatarsianos produce una mayor presión en la zona delantera del pie, sobre todo en el 1º metatarsiano(7).

El desequilibrio de estabilizadores internos como el musculo extensor largo de los dedos respecto al músculo flexor, causan deformidades digitales que pueden producir una disminución de la presión en esta zona(7).

El aumento del tiempo de contacto total en el pie cavo, puede ser el causante del aumento del pico de presión en la zona de antepié y retropié, lo que puede ser una compensación por la falta de soporte de carga por debajo de la parte media del pie. Al mismo tiempo, este aumento en el tiempo de contacto puede ser debido a la debilidad de las extremidades inferiores, que altera la dinámica normal del pie durante la marcha(14).

Burns et al(14), señalaron en su estudio que los valores que se obtienen del tiempo integral de presión, es el mejor indicador para mostrar las características del pie cavo, mejor incluso que cualquier parámetro individual. Esto es así, ya que los datos obtenidos dependen por igual de la presión que ejerce el pie y el tiempo durante el que lo realiza.

1.2 Presiones plantares en el pie plano

Imhauser et al(17) realizaron un estudio con 5 miembros inferiores amputados a nivel del tercio proximal de la tibia, y a través de un sistema de carga vertical pudo medir las presiones plantares con la plataforma EMED®. Aplico una fuerza determinada a cada tendón y al estar relacionado la insuficiencia del tibial posterior con el pie plano, observaron los cambios que se producían cuando dicho tendón era débil. La presión aumenta en la zona media del antepié, en la zona del primer metatarsiano, tanto en el pie normal como en el pie plano. El aumento de presión en el pie plano de la zona que acabamos de mencionar es significativamente mayor cuando el tendón del tibial posterior no realiza su función.

Pauk et al(18) y Periyamasy y Anand(15) coincidieron en las presiones obtenidas en el estudio que realizaron, comparando las presiones del pie normal con las del pie plano. Ambos indicaron un aumento de presión en la zona del mediopié: Pauk et al(18) dividieron el pie en cinco zonas y obtuvieron un aumento de presión significativo del pie plano sobre el arco longitudinal interno, siendo mayor la presión en cualquier otra zona en el pie normal. Periyamasy y Anand(15) dividieron el pie en tres zonas (antepié, retropié y mediopié) y concluyeron demostrando que la única zona que tiene un aumento de presión plantar significativamente mayor ($p<0,05$) en el pie plano es el mediopié.

Otro estudio sin embargo, realizado por Ledoux y Hillstrom(19), concluyeron como único dato significativo, el aumento de presión en la zona del talón con respecto al pie normal ($p<0,05$).

En la siguiente imagen podemos ver como aumenta la presión en el primer metatarsiano, la superficie de apoyo en el mediopié, así como la sobrecarga del talón en el pie plano (*Fig. 4*)

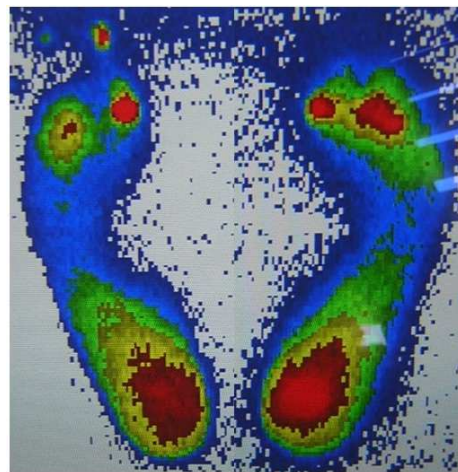


Figura 4. Presiones plantares del pie plano

A continuación, se observa una tabla a modo de resumen (*Tabla 3*), que recoge la información primordial que cada estudio señala en comparación con el pie normal.

Tabla 3. Diferencias significativas obtenidas en la revisión de las presiones plantares del pie plano respecto al pie normal

<i>Imhauser et al</i>	<i>Pauk et al</i>	<i>Periyamasy R et al.</i>	<i>Ledoux y Hillstrom</i>
Aumento de presión en el primer mtt	Aumento de presión en la zona del arco longitudinal interno	Aumento de presión en la zona de mediopié.	Aumento de presión en la zona del talón.

