

# Patrón de presiones plantares en el pie normal: Análisis mediante sistema Biofoot de plantillas instrumentadas

Alfonso Martínez Nova, Raquel Sánchez Rodríguez, José Carlos Cuevas García  
Podólogos. Departamento de Enfermería. Centro Universitario de Plasencia. Universidad de Extremadura.

Correspondencia:  
Alfonso Martínez Nova  
Centro Universitario de Plasencia  
Avda. Virgen del Puerto 2. 10600 Plasencia. Cáceres, España  
E-mail: podoalf@unex.es

## Resumen

El objetivo de este estudio era evaluar las presiones plantares normales en sujetos sanos, usando un sistema de plantillas instrumentadas.

43 sujetos sanos sin alteraciones evidentes en los pies o en las extremidades inferiores fueron analizados con el sistema Biofoot® (IBV, Valencia, España) de plantillas instrumentadas. El sistema emplea unas plantillas finas (0,7 mm de grosor) con 64 sensores piezoeléctricos. Se midieron las presiones en el talón, mediopié, de 1ª a 5ª cabezas metatarsales, primer dedo y dedos menores (2-5º). Se grabó una medición de 6 segundos para cada sujeto y la media de todos los pasos fue empleada para el análisis. El pico de presión máxima, la presión media y la integral de la presión media fue calculado y analizado. La segunda cabeza metatarsal (CMT) tuvo el pico máximo de presión (845,1 ± 79,9) y presión media (505,8 ± 57,4) para este grupo de sujetos.

El patrón de presiones normales, en términos de presión media es 2ª, 1ª CMT, talón, 4ª CMT, Hallux (primer dedo), 5ª CMT, dedos menores (2º-5º) y mediopié.

**Palabras clave:** Pie. Presión. Baropodometría. Biofoot®. Plantillas instrumentadas.

## Introducción

La medición de la presión plantar, o baropodometría, es comúnmente utilizada para determinar las cargas específicas que soporta la superficie plantar del pie. Existen diferentes estudios que valoran las presiones

## Summary

The aim of this study was to evaluate normal plantar pressures in healthy subjects, using an in-shoe measuring system.

Forty-three healthy subjects, with no evident foot or lower limb diseases, were measured with Biofoot® (IBV, Valencia, Spain) in-shoe system. The Biofoot system, which uses a thin (0.7 mm) insoles with 64 piezoelectric sensors, was used to evaluate normal pressures in heel, midfoot, first trough fifth metatarsal heads, hallux and second trough fifth lesser toes. A six seconds trial was recorded in each subject, and the mean of all steps of each trial was used to analyze. Maximum Peak Pressure, mean pressure and mean pressure integral was calculated and compared.

Second metatarsal head (MTH) was had greater peak (845,1 ± 79,9) and mean pressures (505,8 ± 57,4) for this group of subjects.

Foot pressure pattern, in terms of mean pressure, is second, third, first MTH, heel, 4th MTH, hallux, 5th MTH, 2nd to 5th toes and midfoot.

**Key words:** Foot. Pressure. Baropodometry. In-shoe system. Biofoot®.

del pie normal, e intentan establecer un patrón con el que comparar las marchas o presiones patológicas<sup>1-5</sup>. Las presiones plantares también han sido estudiadas para evaluar un potencial factor de riesgo para diabéticos<sup>6</sup>, para el diseño de calzado<sup>7</sup> y para evaluar el efecto de las plantillas ortopédicas<sup>8</sup>.

