

LA BAROPODOMETRÍA ELECTRÓNICA: PASADO, PRESENTE Y FUTURO

Dres. J.M. Pérez García¹, A. Herrera Rodríguez²

¹Responsable de Unidad de Podometría y Estudio de la Marcha. Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología del Hospital Universitario Miguel Servet. Profesor Asociado de C.O.T. Universidad de Zaragoza. ²Jefe del Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología del Hospital Universitario Miguel Servet. Profesor Titular de C.O.T. Universidad de Zaragoza.

La baropodometría electrónica tiene sus orígenes en los años ochenta del siglo pasado, con la aparición de sistemas informáticos que hacían posible el registro y análisis de las fuerzas de apoyo del pie en el suelo. Hasta la actualidad, el desarrollo se ha referido sobre todo al perfeccionamiento de los sistemas de medida y análisis, adaptándolos a las más diversas situaciones de empleo.

Estos avances permitirán en un futuro la aplicación de esta técnica a la medicina deportiva, a la medicina laboral y al diseño de prótesis, aparte de otros campos aún hoy inimaginables.

PALABRAS CLAVE: Baropodometría electrónica. Desarrollo. Aplicaciones. Perspectivas.

ELECTRONIC BAROPODOMETRY: PAST, PRESENT AND FUTURE: Electronic baropodometry traces its origins to the 80's of the past century, with the advent of informatic systems rendering possible the recording and analysis of the forces exerted by the foot upon the ground. Up to the present times, its development has been mainly in the field of perfecting the measurement and analysis systems, adapting them to the most diverse application situations.

These advances will, in future times, allow the application of this technique to Sports Medicine, to Occupational Medicine and to the design of prostheses, besides other as yet unimaginable areas.

KEY WORDS: Electronic baropodometry. Development. Applications. Perspectives.

INTRODUCCIÓN

Al final de los años ochenta aparecieron los sistemas informáticos que permitían el registro y análisis de las fuerzas de apoyo del pie en el suelo. La aparición de nuevos materiales en la industria electrónica, más fiables y económicos, hizo posible el desarrollo de nuevos aparatos para la medición de la presión plantar, permitiendo medidas diferenciadas y exactas de las presiones en puntos próximos.

El desarrollo de la baropodometría electrónica ha permitido cuantificar la distribución de presiones en la huella plantar de modo más exacto que con los métodos clásicos, así como la presión ejercida por cada metatarsiano, la situación del centro de presiones, el porcentaje de carga transmitido al pie en relación con el peso y la carga ejercida por el antepié y el retropié. La posibilidad de registrar el valor de las presiones en cualquier punto de la huella plantar, reflejando de una forma fiel las modalidades de carga de los pies, resulta fun-

damental en el conocimiento de la biomecánica del pie y de la marcha⁽¹⁻⁴⁾. La obtención de estos valores permite prevenir las deformaciones y tratar las alteraciones funcionales, precisando cuándo se puede actuar con métodos ortopédicos y cuándo se debe intervenir quirúrgicamente. La podobarometría electrónica no intenta sustituir a la exploración clínica ni a otras exploraciones podológicas o radiológicas, sino que es un medio complementario eficaz que, junto con éstas, nos puede ayudar a un mejor conocimiento de la patología del pie. Su principal ventaja reside en proporcionar datos cuantificables, objetivos y fiables, mediante una exploración sencilla y rápida, que permite valorar la función y biomecánica en relación con la estática y dinámica corporal.

Resulta, pues, fundamental disponer de métodos de diagnóstico capaces de registrar el valor de las presiones en cualquier punto de la huella plantar, reflejando de una forma fiel las modalidades de carga de los pies. La obtención de estos valores permite prevenir las deformaciones y tratar las alteraciones funcionales, precisando cuándo se puede actuar con métodos ortopédicos y cuándo se debe intervenir quirúrgicamente⁽⁵⁾.