Mtt, metatarsiano

En relación al pie cavo y al pie plano, hay estudios que comparan las presiones plantares de estas dos tipologías de pie entre sí, a parte de la comparativa mencionada anteriormente con el pie normal(15,18).

Periyamasy y Anand(15), determinaron que existe diferencia de presiones significativamente mayores ($p < 0,05$) en el mediopié del pie plano en relación con el pie cavo. El pie cavo, sin embargo, tiene mayor presión en el antepié, aunque la diferencia existente no es representativa.

Pauk et al(18) describieron en su estudio una mayor distribución de la presión en la zona media del pie plano, mientras que el tiempo de contacto en el pie cavo era mayor en las zonas de retropié y antepié.

El mantenimiento de la bóveda plantar viene determinado por una serie de ligamentos y músculos. Cualquier situación capaz de desequilibrar este funcionamiento, puede permitir que la estructura ósea no consolide en la posición correcta, si hablamos de la época de crecimiento, o bien, que se inicie el derrumbamiento una vez que ya esté formada. Produciéndose así, la deformidad de pie plano(16).

Tras revisar estudios de la importancia del tendón tibial posterior, obtenemos que éste tiene dos funciones en la marcha: desplazar el centro de presiones hacia la parte delantera del pie, y controlar la fuerza que hace que todo el peso se desplace hacia medial. Al existir la deformidad de pie plano, el tibial posterior no es capaz de soportar la fuerza hacia medial, por lo que el arco caerá y la disfunción del tendón irá en progreso. Esto también explica, el aumento de presión que recibe el 1º metatarsiano al existir pie plano(17).

Esto señala que los ligamentos que también se encargan de sostener la zona medial a la hora del choque de talón, no son suficientes por si solos de controlar dicha fuerza cuando el tibial posterior está dañado. Las fuerzas anormales que actúan sobre la cara medial del pie junto con la presión que actúa en la parte media, pueden ser los factores mecánicos subyacentes que causan el desgaste de los ligamentos, lo que conduce a una deformidad del pie plano adquirido cuando el tendón del tibial posterior se ve comprometido(17).

En lo referente a las presiones plantares del pie plano, ya se ha comentado el posible aumento de presión bajo el 1º metatarsiano(17), pero lo más característico que posee esta tipología de pie es el aumento de la superficie de contacto. Existe una relación positiva entre el índice de arco y la distribución de las presiones plantares en la parte media del pie, por lo que aumentan los valores de presión en la zona media del pie al estar en estática y como consecuencia el área total de apoyo(15).

La supuesta disminución de presión plantar en la zona delantera del pie plano, predispone al 5º metatarsiano a un menor riesgo de sufrir fracturas de estrés, en comparación con los pies normales. Por el contrario, las posibilidades de sufrir colapso medial será mayor en el pie plano al tener el arco longitudinal interno descendido(15).

Los datos obtenidos en la revisión de un aumento de presión bajo el 1º metatarsiano(17), y una disminución de presión en la zona delantera del pie y con ello menos probabilidad de fractura de estrés del 5º metatarsiano(15), no coinciden con la literatura, ya que el derrumbamiento de la bóveda plantar, se acompaña entre otras cosas de una supinación de antepié, por lo que la presión bajo la cabeza del 5º metatarsiano debería ser alta(16).

El aumento de presión bajo la zona del talón propuesto en el estudio de Ledoux y Hillstrom(19), puede explicarse por la alteración biomecánica propia del pie plano: la pérdida de ventaja mecánica del peroneo lateral largo, y la hipermovilidad del 1º radio. Además, el pie plano se acompaña de valgo de talón, con angulaciones de hasta 20º o más.

1.3 Presiones plantares en afecciones de la región metatarsal

Para el estudio de las presiones plantares en pacientes con afecciones del metatarso, se debe tener en cuenta que normalmente, los sujetos sanos suelen tener presiones plantares mayores en la columna central (2ª y 3ª cuña, 2º y 3º metatarsiano y falanges del 2º y 3º dedo) que en cualquier otra zona del pie, como se indicó en el estudio de Kanatli et al(20).