**Tabla 1. Media ( $\pm$  DS) de los valores para el pico máximo de presión media e integral de la presión media para 43 sujetos. 1 kPa = 1 / 98 kg\*cm<sup>2</sup>**

Región	Pico presión (kPa)	Presión media (kPa)	Integral de la presión media
Talón	653,1 $\pm$ 67,4	214,2 $\pm$ 20,2	49,3 $\pm$ 8
Mediopie	345,2 $\pm$ 48,7	46,9 $\pm$ 16,8	13,6 $\pm$ 2,9
1 CMT	585,8 $\pm$ 96,7	308,2 $\pm$ 36	51,1 $\pm$ 6,6
2 CMT	845,1 $\pm$ 79,9	505,8 $\pm$ 57,4	110,2 $\pm$ 15,4
3 CMT	638,3 $\pm$ 49,4	394,1 $\pm$ 37,7	91,1 $\pm$ 7,11
4 CMT	392,6 $\pm$ 45,1	203,6 $\pm$ 22,5	43,9 $\pm$ 9,5
5 CMT	231,6 $\pm$ 31,7	118,4 $\pm$ 18,2	31,2 $\pm$ 5,3
Hallux	508,8 $\pm$ 46,1	146,5 $\pm$ 22,5	39,5 $\pm$ 5,69
Dedos menores	443,4 $\pm$ 55,9	105,3 $\pm$ 14,3	22,6 $\pm$ 4,6

Con la llegada de la tecnología en los microcomputadores, se han desarrollado ampliamente las plantillas con sensores para realizar mediciones bajo la planta con una interferencia mínima en la función del pie. Los dispositivos dentro del zapato permiten las mediciones durante la marcha y con el sujeto calzado. Los datos obtenidos con estos sistemas proporcionar evidencias para la toma de decisiones clínicas si los sistemas son válidos, repetitivos y precisos.

Los sistemas de plantillas instrumentadas pueden ser usados para medir las fuerzas verticales en un "trial" o medición para determinar la sobrecarga en un sujeto. La medición de la presión en el "interface" pie-zapato permite al profesional llegar a conclusiones respecto a determinar que áreas del pie están sometidas a mayor presión y comprender así la etiología de las alteraciones del pie. El objetivo de este estudio era establecer un patrón de presiones en pies normales con el sistema Biofoot®.

## Material y métodos

### Sujetos

El grupo de estudio consistió en 43 voluntarios sanos (22 mujeres y 21 hombres). Todos los sujetos fueron entrevistados y explorados para descartar alteraciones obvias en los pies, extremidades inferiores o marchas patológicas. Los sujetos incluidos en el estudio no tuvieron algias o alteraciones importantes en los 12 meses precedentes al estudio. Los sujetos con pies planos, cavos o con alteraciones en el antepié (Hallux valgus, etc.) fueron excluidos de este estudio. Se obtuvo consentimiento informado escrito de cada sujeto (Tabla 1).

### Equipamiento

El equipo empleado fue el sistema BioFoot® (IBV, Valencia, España) de plantillas instrumentadas. Este sistema consiste en dos plantillas, con 64 sensores piezoeléctricos cada una. El sistema permite frecuencias de grabación entre 50 y 250 Hz (Figura 1). La unidad de medida es el Kilopascal (1 Kpa = 1/98kg.cm<sup>2</sup>).

### Procedimiento

Todas las mediciones se tomaron en un pasillo de 40 metros, en el mismo sentido de la marcha. Todos los sujetos fueron analizados con el mismo tipo de calzado (zueco cerrado, sujeción con velcro). Se disponía de una talla para cada paciente (36-43). Para preservar la higiene, se proporcionaron calzas de uso individual a cada sujeto. Con el sujeto calzado y con la plantilla apropiada, se conectaba la plantilla al sistema y se calibraba según instrucciones del fabricante. Entonces, se instaba al sujeto a caminar, con objeto que se familiarizara con el sistema. Se comentaba al paciente que caminara a ritmo normal de paseo. La medición se comenzó cuando el sujeto estaba caminando, sin avisar cuando era realizada. La grabación se realizó a 100 Hz, en un tiempo de 6 segundos. Esta grabación se permite la adquisición de 5-7 pasos de cada pie. Los datos que se emplearon para el análisis posterior fueron recogidos de todos los pasos de cada grabación (Figura 2).