PASADO

En la última década, las investigaciones han dirigido sus esfuerzos a perfeccionar los sistemas de medida de las

Correspondencia:

José M. Pérez García
Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología
Hospital Universitario Miguel Servet
P.º Isabel la Católica, 1 (50009 Zaragoza)
e-mail: jmperezg@comz.org

presiones plantares, gracias al gran desarrollo tecnológico. La complejidad de los modernos equipos requeridos en la industria automovilística, ha desarrollado sensores, cada vez más complejos y menos costosos; y una de las tecnologías usadas en los acelerómetros es la piezoeléctrica.

La piezoelectricidad es la propiedad que tienen algunas sustancias cristalinas de polarizarse eléctricamente al ser sometidas a esfuerzos mecánicos de compresión y viceversa, propiedad aprovechada en el diseño de los acelerómetros. Todo ello ha ocasionado la aparición de diversos materiales piezoeléctricos. Entre éstos, los polímeros piezoeléctricos exhiben las mismas propiedades que las piezocerámicas, pero mejoran considerablemente el proceso de fabricación, reduciendo el coste de producción⁽⁶⁾. Además, ofrecen muchas ventajas frente a otras tecnologías: amplio periodo de estabilidad térmica, buena linealidad de respuesta frente a la temperatura y niveles de aceleración, excelente rango dinámico y alta sensibilidad.

También han aparecido en la industria electrónica sensores piezorresistivos constituidos por un polímero semiconductor que permite disponer de matrices con un reducido tamaño de elemento individual y gran número de éstos, haciendo especialmente ventajosa la aplicación de esta tecnología⁽⁷⁾. La matriz sensible está constituida por dos láminas finas superpuestas y unidas, en una de las cuales van serigrafados los electrodos correspondientes a cada elemento sensible y la interconexión entre éstos para configurar la forma de la matriz. Sobre estos electrodos se dispone otra lámina en la que aparecen las secciones de polímero semiconductor. Cuando se presiona sobre una de ellas, la conductividad de este polímero varía y puede detectarse a través de los electrodos. En principio, ambas láminas admiten cualquier configuración, lo que posibilita la construcción de estos sensores en cualquier tamaño, forma y disposición, siendo ésta una característica muy ventajosa. Los sensores piezorresistivos son muy adecuados para mediciones estáticas, aunque también permiten mediciones dinámicas.

También se han desarrollado sistemas que emplean medios ópticos y tratan la señal informáticamente, disponibles en centros especializados de biomecánica, pero siguen siendo complejos y caros⁽¹⁾.

Analizando todos estos hallazgos y posibilidades, desarrollamos la plataforma PDS 93⁽⁸⁾ compuesta por sensores piezorresistivos y capaz de medir las presiones plantares, en alta resolución (4 sensores/cm²), con un total de 2.048 sensores en la matriz. La plataforma, realizada conjuntamente con el Departamento de Ingeniería Electrónica e Informática de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Zaragoza en un proyecto financiado por la DGCYT (Dirección General de Investigación Científica y Técnica), proporciona un mapa de presiones plantares que corresponden a la carga ejercida en cada punto del pie, en estática y en dinámica. En ese año, una de las plataformas más utilizadas era la PEL-38⁽⁹⁾, que utilizaba 1.024 sensores electrónicos (1/cm²) para analizar

la presión estática y dinámica plantar. Nuestra plataforma ofrecía una mayor resolución, aunque su principal aportación fue mostrar la representación gráfica de la carga correspondiente a cada cabeza metatarsal, en la sección practicada a través de las mismas, basados en los trabajos de Martorell⁽¹⁰⁾, permitiendo el tratamiento de las metatarsalgias con alzas de reequilibrio.

