

PRESIÓN PLANTAR: ESTUDIO COMPARATIVO EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS (Estudio Piloto)

**VICTOR MANUEL MELGAREJO PINTO \***

[Vic.melgarejo@live.com](mailto:Vic.melgarejo@live.com)

Universidad pedagógica y tecnológica de Tunja

**INGRID TATIANA MORENO RIVERA \*\***

[Intamori12@hotmail.com](mailto:Intamori12@hotmail.com)

Universidad pedagógica y tecnológica de Tunja

**ANDRES JULIAN GUZMAN SIERRA\*\*\***

[Andres.guszman@uptc.edu.oc](mailto:Andres.guszman@uptc.edu.oc)

**DIANA PAOLA HOYOS DORIA\*\*\*\*\***

[dianapaolahoyos@gmail.com](mailto:dianapaolahoyos@gmail.com)

**ERNESTO PACHECO TAMAYO\*\*\*\*\***

[ernestopachecot@hotmail.com](mailto:ernestopachecot@hotmail.com)

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**RESUMEN**

El objetivo del estudio piloto fue evaluar la presión plantar de 5 estudiantes universitarios, adultos sanos entre 24 y 40 años de edad, mediante baropodometría electrónica. Métodos. Se utilizó la plataforma de fuerza triaxial, en la marcha de cada sujeto, calculando y analizando la presión media del pie y clasificación según Hernández Corvo. Resultados: Las características antropométricas básicas de la muestra: edad  $29 \pm 6,56$  años, peso  $63,2 \pm 6,06$ , talla  $1,66 \pm 0,13$ , y el IMC  $29 \pm 6,56$ .

Corresponden a adulto-joven; la calificación de ambos pies fue normal, la media y DS para el pie izquierdo fue de  $50,4 \pm 0,03$  y para el derecho fue de  $50 \pm 0,03$ ; La presión plantar media para el pie izquierdo fue de  $533 \pm 107$  KPa y para el pie derecho de  $559 \pm 52$  KPa. En la evaluación de clasificación el 80% de los izquierdos son supinadores y el 20% planos y en los derechos el 100% son supinadores. Conclusión: Las herramientas empleadas para calificar y clasificar como las plantillas instrumentadas para medir la presión plantar del pie son óptimas y adecuadas. Se requiere evaluar muestras más grandes de la población para determinar patrones en la región, según edad, sexo y tipo de actividad con fines académicos, de salud pública y aplicación clínica.

Palabras claves: adulto joven, baropodometría, pie, presión plantar.

.....  
Artículo Recibido 24 de mayo del 2013 y aceptado para su publicación el 18 de julio del 2013.

Se considera un artículo T2 de investigación

## 1. INTRODUCCIÓN

El pie es considerado el principal órgano de sentido y movimiento del cuerpo humano. Para analizarlo se utilizará la medida de la presión plantar siendo esta fundamental para conocer la distribución de las fuerzas en la planta del pie, teniendo en cuenta que la presión es la cantidad crítica que determina el efecto ejercido por la fuerza.<sup>[1]-[2]</sup>

Esta medida se puede utilizar tanto estática como de manera dinámica; este estudio se basa en la marcha humana (dinámica) que se compone de una serie de movimientos alternantes y armónicos de las extremidades, principalmente de las inferiores y del tronco, que determinan un desplazamiento hacia delante del centro de gravedad;<sup>[3]</sup> utilizando la baropodometría electrónica, considerándola como el estudio de la distribución de las presiones plantares a través de una plataforma

permiten realizar estas valoraciones en posición estática como en las actividades dinámicas del sujeto. El análisis de la presión plantar es útil para identificar las magnitudes a las cuales están sometidas las diferentes zonas del pie, conocer la distribución de las cargas o presiones y evaluar las influencias directas de las fuerzas aplicadas en los tres periodos de la fase de apoyo, así como su intensidad y duración<sup>[5]</sup>. A nivel cualitativo, permite evaluar la distribución de las presiones a lo largo del periodo de apoyo del pie en su evolución temporal<sup>[7]</sup>. A nivel cuantitativo permite destacar las áreas de mayor presión, así como los picos de presión que se van formando en la fase de apoyo<sup>[8]</sup>. Así es posible diferenciar los factores que influyen sobre la distribución de las presiones plantares, entre ellos pueden mencionarse el peso, la edad, el sexo, la velocidad de la marcha<sup>[14]</sup>. Hoy en día el uso de este sistema en un laboratorio de biomecánica o de análisis del movimiento se realiza con fines médicos o clínicos: evaluación o para la prevención de riesgos plantares.