### Datos recogidos

Los datos recogidos para el análisis fueron edad, sexo, altura, peso, pico de presión máxima, presión media e integral de la presión media. El pie se dividió en 9 regiones anatómicas, talón, mediopie, 1-5ª CMT, primer dedo (Hallux) y 2-5º dedos (Figura 3).

## Resultados

La media de edad de los sujetos estudiados fue de 29,6 años (rango, de 18 a 55 años), el peso medio



Figura 1. Sistema Biofoot®. Plantilla con 64 sensores piezoeléctricos.

fue de 68 Kg. (rango, de 52 a 110 kg.) y una altura media de 170,5 cm. (rango, de 150 a 196 cm.). La Tabla 1 resume los valores medios de pico de presión máxima, presión media e integral de la presión media obtenidos de todos los pasos de cada grabación. La media del tiempo de contacto de los pasos fue de 0,81 (± 0,12) segundos y la cadencia de marcha de 101,1 (± 10) pasos/minuto.

Con respecto a la distribución del pico máximo de presión, los mayores valores se encontraron en este orden: Segunda CMT, talón, tercera, primera CMT y el Hallux. Las presiones más bajas se encontraron bajo la cuarta CMT, mediopié, dedos menores y la quinta CMT. La distribución de la presión media y de la integral de la presión media fue la siguiente: Segunda, tercera, primera CMT, talón, cuarta CMT, Hallux, quinta CMT, dedos menores y mediopié (Figura 4).

## Discusión

El presente estudio aporta unos valores fiables y representativos para las mediciones de presión plantar realizadas con plantillas instrumentadas a una velocidad constante (91-111 pasos/minuto). Existen dos tipos de dispositivos de medición de las presiones plantares, las plataformas de presión (EMED®, Musgrave®) y los sistemas de plantillas (F-Scan®, Pedar®, Biofoot®). En la mayoría de los casos, la comparación de los datos obtenidos con

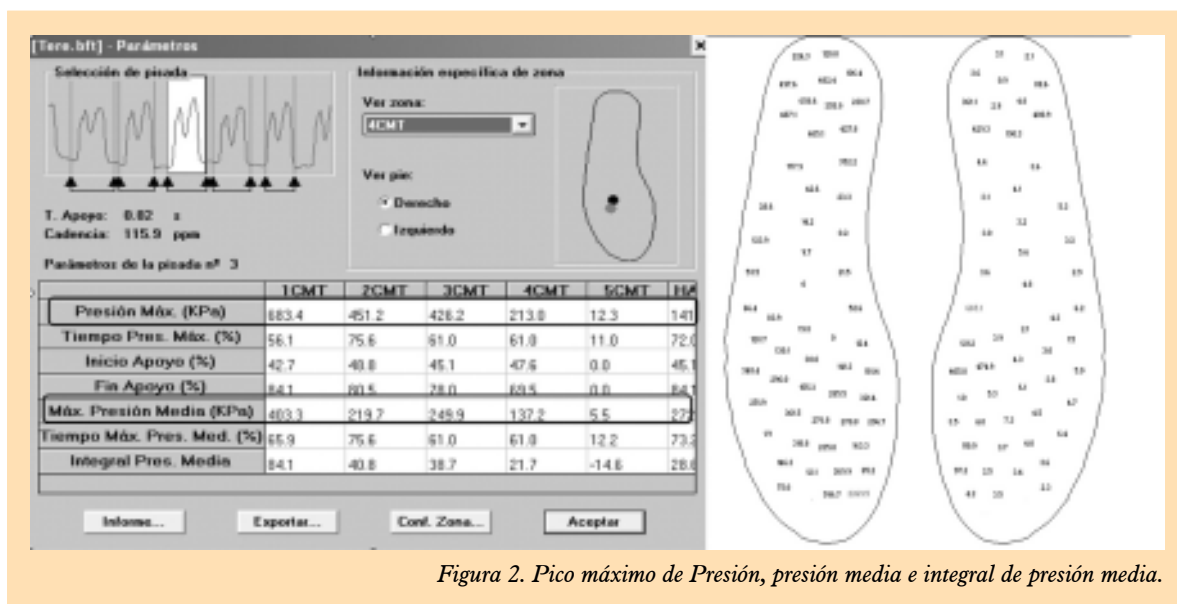


Figura 2. Pico máximo de Presión, presión media e integral de presión media.

los dos sistemas proporciona evidencias de unos datos precisos y fiables de medidas temporales, picos de presión y presión media<sup>9</sup>.