Aun siendo esto así, los pacientes con metatarsalgia aumentan significativamente la presión plantar en la zona del antepié, tal y como demostraron Waldecker(21) y Keijsers et al(22) en sus estudios. Éste último(22), demostró que la zona de aumento de presión era específicamente en la zona de 2º, 3º y 4º metatarsianos, tal y como se muestra en la siguiente imagen (Fig. 5)

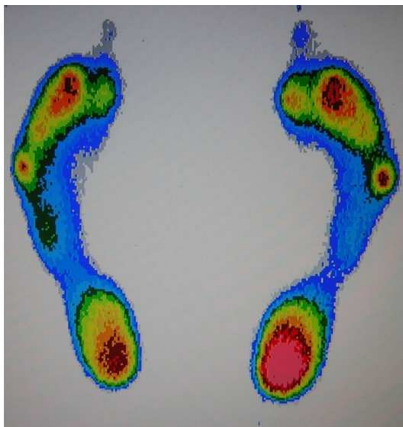


Figura 5. Presión plantar en paciente con metatarsalgia

Una de las principales causas que crea dolor metatarsal es la falta de almohadillado plantar, por lo que Kang et al(23) demostraron como el aumento significativo de presión plantar en esa zona en pacientes con este síntoma, disminuye al colocar un almohadillado plantar añadido.

Ko et al(24) concluyeron su estudio, demostrando que el aumento en la altura del talón, crea un aumento significativo en las presiones plantares en el antepié, por lo que el uso de tacón será un factor de riesgo que favorece la aparición de dicho síndrome.

Conocer los patrones normales de distribución de la presión plantar en las cabezas de los metatarsianos sería beneficioso para la evaluación de las metatarsalgias y otras afecciones de los pies(20). La mayoría de estudios indican que la mayor zona de presión se realiza bajo las cabezas metatarsales de 2º y 3º metatarsiano(10), tal y como Kanatli et al(20) concluyeron en su estudio.

Las deformidades del antepié son factores subyacentes del aumento de presión plantar, por lo que si existe aumento de presión bajo la zona metatarsal podría ser por dicha deformidad más que por el dolor de antepié. Aun así, muchas personas sin dichas deformidades, también sufren metatarsalgias y con ésta, mayores presiones en la parte delantera del pie(22).

El aumento de presión bajo los metatarsianos en el caso de sufrir metatarsalgia, se explica por la alta carga repetitiva bajo el metatarsiano que causa dolor. La diferencia de presión entre individuos sanos e individuos con metatarsalgias confirma dicha teoría, pero cabe decir que la diferencia no era muy grande. Por ello, para sujetos con dolor en la zona metatarsal, sería recomendable contemplar factores como el grosor del almohadillado plantar, antes que altos picos de presión en dicha zona(22).

Siguiendo la teoría de la falta de almohadillado, se ha demostrado que colocando una almohadilla metatarsal, los picos de presión bajo las cabezas de los metatarsianos se reducen en un 28 %. Hay estudios que obtuvieron datos contradictorios, posiblemente por variaciones anatómicas y biomecánicas de cada persona. Por ello, este material debe colocarse individualmente, siguiendo las mediciones de presiones plantares, ya que suponen un avance para saber la localización exacta donde deben ir estas almohadillas(23).

La desviación hacia delante de la posición del centro de masa es lo que ocasiona metatarsalgia en personas que usan tacón. Además, al estar de pie con la altura del talón aumentada, el antepié alcanza su máxima compresión, lo que puede ser explicado por la gran tracción que existe al realizarse la flexión dorsal continua de las articulaciones metatarsofalángicas(24).

1.4 Presiones plantares en deformidades digitales

En lo referente al estudio de las presiones en los dedos en garra, Basas et al(25), realizaron un estudio según el modelo patomecánico presente. En este caso, estudia dos de los modelos: estabilización flexora y el sustitución extensora. Estos autores concluyeron, que los metatarsianos centrales son los que tienen un aumento de presión plantar, coincidiendo siempre este aumento de presión con el dedo que presenta dicha deformidad.

Bus et al(26) describieron en su estudio realizado en personas diabéticas con deformidades digitales, ya sea dedo en garra o dedo en martillo, el aumento de presión de los metatarsianos afectados, como se observa en la siguiente imagen (Fig. 6). Esto demuestra que la deformidad del dedo contribuye claramente a un aumento de presión.