De la misma forma, llevamos a cabo un equipo portátil de registros plantares: el sistema PDM 240, desarrollado también conjuntamente por el Departamento de Ingeniería Electrónica e Informática de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Zaragoza y el Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología del Hospital Universitario Miguel Servet de Zaragoza⁽¹¹⁾. Cada plantilla utiliza captosres piezorresistivos y miden la presión plantar dentro del calzado durante la marcha o la carrera. La transmisión de la información se realiza desde un pequeño módulo emisor, que transporta el sujeto objeto de estudio. Esta información se envía en tiempo real por radiofrecuencia hasta un receptor conectado a un ordenador PC convencional, lo que permite una libertad de movimientos total sin restricciones de espacio. La evolución de las presiones se visualiza instantáneamente y no existe limitación en el tiempo de registro, *siendo pioneros en este tipo de registros*.

Los otros sistemas más utilizados ofrecen más sensores pero limitan el estudio de la marcha a la longitud del cable. Así, el EMED-PEDAR permite el estudio estático y dinámico con calzado, en forma de plantilla conectada al ordenador por cable, con 256 sensores⁽¹²⁾. El otro sistema, F-Scan, detecta, visualiza y graba la presión plantar durante la marcha, mediante una plantilla de 960 sensores resistivos. Estos sensores cambian su resistencia al ejercerse presión sobre ellos y sirven para medir la carga plantar dentro del zapato durante la marcha. La plantilla es flexible y puede ser recordada para que ajuste en el zapato, conectada al ordenador mediante cable. La información se visualiza en la pantalla en color, de forma fácilmente comprensible, con una escala en la que cada color corresponde a una presión determinada. La sensibilidad del sistema y su resolución disminuyen cuando se utilizan las plantillas en diferentes zapatos, cuando se manipulan repetidamente y cuando han sido utilizadas para el registro de más de 30 ciclos de marcha. Aunque ha sido ampliamente utilizado para el estudio de la marcha⁽¹³⁻¹⁵⁾, el deterioro de las plantillas y la necesidad de comprar nuevas encarecen su utilización.

PRESENTE

Dentro de este contexto, en el momento actual, gracias a la evolución de la tecnología y basados en el diseño del sistema PDM 240, hemos desarrollado el equipo XPresion, permitiendo los registros por radiofrecuencia, sin limitación de espacio y tiempo, mejorando los sistemas más utilizados: Emed System y F-Scan, puesto que disponemos de 2 sensores en retropié