permiten realizar estas valoraciones en posición estática como en las actividades dinámicas del

### ABSTRACT

The aim of the pilot study was to evaluate plantar pressure of 5 college students, healthy adults between 24 and 40 years old, by electronic baropodometry. Methods. We used the triaxial force platform, in the course of each subject, calculating and analyzing midfoot pressure and classification according to Hernandez Corvo.20 Results: The basic anthropometric characteristics of the sample: age  $29 \pm 6.56$  years, weight  $63, 2 \pm 6.06$ , height  $1.66 \pm 0.13$ , and BMI  $29 \pm 6.56$ . Correspond to adult-young, the rating of both feet were normal, the mean and SD for the left foot was  $50, 4 \pm 0.03$  and to the right was  $50 \pm 0.03$ , mean plantar pressure for the foot left was  $533 \pm 107$  kPa and  $559$  right foot  $\pm 52$  kPa. In evaluating classification 80% of the left are supinator and 20% flat and 100% rights are supinators. Conclusion: The tools used to describe and classify as templates instrumented to measure plantar foot pressure are optimal and appropriate. Sample is needed to evaluate larger populations, to determine patterns in the region, according to age, sex and type of activity for academic, public health and clinical application.

Keywords: young adult, baropodometry, Foot, plantar pressure.

## 2. DESARROLLO METODOLOGICO

Las técnicas para el estudio de la huella plantar del pie humano se vienen aplicando desde hace más de 100 años; así, Marey, en 1873, utilizó un calzado que incluía una cámara de aire dinamométrica unida a un cilindro; Beely en 1887, hacía que el sujeto caminara sobre una zona llena de yeso y Demeny en 1892, inventó una plataforma dinamométrica.

Las primeras observaciones sobre las características de la marcha humana se atribuyen a Aristóteles [9]. Desde entonces, se han realizado numerosos intentos para comprender las características de la marcha normal y patológica. En 1916, un investigador francés diseñó una plataforma que medía los tres componentes de la fuerza,[10] el diseño constaba en unas valvas de goma y unos transmisores neumáticos; este sistema permitió una excelente comprensión de las presiones y fuerzas que acontecían dentro del zapato, aplicándose al campo de la exploración clínica. La primera plataforma de fuerzas, con interés comercial, diseñada para la exploración biomecánica estaba basada en placas piezoeléctricas, y fue creada por Kistler y Perren en 1969. Posteriormente, se emplearon sistemas que combinaban la electromiografía con imágenes seriadas que ilustraban el movimiento del pie durante la fase de contacto en el suelo, estas imágenes incluían

proyecciones plantares realizadas bajo una superficie de cristal [11] lo que permitió conocer los movimientos del pie vistos desde la planta.

A partir de 1986 se comercializó el sistema de baropodometría electrónica: EMED System®.[16] En 1989, Libotte comienza a utilizar esta plataforma de medida para el análisis de la presión metatarsal en pacientes con metatarsalgias, hallux valgus, hallux rigidus, deformidades postraumáticas del pie, estudio de pies con alteraciones de origen neurológico (polio, neuropatía diabética, etc.) [16,17] Esta técnica también ha sido empleada por otros autores como Henning (medición de presiones plantares en niños y adultos) [16,18]

La aparición de nuevos materiales en la industria electrónica, fiables y económicos, ha hecho posible el desarrollo de nuevos aparatos para la medición de la presión plantar que permiten medidas diferenciadas y exactas de dichas presiones en puntos próximos. Existen dos técnicas que actualmente se emplean para el estudio de las presiones plantares: La primera son los Podómetros: Representados por plataformas que cuantifican las presiones plantares cuando el pie se apoya sobre ellas y la segunda son las plantillas instrumentadas, que se colocan en el calzado dando mayor libertad al sujeto para realizar movimientos. [12,21]

### 3. RESULTADOS

Se realizó un registro de las características antropométricas básicas de los evaluados, adultos sanos, estudiantes de la UPTC conformado por tres mujeres y dos hombres en edades comprendidas entre 24 y 40 años, voluntarios quienes firmaron el consentimiento informado.