Figura 6. Presión plantar de 2º dedo en garra

En otro estudio, realizado por Gravante et al(27), comentaron la diferencia significativa entre las presiones plantares de superficie en antepié y retropié en pacientes con dedos en garra, siendo éstas mayores en pacientes sin deformidades digitales ($p < 0,05$). Sin embargo, existe un aumento en los picos de presión tanto en la zona delantera como en la zona trasera del pie, en pacientes con dedos en garra.

Yu et al(28), demostraron el aumento de pico de presión en todas las cabezas metatarsales y en el talón en los pacientes con dedos en garra, comparados con pacientes sin deformidad digital.

Las deformidades de los dedos, como por ejemplo los dedos en garra o los dedos en martillo, suponen un 54 % de aumento en los picos de presión bajo las cabezas metatarsales, por lo que se demuestra que dichas deformidades contribuyen en gran medida a presiones elevadas bajo la zona afectada(26).

La función principal de los dedos en la marcha es ponerse en contacto con la superficie y ejercer una determinada presión en un punto fijo para que el cuerpo pueda ser propulsado. Esto hace que la presión ejercida por el cuerpo, se reparta entre los dedos y los metatarsianos en la fase propulsiva. En el caso de existir deformidades digitales, el dedo pierde funcionalidad, mostrando un área de contacto menor y una menor presión. Esto provoca que los metatarsianos carguen una mayor cantidad de peso durante la propulsión. En la siguiente imagen (Fig. 7) podemos entender cómo se produce el reparto de presiones, ya que mientras que la almohadilla plantar se desplaza distalmente, la carga del peso lo hace hacia proximal(26).



Figura 7. Reparto de presiones plantares en deformidad digital

1.5 Presiones plantares en disimetrías

En la literatura se observa información contradictoria respecto a la diferencia en la longitud de las extremidades necesaria para causar un problema. Así mismo, tampoco hay una conclusión clara de que pierna será la que sostenga una presión mayor(29).

En el estudio de El-Nahas et al(29), tomaron a una serie de pacientes con disimetría para ver que pierna era la que cargaba más y específicamente que zona en concreto. Las diferencias significativas que encontraron fueron enfocadas a una mayor presión por parte de la pierna corta, haciendo referencia a la totalidad del pie, mediopié, 2°, 3°, 4° y 5° metatarsiano y el 3° dedo.

Perttunen et al(30), realizaron otro estudio en pacientes con una extremidad más corta que otra, para comprobar en este caso la actitud de ambas piernas en dinámica. Obtuvieron una diferencia significativa en el 1° dedo y en la parte media del talón, siendo éstas mayores en la pierna larga ($p < 0,05$). En contraste, la pierna corta obtuvo unos valores mayores en la parte medial del antepié. Con lo cual, la pierna larga desplaza su carga hacia la parte delantera del pie, y por tanto recibe mayores valores de presión en esa zona.

Con respecto a las presiones plantares en pacientes con disimetrías, hay autores que defienden la supinación incrementada, la flexión plantar aumentada y la flexión dorsal de tobillo limitada en la pierna corta, lo que explica el aumento de presiones en ésta en todos los metatarsianos menos el 1°. En cambio, la pierna larga toma una posición de pronación y un aumento de flexión dorsal de tobillo(29), tal y como vemos en la siguiente imagen (Fig. 8).

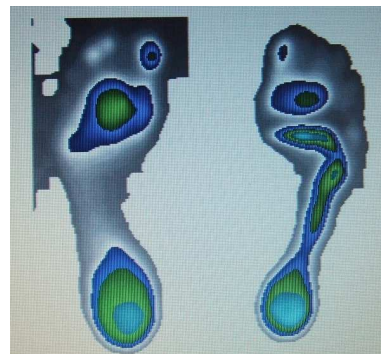


Figura 8. Presión plantar en paciente con disimetría.

Según este estudio, la pierna corta sería la que recibiría mayores presiones. No se han encontrado más estudios que determinen el aumento de presiones en esta pierna, pero si dos estudios realizados por White et al(31) y Wretenberg et al(32), en los que se estudia la fuerza (N) que ejercen las dos piernas cuando existe disimetría. Éstos concluyeron afirmando que la pierna corta es la que sufre mayor carga(31), y que una distancia de 2 cm o más entre las dos piernas, crea efectos biomecánicos diferentes en ambas piernas, lo que puede causar problemas a largo plazo al existir zonas de estrés(32).