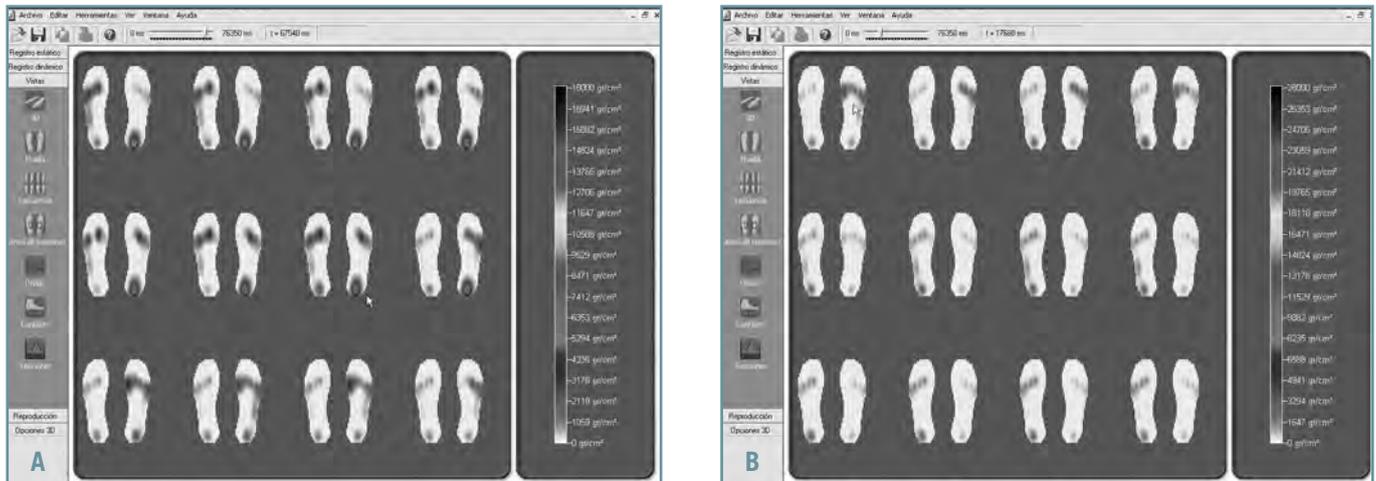


Figura 1-A. Registro correspondiente a la secuencia de la huella que muestra sobrecarga del talón al bajar una rampa, consecutiva al mecanismo de frenada con el fin de mantener el equilibrio.

Figura 1-B. Secuencia de la huella que muestra sobrecarga del antepié subiendo una rampa, con desplazamiento a M1, y que corresponde a la fase de impulso necesaria para subir pendientes

Figure 1-A. Recording of the footprint sequence showing heel overload while walking down an incline as a consequence of the braking mechanism in order to maintain balance.

Figure 1-B. Recording of the footprint sequence showing forefoot overload while walking up an incline with displacement towards M1, corresponding to the impulsion phase required for this form of locomotion.

y 5 sensores en antepié para cada uno de los metatarsianos, además del sensor para el primer dedo y el sensor del mediopié. La comunicación inalámbrica entre ambos módulos permite un uso libre, tanto en interiores como en exteriores, pistas deportivas, etc., haciendo su uso idóneo en deporte e investigación biomecánica de la marcha (**Figura 1**).

De esta forma, podemos valorar a un paciente en condiciones normales, sin alterar el estudio, esto es, con su calzado habitual y con total libertad de movimientos de manera equitativa y cuantitativa, ya que los sensores están calibrados para ofrecer datos exactos sobre la presión que el pie está realizando en cada momento al apoyar. El sistema permite la digitalización e informatización, admitiendo la valoración dentro del calzado de los tratamientos y estudios realizados, frente a los podoscopios ópticos o electrónicos (**Figura 2**).

Dentro de las aplicaciones de la baropodometría electrónica, podemos distinguir dos grandes áreas, que examinamos a continuación.

Estudios biomecánicos

Una importante aportación de la baropodometría ha sido la de su contribución al estudio de la distribución de presiones plantares tanto estáticas como dinámicas en individuos normales, que ha permitido profundizar en la comprensión de la función y biomecánica del pie normal y en su aplicación posterior en la patología inflamatoria.

Los trabajos con baropodómetros electrónicos muestran que todos los metatarsianos soportan carga y que ésta parece concentrarse, sobre todo, en los metatarsianos centrales. Para Holmes⁽³⁾ el metatarsiano que más carga soporta es el segundo, seguido del tercero y cuarto. También, los estudios que para el desarrollo de nuestros equipos muestran una carga mayor para los metatarsianos centrales⁽¹⁶⁻¹⁸⁾.

Usos clínicos

Para el estudio y monitorización de procesos patológicos

- **Pie reumatoide.** Desde su inicio, la afectación particularmente frecuente de las metatarsofalángicas de los cuatro últimos dedos y de la interfalángica del primero, a menudo constituye la primera manifestación clínica de la enfermedad, lo que obliga a prestarles particular atención por su valor para un diagnóstico precoz. La baropodometría permite conocer la distribución de la carga plantar en el curso evolutivo de la enfermedad, controlando las hiperpresiones que se producen bajo las cabezas metatarsales, para diseñar, según los registros obtenidos, las ortesis adecuadas (preventivas al principio, correctoras cuando la deformidad se produce y en carga, son aún reductibles e indoloras a la movilización, y paliativas o protectoras en los estadios avanzados cuando las deformidades son irreductibles)⁽¹⁹⁾.