Los sistemas de plantillas instrumentadas es probablemente el mejor sistema de elección cuando se precise una mayor precisión y repetibilidad<sup>10,11</sup>. Para lograr este nivel de fiabilidad es necesario controlar la velocidad y usar la media de múltiples pasos. Por ello, en este estudio se instruye al sujeto para adecuar el ritmo de marcha a un ritmo de paseo rápido, con una velocidad constante. La grabación no se realizaba hasta que se alcanzaba ese ritmo. Para el análisis, se emplea la media de todos los pasos realizados en cada grabación.

Algunos factores pueden influir en las presiones plantares, como la velocidad de la marcha, el terreno y el calzado. Cuando la velocidad aumenta, como en el jogging, las presiones plantares pueden variar con respecto al patrón de presiones al caminar. En estos casos, los picos de presión y la presión media se incrementan en todas las zonas del pie, pero son significativamente mayores en el área del Hallux<sup>12</sup>. Mohamed evalúa el efecto del terreno (moqueta, hierba y cemento) en las presiones plantares<sup>13</sup>. Cuando los sujetos caminaban descalzos, los picos y la presión media fueron más elevados en el cemento que en la hierba o en la moqueta. Con los sujetos calzados, las variables de presión disminuían en los tres terrenos, eliminando las diferencias existentes entre los tres terrenos.

La comparación de los hallazgos de este estudio con los valores existentes indica pequeñas diferencias. Bryant, et al. ofrecen unos valores normales de presión plantar utilizando la plataforma EMED-SF®. Encontraron picos de presión en el Hallux, segunda y tercera CMT, talón, primera, cuarta y quinta CMT, dedos menores y finalmente en mediopié<sup>2</sup>.

Otros autores han investigado las presiones plantares en sujetos normales. Planck, usando la plataforma Musgrave® encontró que las presiones en el antepié en los pies normales se situaban bajo la tercera, segunda y cuarta CMT<sup>4</sup>. Bryant, evaluando las presiones en pies normales definió que la presión media se situaba bajo el Hallux, segunda y tercera CMT<sup>1</sup>.

Cuando se evalúan los pies normales o un grupo de población, los resultados de la presión plantar son similares. Stebbins encontró un aumento de las presiones en el antepié lateral (3-4-5ª CMT) en un grupo de niños. Las presiones en el antepié medial (1-2ª CMT) eran menores que en el antepié lateral y el mediopié<sup>5</sup>.

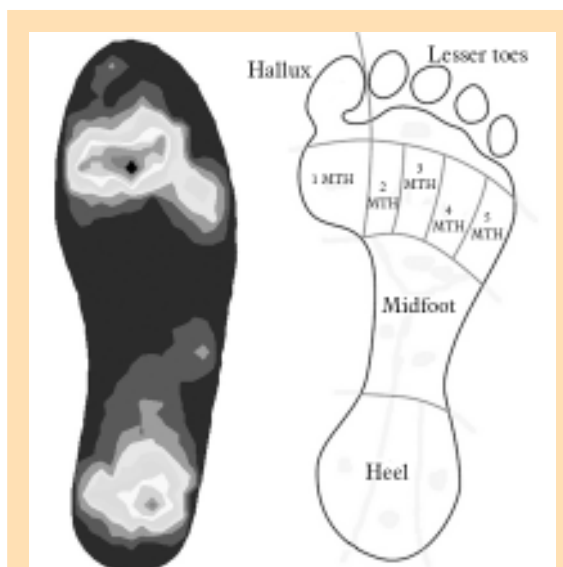


Figura 3. División de la planta del pie en 9 regiones.

