

## Uso de la baropodometría

Antonio Hurtado Padilla\*

### INTRODUCCIÓN

La marcha bipodal es una característica del ser humano y es la manera habitual que tiene para desplazarse. Durante su ejecución, el peso del cuerpo es soportado de manera alternativa por las extremidades inferiores. Más que el desarrollo de un reflejo innato, la marcha es un proceso aprendido, por lo que cada persona muestra en su desarrollo características propias que son determinadas por factores como: talla, peso, sexo, longitud de las extremidades, integridad neurológica y capacidad muscular, por lo que no obstante que puede haber grandes diferencias de un individuo a otro, las diferencias entre las mediciones angulares en condiciones normales son mínimas.<sup>11</sup>

Para el estudio de la marcha existen diferentes técnicas, entre las cuales podemos destacar los métodos cinemáticos que estudian la dinámica del movimiento, sin ocuparse de las fuerzas que las originan y los métodos cinéticos que estudian las fuerzas que se producen durante la marcha.

Entre los métodos cinéticos está la inspección, en la cual, a través de la simple observación se realiza la valoración del sujeto mientras deambula, lo que se puede hacer de manera más objetiva utilizando el pasillo de espejos de Ducroquet. En la actualidad, la inspección se ha visto auxiliada por diferentes métodos como la fotografía, la cinematografía, el video, los acelerómetros y los captosres plantares entre otros medios, que nos ayudan a obtener un estudio más detallado y preciso de los movimientos que ocurren durante la marcha.

Los métodos cinéticos utilizan para su estudio plataformas que registran las fuerzas que se ejercen sobre el suelo durante la marcha, captosres fijos al pie y baropodómetros que analizan las presiones ejercidas en cada punto de la planta del pie a través de una plataforma.

#### Objetivos:

- a) Describir los principios y utilidad de la baropodometría
- b) Discutir sus aplicaciones clínicas y terapéuticas.
- c) Narrar la experiencia obtenida en el Hospital de Traumatología y Ortopedia "Lomas Verdes" IMSS.

\* Médico adscrito a la Unidad Médica de Alta Especialidad "Lomas Verdes" IMSS. Postgraduado en Cirugía de Pie y Tobillo.

El pie se encuentra conformado por un sistema óseo, articular y muscular que actúan en conjunto para poder dar la rigidez necesaria para soportar las cargas del cuerpo y la flexibilidad para el movimiento adecuado durante la marcha.<sup>14-16</sup>

La posición erecta y la marcha son actividades complejas que requieren la integridad del sistema musculoesquelético y del sistema nervioso. Normalmente la distribución del peso corporal se reparte en forma equitativa entre las dos extremidades inferiores y sobre cada una de las superficies plantares, correspondiendo 40% a la parte delantera y 60% sobre el talón.<sup>14</sup>

Las articulaciones de la extremidad inferior forman una cadena cinemática en la cual interactúan diferentes segmentos, tanto en condiciones normales como en condiciones patológicas. De esta manera, el resultado de toda esta cadena termina en el pie, lo que permite el estudio de la marcha a través de sus representaciones en la huella plantar.<sup>1,2</sup>

### ¿QUÉ ES LA BAROPODOMETRÍA?

Es el estudio de la distribución de las presiones plantares, a través de una plataforma de registro electrónico. El término procede del griego: *baros*, peso, *podos*, pie y *metron*, medida. Este estudio también es conocido como plataforma de presiones, podómetro o fotopodobarometría, pero el más utilizado en la actualidad es el de baropodometría, descrito por Piero Galazzo en 1986. Otro término que se utiliza es el de baropodometría electrónica, debido a la tecnología que se utiliza para obtener estos registros. Este método ha experimentado grandes avances en los últimos 20 años gracias a un proceso de investigación continua y al desarrollo de mejores programas y plataformas de presiones realizadas principalmente en Italia y en otros países de Europa.

La ventaja de este método es que no es invasivo, es repetible y cuantificable, lo que permite estudiar la marcha desde el punto de vista cinético, pudiendo ser complementado con métodos cinemáticos (video) para un análisis más completo (*Figura 1*).

El análisis del paso mediante aparatos como los baropodómetros permite conocer las presiones que se ejercen en cada uno de los puntos de la superficie plantar, tanto en forma estática como dinámica. Permite visualizar en tiempo real, durante el desarrollo del paso, tanto la superficie de carga como la línea que se forma desde el centro de gravedad o de empuje corporal.<sup>2,4</sup>



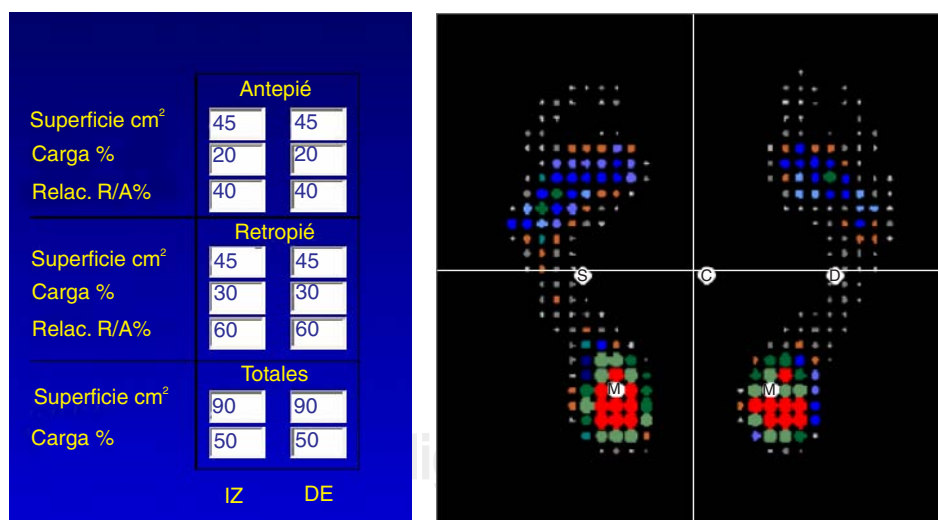
**Figura 1.** Baropodómetro electrónico.