- **Metatarsalgias.** La alteración de la distribución de las presiones en el antepié da lugar a las metatarsalgias, siendo

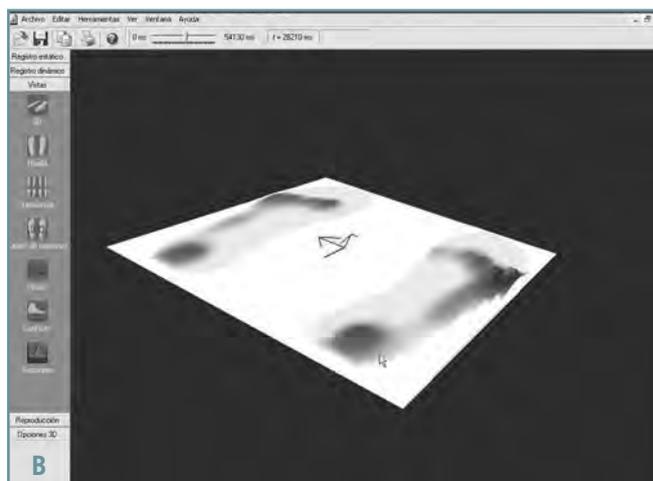
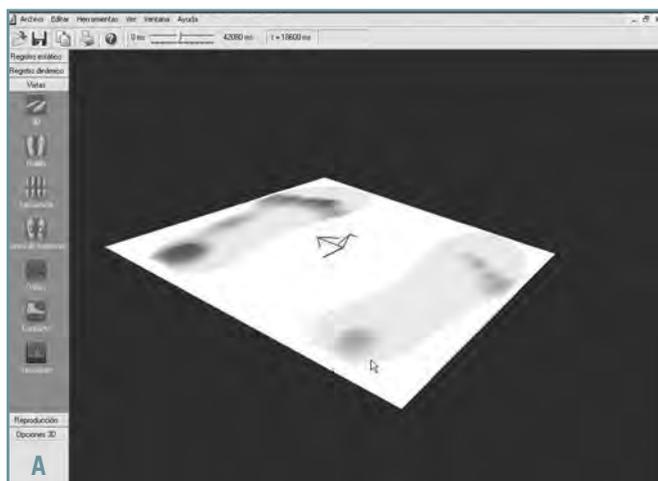


Figura 2-A. Imagen en 3D que muestra apoyo mínimo del retropié del pie derecho, consecutivo a fractura severa del calcáneo derecho, sin plantilla.

Figura 2-B. Apoyo mejorado del retropié del pie derecho, al llevar la plantilla de descarga.

Figure 2-A. Three-dimensional image showing minimal right hindfoot support secondary to severe fracture of the right os calcaneus, without inlay.

Figure 2-B. Improved support of the right hindfoot while using a support inlay.

una patología especialmente frecuente en la consulta ortopédica y reumatológica diaria, con una carencia de métodos precisos de diagnóstico funcional podológico. Esto explica los frecuentes fracasos en el tratamiento de esta patología. Por eso, la aportación de la baropodometría es fundamental en el diagnóstico y tratamiento de las metatarsalgias. La posibilidad de conocer la distribución de las presiones sobre la superficie plantar permiten detectar precozmente las alteraciones, reequilibrando la carga transmitida al antepié^(17,19).

- **Talalgias.** La talalgia plantar que se encuentra con más frecuencia, se sitúa en el marco del síndrome llamado “del espolón calcáneo”. Se trata de una entesopatía mecánica, que afecta a las inserciones musculotendinoaponeuróticas, situada sobre la tuberosidad posterointerna de la cara inferior del calcáneo. La obtención de un podograma fisiológico sin alteración del apoyo plantar, una vez seguido el tratamiento con ortesis⁽²⁰⁾, nos orienta sobre el resultado obtenido.

- **Deformidades.** También posibilita el estudio de las zonas de hiperpresión, orientando el tratamiento y su evolución después del mismo⁽¹⁷⁾, que en ocasiones puede requerir normalización del apoyo plantar.