Se utilizó la plataforma de fuerza triaxial diseñada con sensores electrónicos para analizar la presión estática y dinámica plantar. Los datos se observan en el monitor y pueden visualizarse de varias formas: como puntos, que reflejan el grado de presión ejercida sobre el

sensor según el tamaño del punto, y como números, que representan la presión detectada por los sensores. Con estos datos se crea una imagen de la presión plantar. El ordenador señala las zonas de presión por encima de un valor que se le indique, ayudando a distinguir las zonas plantares con hiperpresión.

Para la interpretación de resultados se utilizó la distribución de las 9 áreas 15 referentes a diferentes zonas anatómicas (Figura No.1). La presión media en cada zona fue definida empleando la media de los valores máximos de cada sensor que configuraban una zona.



Figura 1: Distribución de las 9 zonas de análisis en el pie.

Los sujetos evaluados realizaron la marcha sobre la plataforma en 12 pasos con pie derecho e izquierdo, sin pausas entre pasos.

Para el Almacenamiento de los datos se utilizó el programa Excel 2010 y su análisis con SPSS. V15.

Las características antropométricas básicas de la muestra son: edad  $29 \pm 6,56$  años, peso  $63,2 \pm 6,06$  kg, talla  $1,66 \pm 0,13$  m, y el IMC fue de  $23,1 \pm 4,3$ .

Tabla I. Variables básicas Antropométricas de la muestra.

| VARIABLES DE LA POBLACION |      |            |           |      |
|---------------------------|------|------------|-----------|------|
| Nº                        | EDAD | PESO (Kg)  | TALLA (m) | IMC  |
| 1                         | 26,0 | 62         | 1,78      | 19,6 |
| 2                         | 30,0 | 70         | 1,8       | 21,6 |
| 3                         | 24,0 | 57         | 1,6       | 22,3 |
| 4                         | 40,0 | 69         | 1,5       | 30,7 |
| 5                         | 25,0 | 58         | 1,64      | 21,6 |
| M                         | 29   | 63,2       | 1,66      | 23,1 |
| DS                        | 6,56 | $\pm 6,06$ | 0,13      | 4,3. |

Según la media de edad, la muestra corresponde a adulto- joven; sobre el peso el 80% está en un rango normal, y un sujeto de encuentra en obesidad grado I. Sobre la talla el 100% corresponde a datos de normalidad; sobre el IMC la media se encuentra en rango de normalidad [19].

En la tabla II se presenta la calificación de los pies izquierdo y derecho, según Hernández

Corvo.20 Tanto los varones como las mujeres, obtuvieron una calificación de pie normal, en ambos pies; M y DS.

Tabla II. Clasificación del pie izquierdo y derecho de la muestra.

| CLASIFICACIÓN DEL PIE |       |      |
|-----------------------|-------|------|
| PIE                   | M     | DS   |
| IZQUIERDO             | 50,4% | 0,03 |
| DERECHO               | 50%   | 0,03 |

La presión plantar es importante para conocer la cantidad y la forma como se distribuyen las fuerzas en el momento de caminar o en posición estática, por lo que en la Tabla III se presentan los resultados de la presión plantar media de los pies izquierdo y derecho medidos en la plataforma de fuerza triaxial. Para el pie izquierdo la media fue de  $533 \pm 107$  KPa; y para el pie derecho la media fue de  $559 \pm 52$  KPa. (figuras 2 y 3)