Sin embargo, también hay evidencia de que al estar la flexión dorsal limitada en la pierna corta, el despegue de la misma se produce muy pronto, por lo que la pierna que más presiones recibe es la pierna larga. La curva de presiones no llega a la parte delantera del pie ni al 1° dedo, estando aumentada la presión en la pierna larga en esta última zona, ya que supone un elemento primordial a la hora de la propulsión(30).

También es importante destacar que la musculatura anterior de la rodilla estaba más desarrollada en la pierna larga, lo que puede estar ocasionado para preparar al pie a soportar mayores presiones que la otra pierna, o bien, porque la musculatura se vea obligada a desarrollarse más que la musculatura de la pierna corta(30).

Conclusiones

Para que el estudio de presiones plantares sea de utilidad, debemos conocer el reparto de presiones del pie normal, pudiendo comparar así, los cambios obtenidos de presiones plantares en diferentes patologías, con las presiones “normales”. De esta forma, podremos elaborar un diagnóstico certero, usando dicha herramienta siempre como prueba complementaria a la exploración.

En el pie cavo existe una disminución del área total de contacto respecto al pie normal, teniendo el metatarso mayores presiones por la verticalización de los metatarsianos. El pie plano en cambio, posee mayor superficie de contacto, lo que conlleva mayores presiones en el mediopié. Las afecciones del metatarso y las deformidades digitales reflejan mayor presión en la zona metatarsal por la sobrecarga a la que los metatarsianos se encuentran sometidos. En las disimetrías, se demuestra que la pierna más corta está sometida a mayores presiones.