Para valoración del tratamiento quirúrgico

- En la cirugía de la extremidad inferior, valorando correcciones de ejes en las osteotomías y la cirugía protésica (prótesis de cadera y prótesis de rodilla) y, en su caso, modificar la distribución de la carga estática dinámica a nivel de los pies⁽²¹⁾.
- En la alineación metatarsal, como tratamiento de la artritis reumatoide, se puede comprobar en el posoperatorio si

ha disminuido la presión plantar que antes se registraba en determinados puntos del antepié⁽²²⁾.

- Para comprobar el efecto de las artrodesis en el retropié⁽²³⁾. En un pie con varo de calcáneo se pueden ver zonas de hiperpresión en la zona lateral del retropié. En caso de un valgo de calcáneo estas zonas de hiperpresión se observarán en la zona medial del retropié. Tras realizar una doble o triple artrodesis la distribución de las cargas puede variar y distribuirse de forma más uniforme por el retropié.

- En el seguimiento quirúrgico del *hallux valgus*⁽²⁴⁾: para ver la variación que se produce en la distribución de la carga entre el primero y los metatarsianos laterales, incluyendo el apoyo de los dedos, según la técnica empleada⁽¹⁴⁾. También se ha usado la baropodometría electrónica para analizar el efecto de la osteotomía de primer metatarsiano, para reducir su desviación en varo, como gesto asociado en el tratamiento quirúrgico del *hallux valgus*⁽²²⁾.

Para diseñar y valorar el efecto de las ortesis

Otra de las aplicaciones más importantes de la podobarometría es la relacionada con el diseño informatizado de las ortesis, sobre todo en el tratamiento de las metatarsalgias con plantillas de reequilibrio.

En el tratamiento ortopédico se han venido utilizando habitualmente las plantillas de compensación o descarga, consistentes en un apoyo retrocapital que disminuye mediante elevación la carga de los metatarsianos más sobrecargados⁽²⁵⁾.

Basándonos en las ideas de Martorell⁽¹⁰⁾, pensamos que suplementando con alzas las cabezas de los metatarsianos menos sobrecargados se puede llegar a conseguir un reequilibrio de las presiones soportadas por las cabezas metatarsales, y permitir así un tratamiento más eficaz y fisiológicamente más adecuado.

Este tipo de plantillas de reequilibrio producen un reparto de las cargas entre los metatarsianos más equitativo que las plantillas de descarga^(17,25). El podoscopio electrónico ayuda a conocer con exactitud la zona de sobrecarga y, por tanto, facilita el diseño de la plantilla adecuada, objetivando la descarga efectuada sobre las cabezas metatarsales, con los distintos tipos de ortesis que se utilizan en el tratamiento de las metatarsalgias.

Prevención de alteraciones tróficas

- En el pie diabético, para la prevención de las úlceras tróficas, significando un ahorro considerable del coste sanitario (superior al 50%), al evitar las hospitalizaciones y las amputaciones derivadas de la evolución tórpida de las mismas^(1,26).

- En los pacientes con disrafismo espinal u otras afecciones neurológicas, aminorando las zonas de hiperpresión⁽¹⁾.

Prevención de las alteraciones y deformidades del pie en los niños

Supone conocer y definir el patrón de la marcha en los niños, una vez ha madurado biomecánicamente su desarrollo, para poder realizar un diagnóstico precoz correcto y objetivo, con una sencilla exploración accesible a personal no especializado, en el propio centro escolar, supone un avance indudable. El diagnóstico asistido o automatizado permitiría, de esta forma, el estudio de niños y adolescentes en edad escolar a gran escala, con el fin de prevenir deformaciones y alteraciones funcionales del pie, sobre todo en las formas iniciales. De este modo, se hace más eficaz la intervención del especialista, que podría supervisar la campaña preventiva y dedicarse de lleno a los casos más complejos⁽¹¹⁾.