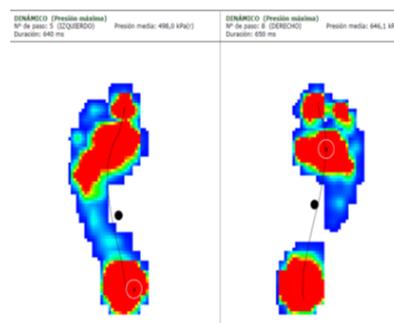


Figura 2: Grafica Plantar Dinámica

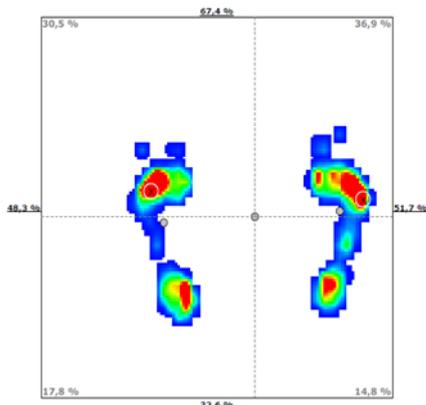


Figura 3: Grafica Plantar Estática

Tabla III. Presión Plantar Media de la muestra

| PRESION PLANTAR MEDIA |                           |                         |  |
|-----------------------|---------------------------|-------------------------|--|
| Nº                    | PIE IZQUIERDO<br>En (KPa) | PIE DERECHO<br>En (KPa) | ZONA DEL PIE   |
| 1                     | 580,2                     | 554,6                   | Tarso (talón), metatarso, y dedo gordo.                            |
| 2                     | 363,8                     | 523,5                   | Posterior del tarso y medial, anterior del metatarso y dedo gordo. |
| 3                     | 636                       | 512,8                   | Posterior del tarso, anterior del metatarso.                       |
| 4                     | 588,4                     | 560,3                   | Posterior del tarso, posterior del metatarso, y dedo gordo.        |
| 5                     | 498                       | 646,1                   | Tarso, metatarso y dedo gordo.                                     |

Sobre la evaluación de la calificación de los pies pronadores supinadores o planos, como se muestran en la Tabla IV se calificaron así: el 80% de los pies izquierdos son supinadores y el 20% plano; y en los pies derechos el 100% son supinadores.

Tabla IV. Calificación de pies pronadores, supinadores o planos.

| CLASIFICACION PIE: PRONO SUPINO Y PLANO |               |             |
|---|---------------|-------------|
| Nº                                      | PIE IZQUIERDO | PIE DERECHO |
| 1                                       | Supinador     | Supinador   |
| 2                                       | Plano         | Supinador   |
| 3                                       | Supinador     | Supinador   |
| 4                                       | Supinador     | Supinador   |
| 5                                       | Supinador     | Supinador   |

**DISCUSIÓN**

La clasificación es normal en ambos pies (Tabla II), según Hernández Corvo. En cuanto a la clasificación del pie prono, supino y plano, (presión plantar media Tabla N° III) se determinó

que el 90% de la muestra tiene pie supinador en izquierdo y el 10% restante en el derecho, representado en un sujeto que tiene pie supinador y plano en izquierdo y derecho respectivamente, como se muestra en la Figura 2. Explorar las implicaciones de los resultados para futuras investigaciones y para la práctica clínica.

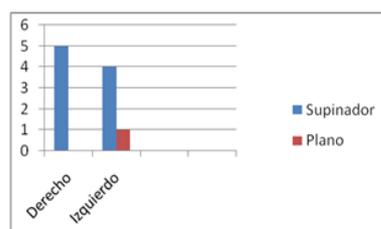


Figura 4. Clasificación del pie prono, supino y plano.

Hessert estableció las zonas del pie donde se apoya un sujeto; según esta teoría los evaluados se apoyan más en las zonas: Talón externo (TE), Talón interno (TI), Planta medio externa (PME), Cabeza cinco metatarsiano (C5M) Primer dedo o dedo gordo (PrD) y metatarsianos medios (MM) como se representa en la Figura 3.

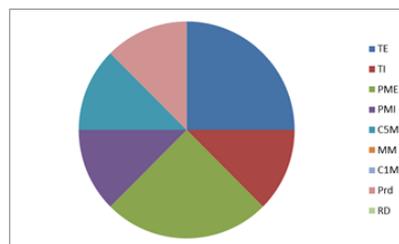


Figura No. 5. Evaluación sobre la Clasificación de las zonas del pie, según Hessert.

En el estudio se conoció la presión plantar media de cada integrante de la muestra, mediante la prueba en la plataforma de fuerza triaxial computarizada, herramienta confiable para diagnosticar al sujeto: el estado de llegada y observar sus cambios post tratamiento, soportados en ayudas como las plantillas, si llegare a esa etapa.

Por ser un estudio piloto, los datos obtenidos no son representativos ni significativos para compararlos con los de otras investigaciones.

CONCLUSIONES

Se realizó un análisis de las medidas plantares, la presión plantar media, las zonas del pie y la clasificación de los pies (prono, supino y plano), con las que se pudo determinar el tipo de pie que los individuos poseen y las zonas donde se apoyan respectivamente. Los sistemas de plantillas instrumentadas son óptimas para analizar las presiones normales y patológicas. Se requiere de estudios en poblaciones más amplias para llegar a conclusiones más precisas y su posible aplicación clínica.