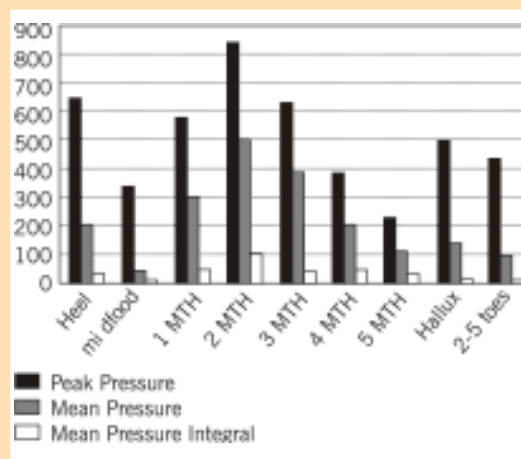


Figura 4. Media de pico de presión (negro), presión media (gris) e integral de presión media (blanco).

## Conclusión

El objetivo de este estudio era establecer un cuadro de valores representativo, describiendo la distribución de las presiones plantares usando un sistema de plantillas instrumentadas. Basado en estos valores, la comparación con el resto de estudio refleja valores similares con pequeñas diferencias. Los picos de presión máxima estaban situados bajo la segunda CMT, talón, tercera CMT. La carga central del antepié (2-3ª CMT) parece un patrón normal de presión. Los sistemas de plantillas instrumentadas son excelentes para analizar las presiones normales y patológicas. Son necesarios estudios más amplios para llegar a conclusiones más precisas.

## Bibliografía

1. Bryant A, Tinley P, Singer K. Plantar pressure distribution in normal, hallux valgus and hallux limitus feet. *The Foot* 1999;9(3):115-9.
2. Bryant A, Tinley P, Singer K. Normal values of plantar pressure measurements determined using the EMED-SF system. *J Am Podiatr Med Assoc* 2000;90(6):295-9.
3. Hessert MJ, Vyas M, Leach J, Hu K, Lipsitz LA, Novak V. Foot pressure distribution during walking in young and old adults. *BMC Geriatr* 2005;5(1):8.
4. Planck MJ. The pattern of forefoot pressure distribution in hallux valgus. *The Foot* 1995;5(1):8-14.
5. Stebbins JA, Harrington ME, Giacomozzi C, Thompson N, Zavatsky A, Theologis TN. Assessment of sub-division of plantar pressure measurement in children. *Gait Posture* 2005;22(4):372-6.
6. Booya F, Bandarian F, Larijani B, Pajouhi M, Nooraei M, Lotfi J. Potential risk factors for diabetic neuropathy: a case control study. *BMC Neurol* 2005;5(1):24.
7. Rozema A, Ulbrecht J, Pammer S, Cavanagh P. In shoe plantar pressures during activities of daily living: Implications for therapeutic footwear design. *Foot Ankle Int* 1996;17(6):352-9.
8. Branthwaite HR, Payton CJ, Chockalingam N. The effect of simple insoles on three-dimensional foot motion during normal walking. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2004;19(9):972-7.
9. Barnett S, Cunningham JL, West S. A Comparison of vertical force and temporal parameters produced by an in-shoe pressure measuring system and a force platform. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2001;16(4):353-7.
10. Hurkmans H, Bussmann J, Benda E, Verhaar J, Stam H. Accuracy and repeatability of the Pedar Mobile system in long-term vertical force measurements. *Gait Posture* 2006;23(1):118-25.
11. Quesada PM, Rash GS, Jarboe N. Assessment of Pedar and F-Scan revisited. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 1997;12(3):S15.
12. De Cock A, Willems T, Witvrouw E, Vanreenterghem J, De Clerq D. A functional foot type classification with cluster analysis based on plantar pressure distribution during jogging. *Gait Posture* 2003;23(3):339-47.
13. Mohamed O, Cerny K, Jones W, Burnfield JM. The effect of terrain on foot pressures during walking. *Foot Ankle Int* 2005;26(10):859-69.