Medicina pericial y forense

El análisis de los diferentes patrones de presiones plantares permite el estudio comparativo entre el patrón fisiológico y los patológicos, que no pueden simularse, si se realizan diferentes registros⁽²⁷⁾.

Medicina deportiva

Como medio preventivo de lesiones, puesto que es posible modificar el orden de sollicitaciones mecánicas dirigidas a la pierna, la pelvis y el raquis lumbosacro, a partir de una acción plantar que se propague de abajo arriba^(20,28,29).

FUTURO

Los avances conseguidos permiten sincronizar los registros baropodométricos, con el análisis y control de movimientos mediante videocámara y los registros electromiográficos, ampliando considerablemente las aplicaciones en la biomecánica y la biomedicina⁽³⁰⁾.

- Podemos aplicar la biomecánica al *rendimiento deportivo*, en cada una de las especialidades, aprovechando al máximo las características del deportista que le hagan mejorar las marcas con un menor esfuerzo. De la misma forma, prevenir y tratar, más eficientemente, las lesiones que pueden generarse en la práctica deportiva.

- En la *ergonomía laboral*, aportando datos precisos para prevenir accidentes laborales, patología de sobrecarga y, de esta forma, hacer compatible la seguridad con la productividad.

- En el estudio del aparato locomotor, incluyendo diseño de prótesis, simulación de lesiones y resultados que podrían obtenerse con los diferentes tratamientos ortopédicos o quirúrgicos, mediante un modelo virtual, en el que se pueden programar patologías de raquis o extremidades, obteniendo los diferentes resultados, con distintas técnicas, con el fin de elegir la más adecuada para cada paciente.

- Por último, la aplicación en la ingeniería de tejidos, de elementos finitos y modelos matemáticos, y su conexión interactiva con la aparición de nuevos biomateriales, nos hace ser optimistas en el sentido de poder alcanzar previsiones insospechadas en un corto espacio de tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abboud RJ, Rowley DY. Foot pressure Measurement. In: Surgery of Disorders of the Foot and Ankle. London: Martin Dunitz Limited; 1996. p. 123-38.
2. Cobb J, Claremont DJ. Transducers for foot pressure measurement: survey of recent developments. Med Biol Eng Comput 1995; 33: 525-32.
3. Holmes GB, Timmerman L, Willitis N. Practical considerations for the use of the pedobarograph. Foot Ankle 1991; 12(2): 105-8.
4. Hughes J. The clinical use of pedobarography. Acta Orthop Belg 1993; 59(1): 10-5.
5. Alexander IJ, Chao E, Johnson K. The assessment of dynamic foot to ground contact forces and plantar pressure distribution: a review of the evolution of current techniques and clinical applications. Foot Ankle 1990; 11(3): 152-67.
6. Henning EM, Cavanagh PR, Albert HT, et al. A piezoelectric method of measuring the vertical contact stress beneath the human foot. J Biomed Eng 1982; 4: 213-21.
7. Pérez García JM, López Soler JE, Martínez Villa J, et al. Utilización de sensores piezorresistivos para el cálculo de presiones plantares. Rev Med Cir Pie 1993; VII(1): 103-6.