DESARROLLOS FUTUROS: Para mejorar el estudio de la presión plantar se recomienda utilizar la técnica de análisis en tercera dimensión, adicionar a esta scanner de estructuras óseas del pie, para identificar patologías óseas y plantares de los sujetos.

AGRADECIMIENTOS:

Al doctor Francesco Páez por aportar las bases teóricas en la asignatura de Biomecánica, el aprendizaje práctico adquirido, como los equipos e implementos para la construcción de este trabajo, a los estudiantes que voluntariamente han participado y al Centro Médico deportivo de la UPTC.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

.....  
 A. Martínez-Nova, J.C. Cuevas-García, R. Sánchez-Rodríguez, J. Pascual-Huerta y E. Sánchez-Barrado. (2008) Estudio del patrón de presiones plantares en pies con hallux valgus mediante un sistema de plantillas instrumentadas. Revista española de cirugía ortopédica y traumatología. Volumen 52. Issue 2. Pag. 94-98

Amar, J. (1916) Trottoirdynamographique, Comptesrendushebdomadaires des seances de l'Academie des Sciences 163: 130-3.

Baker, R. (2007) The history of gait analysis before the advent of modern computers. Gait Posture 26(3): 331-42.

Baumann J, Hanggi A (1977). A method of gait analysis for daily orthopaedic practice. J Med EngTechnol 86-91.

Bennetti, P. J. and Duplonk, L. R.(1993) Pressure distribution beneath the human foot. J Am Podiatr Med Assoc.; 83 (12): 674-678.

Brand, P.W. (1988) Repetitive stress in the development of diabetic foot ulcers.The diabetic foot. M. E. Levin and L. W. O'Neal.St. Louis, Mosby: 83-90

Bryant, A.R., Tinley, P., Singer, K.P. (2000) Normal values of plantar pressure measurements determined using the EMED-SF system. J Am Podiatr Med Assoc 90(6): 295-9.

Cavanagh, P.R., Hewitt F.G., Perry, J.E. (1992) In-shoe plantar pressure measurement: a review. Foot 2(4): 185-194.

Comín M, Villarroya Aparicio A, Pérez García JM, Nerín Ballabriga S, Marco Sanz C. (1999) Análisis de las presiones plantares. Técnicas y aplicaciones. Medicina de Rehabilitación 12 (3): 22-30.

Daentzer, D.N., Wulker N, Zimmerman, U. (1997) Observations concerning the trasverse metatarsal arch. Foot Ankle Surg 3(1): 15-20.

Fuller, E.A. (1999) Center of pressure and its theoretical relationship to foot pathology. J Am Podiatr Med Assoc 89(6): 278-91.

Henning EM, Cavanagh PR, Albert HT, Macmillan NH. (1982) A piezoelectric method of measuring the vertical contact stress beneath the human foot. J Biomed Eng; 4: 213-221.

Hernández Corvo. Citado por Díaz, C. y col. 2006. Descripción de un sistema para la medición de las presiones plantares por medio del procesamiento de imágenes. fase I. Revista EIA, núm. 6, pp. 43-55. Escuela de Ingeniería de Antioquia.

Hessert, M.J., Vyas, M., Leach, J., Hu, K., Lipsitz, L.A., y NovaK, V. (2005) Foot pressure distribution during walking in young walking and old adults. BMC Geriatrics, 5,(8).

Libotte M, Zygas P, Giudici S, Noel B. (1992) Podometrielectronique,

deuxanneesd'experience: rapport preliminaire.  
Acta Orthop. Belg; 58: 448-452.

Luger, E.J., Nissan, M., Karpf, A., Steinberg, E.L., Dekel, S. (1999) Patterns of weight distribution under the metatarsal heads. J Bone Joint Surg Br. 81(2): 199-202.

Organización Mundial de la Salud. OMS. (1998)  
Pérez García, J.M. (1997) Podobarometría. En: El pie. Monografías médicoquirúrgicas del aparato locomotor. Barcelona. Llanos Alcázar LF, Acebes Cachafeiro JC. Barcelona, Masson.

Pérez, P. Llana, S. Encarnación, A. Fuster, M. A. (2009) Motricidad. European Journal of Human Movement, 22, 83-94. Marcha nórdica: actividad física alternativa en el cuidado del pie.

Ropa Moreno, J.M. (2003) Estudio de la marcha: avances en técnica ortésica. En: Ortopodología y aparato locomotor. Ortopedia de pie y tobillo. Levy Benasuly AE, Cortés Barragán JM. Barcelona, Masson.