Referencias

1. Montañaola A. Sistema de análisis plantar y biomecánico de la marcha mediante plataformas optométricas de luz no estable (POLNE). *Rev Podol Clínica*. 2004;monográfico:50–61.
2. Montañaola A. Sistema de análisis plantar mediante un podómetro fotoométrico digital o escáner digital plantar (EDP). *Rev Podol Clínica*. 2004;monográfico:26–36.
3. Montañaola A. Sistema de análisis plantar y biomecánico de la marcha mediante plataformas electrónicas. *Rev Podol Clínica*. 2004;monográfico:38–49.
4. Díaz CA, Torres A, Ramírez JI, García LF, Álvarez N. Descripción de un sistema para la medición de las presiones plantares por medio del procesamiento de imágenes. Fase I. *Rev EIA*. 2006;(6):43–55.
5. Gascó J, Macián C, Soler AI. Calzado inestable y presión plantar. Revisión de la literatura y estudio con encuesta en una muestra de la ciudad de Valencia. *Rev Esp Pod*. 2012;23(1):21–6.
6. Mei Z, Zhao G, Ivanov K, Guo Y, Zhu Q, Zhou Y, et al. Sample entropy characteristics of movement for four foot types based on plantar centre of pressure during stance phase. *Biomed Eng Online*. 2013;12:1–18.
7. Fernández-Seguín LM, Diaz JA, Sánchez R, Escamilla E, Gómez B, Ramos J. Comparison of plantar pressures and contact area between normal and cavus foot. *Gait Posture*. 2014;39(2):789–92.
8. Vergés C, Vázquez FX, Verdager J. Estudio de las presiones de la superficie plantar con la aplicación de dos tapings plantares, mediante un sistema óptico de análisis dinámico. *Rev Esp Pod*. 2006;17(2):54–8.
9. Bonilla E, Fuentes M, Lafuente G, Martínez A, Ortega AB, Pérez M, et al. Exploración básica. Guía práctica de protocolos de exploración y biomecánica. 1ª ed. Madrid: Consejo General de Colegios Oficiales de Podólogos; 2010. p. 13–22.
10. Martínez A. Modificaciones baropodométricas en el antepié después de la cirugía percutánea del Hallux Valgus. Universidad de Extremadura; 2009.
11. Álvarez F. Lección 2: Exploración del pie y el tobillo. In: Viladot A, Viladot R, editors. 20 lecciones sobre patología del pie. Barcelona: Ediciones Mayo; 2009. p. 27–38.
12. Rueda M. Capítulo 12. Estudio de la huella plantar. *Podología Los desequilibrios del pie*. 1ª ed. Barcelona: Paidotribo; 2004. p. 179–208.
13. Crosbie J, Burns J, Ouvrier RA. Pressure characteristics in painful pes cavus feet resulting from Charcot–Marie–Tooth disease. *Gait Posture*. 2008 Nov;28:545–51.
14. Burns J, Crosbie J, Hunt A, Ouvrier R. The effect of pes cavus on foot pain and plantar pressure. *Clin Biomech*. 2005;20:877–82.
15. Periyasamy R, Anand S. The effect of foot arch on plantar pressure distribution during standing. *J Med Eng Technol*. 2013 Jul;37(5):342–7.
16. Moreno JL. Capítulo 5: Patología interrelacionada. *Podología general y biomecánica*. 2ª edición. Barcelona: Masson; 2009. p. 163–211.
17. Imhauser CW, Siegler S, Abidi NA, Frankel DZ. The effect of posterior tibialis tendon dysfunction on the plantar pressure characteristics and the kinematics of the arch and the hindfoot. *Clin Biomech*. 2004 Feb;19:161–9.
18. Pauk J, Daunoraviciene K, Ihnatouski M, Griskevicius J, Raso JV. Analysis of the plantar pressure distribution in children with foot deformities. *Acta Bioeng Biomech*. 2010;12(1):29–34.
19. Ledoux WR, Hillstrom HJ. The distributed plantar vertical force of neutrally aligned and pes planus feet. *Gait Posture*. 2002 Feb;15(1):1–9.
20. Kanatli U, Yetkin H, Simsek A, Ozturk AM, Esen E, Besli K. Pressure distribution patterns under the metatarsal heads in healthy individuals. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2008;42(1):26–30.
21. Waldecker U. Metatarsalgia in hallux valgus deformity: A pedographic analysis. *J Foot Ankle Surg. American College of Foot and Ankle Surgeons*; 2002 Sep;41(5):300–8.
22. Keijsers NLW, Stolwijk NM, Louwerens JWK, Duysens J. Classification of forefoot pain based on plantar pressure measurements. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. Elsevier Ltd; 2013 Mar;28(3):350–6.
23. Kang J-H, Chen M-D, Chen S-C, Hsi W-L. Correlations between subjective treatment responses and plantar pressure parameters of metatarsal pad treatment in metatarsalgia patients: a prospective study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2006 Jan;7(95):1–8.
24. Ko P-H, Hsiao T-Y, Kang J-H, Wang T-G, Shau Y-W, Wang C-L. Relationship between plantar pressure and soft tissue strain under metatarsal heads with different heel heights. *Foot ankle Int*. 2009 Nov;30(11):1111–6.
25. Basas F, Sánchez E, Basas S, Basas A. Relación entre las deformidades digitales y la fisiopatología de la deformidad digital. *Rev Int Ciencias Podol*. 2008;2(2):7–11.
26. Bus SA, Maas M, de Lange A, Michels RPJ, Levi M. Elevated plantar pressures in neuropathic diabetic patients with claw/hammer toe deformity. *J Biomech*. 2005 Sep;38(9):1918–25.
27. Gravante G, Pomara F, Russo G, Amato G, Cappello F, Ridola C. Plantar pressure distribution analysis in normal weight young women and men with normal and claw feet: a cross-sectional study. *Clin Anat*. 2005 May;18(4):245–50.
28. Yu X, Yu GR, Chen YX, Liu XC. The Characteristics and Clinical Significance of Plantar Pressure Distribution in Patients with Diabetic Toe Deformity : a Dynamic Plantar Pressure Analysis. *J Int Med Res*. 2011;39:2352–9.
29. El-Nahas MR, Gawish HM, Tarshoby MM, State OI, Aboelyazid A, Unit E. Effect of simulated leg length discrepancy on plantar pressure distribution in diabetic patients with neuropathic foot ulceration. *J Wound Care*. 2009;20(10):473–8.
30. Perttunen JR, Anttila E, Södergard J, Merikanto J, Komi P V. Gait asymmetry in patients with limb length discrepancy °. *Scand J Med Sci Sports*. 2004;14:49–56.
31. White SC, Gilchrist LA, Wilk BE. Asymmetric limb loading with true or simulated leg-length differences. *Clin Orthop Relat Res*. 2004;421:287–92.
32. Wretenberg P, Hugo A, Broström E. Hip joint load in relation to leg length discrepancy. *J Med Devices Evid Res*. 2008;1:13–8.