8. Pérez García JM, López Soler JE, Martínez Villa, et al. Podómetro electrónico PDS93. Contribución a la baropodometría electrónica. *Rev Med Cir Pie* 1995; IX(2): 51-9.
9. Woodle A. The PEL-38 electronic podometer for static and dynamic analysis of foot biomechanics. *Clin Podiatr Med Surg* 1993; 10(3): 417-29.
10. Martorell, J. Las osteotomías de los metatarsianos basadas en los datos del baropodómetro. *Rev Med Cir Pie* 1989; III(2): 87-97.
11. Pérez García JM, Herrera A, Domingo J, et al. Sistema electrónico portátil PDM 240 para el análisis estático y dinámico del apoyo plantar. *Rev Med Cir Pie* 1997; XI(1): 55-9.
12. Graf, P. The EMED system of foot pressure analysis. *Clin Podiatr Med Surg* 1993; 10(3): 445-54.
13. Brown M, Rudicel S, Esquenazi A. Measurement of dynamic pressures at the shoe-foot interface during normal walking with various foot orthoses using the F-Scan system. *Foot Ankle* 1996; 17(3): 152-6.
14. Resch S, Stenstrom A. Evaluation of hallux valgus surgery with dynamic foot pressure registration with the F-Scan system. *Foot* 1995; 5(3): 115-21.
15. Young Ch. The F-Scan System of foot pressure analysis. *Clin Podiatr Med Surg* 1993; 10(3): 455-61.
16. Domingo J, Herrera A, Martínez A, et al. Contribución y límites de la baropodometría electrónica. *Rev Ortop Traumat* 1998; 42: 189-92.
17. Martínez Martín A. Aplicación del podoscopio electrónico PDS93 para el diseño de plantillas ortopédicas en el tratamiento de las metatarsalgias. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza 1997.
18. López JE, Orrite C, Pérez García JM. Método electrónico para la obtención de presiones plantares, de utilidad en el estudio biomecánico del pie. *Biomecánica* 1995; III(5): 117-20.
19. López JE, Pérez JM, Orrite C. Redistribution orthoses for metatarsalgia treatment: design based on high resolution pedobarography. *Med Biol Eng Comput* 1996; 34 (Suppl 1): 333-4.
20. Malillos M, Joven E, Peña D, et al. Las talalgias en la práctica deportiva. *Rev Pie y Tobillo* 2005; XIX(1): 37-40.
21. Domingo J. Estudio de los cambios biomecánicos en el apoyo metatarsal en pacientes portadores de prótesis total de rodilla. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza 1998.
22. Borton D, Stephens M. Basal metatarsal osteotomy for hallux valgus. *J Bone Joint Surg* 1994; 76-B: 204-9.
23. Bisaccia P, Couverchel L, Passuti N. Apport de la podométrie électronique dans le cadre du suivi post-opératoire des pieds opérés de double arthrodèse. *Acta Orthop Belg* 1994; 60(2): 173-83.
24. Ramón S, Guirao L, Puigdelivol J, et al. Estudio del hallux valgus prequirúrgico. Datos clínicos y baropodométricos. *Rev Med Cir Pie* 1996; X(1): 33-8.
25. Pérez García JM, Martínez Martín A, Martínez Villa J, et al. Plantillas de reequilibrio o de compensación. Aportación de la plataforma PDS93 de alta resolución. *Rev Ortop Traumatol* 1996; 40: 332-5.
26. Kästenbauer T, Sokol G, Irsigler K. The effects of walking uphill or downhill on dynamic plantar foot pressure in diabetic patients. *The Foot* 1995; 5: 199-201.
27. Pérez García JM. Aplicación del sistema electrónico portátil PDM240 en medicina pericial y forense. *Rev Esp Daño Corporal* 1998; 6: 85-9.
28. Pérez García JM, Villarroya A, Herrera A, et al. Importancia del registro de presiones plantares en la prevención de lesiones deportivas. En: *Biomecánica y Deporte*. Valencia: Ayuntamiento de Valencia; 2001. p. 257-63.
29. Malillos M, Joven E, Peña D, et al. Importancia del sistema aquileo-calcáneo plantar en la patogenia y tratamiento de las talalgias. *Rev Pie y Tobillo* 2004; XVIII(2): 183-5.
30. Pérez García JM. Exploración del movimiento y de la marcha. En: M. Núñez-Samper y L.F. Llanos Alcázar (eds.): *Biomecánica, medicina y cirugía del pie*. Barcelona: Masson; 2006.

Con la colaboración de:

Dres. J. Martínez Villa¹, A. Villarroya Aparicio²

¹Ex Director de la Revista de Medicina y Cirugía del Pie.

²Catedrático de Biomecánica. Escuela Universitaria de Ciencias de la Salud. Zaragoza