La baropodometría electrónica llegó a México en 2002 y fue a través de Diagnostic Support México que se introdujo a nuestro país la tecnología más avanzada en sistemas de presiones plantares y valoración postural. En un esfuerzo para difundir y ampliar el conocimiento de esta herramienta se instaló un baropodómetro electrónico en el Servicio de Pie y tobillo del Hospital de Traumatología y Ortopedia “Lomas Verdes” del IMSS, en donde de manera conjunta se empezaron a hacer los primeros estudios. El equipo consiste en una plataforma de 240 cm de longitud por 40 cm de ancho que cuenta con 9,600 sensores electrónicos que proporcionan los datos de presión de cada uno de los pies a una computadora que transforma los datos numéricos que se registran en forma estable y dinámica, transformándolos en imágenes.

En la fase estática el baropodómetro registra la imagen de la huella plantar, se define la localización del baricentro, así como los puntos máximos de presión para cada extremidad y la repartición de cargas entre el antepié y el retropié (*Figuras 2 y 3*).

La fase dinámica representa el aspecto más importante e innovador del análisis instrumental, puesto que permite visualizar el registro consecutivo en función del tiempo, de todos los datos relativos al pie durante el desarrollo del paso normal. Durante la fase dinámica es posible además registrar la superficie que se abarca entre cada paso, la presión máxima ejercida en cada fase individual durante el desarrollo del paso, la velocidad de movimiento del pie en cada fase y la fuerza ejercida por el peso durante las fases de apoyo y de impulso.

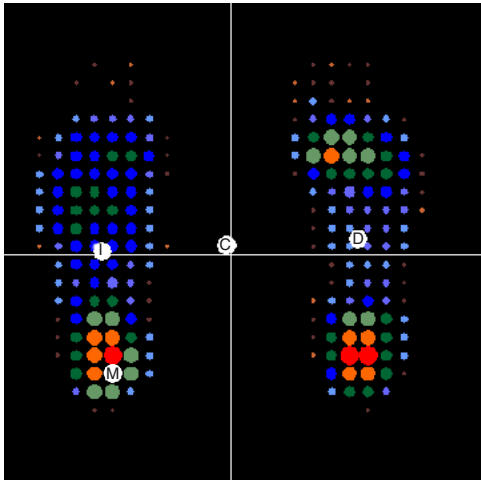
Esto nos permite realizar un procedimiento que mide la distribución de las presiones plantares en posición erecta, ya sea en fase estática o dinámica pro-



**Figura 2.** Baropodometría en fase estática donde se observan los puntos de máxima presión y el baricentro en un paciente normal con valores de referencia normales.

porcionándonos los valores de las presiones en colores, el punto de máxima presión, la superficie de apoyo y el baricentro corpóreo o centro de presión proyectado al interior del polígono de apoyo (la proyección del centro de gravedad a la huella plantar).

Los valores de las presiones son expresados en g/cm<sup>2</sup> y permiten leer el mapa plantar, posibilitando y evidenciando su relación con el pie normal.

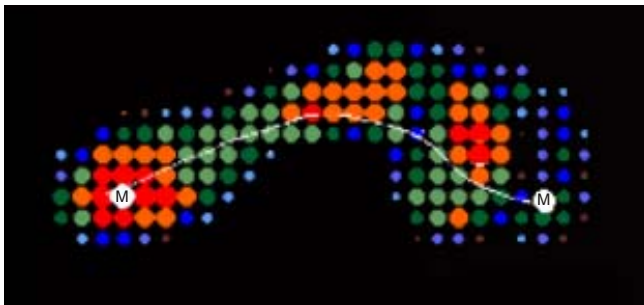
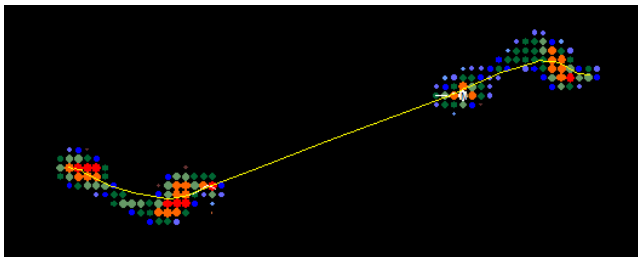


**Figura 3.** Baropodometría de paciente con pie plano.

La gráfica para investigar dinámicamente el baricentro proyectado al piso se puede considerar normal si se origina en el tercio posterior del retropié, se adelanta desplazándose en dirección del V metatarsiano, pasando después sobre el IV, continúa sobre el III, II y termina en el dedo gordo. Cualquier alteración de este patrón puede considerarse el reflejo de un proceso patológico (Figura 4).

#### USOS DE LA BAROPODOMETRÍA

Debemos recordar que la baropodometría es sólo una herramienta más al alcance del médico, y en ningún momento supe a la valoración



**Figura 4.** Baropodometría en fase dinámica donde observamos baricentro proyectado al piso en un paciente normal.

clínica, sólo ayuda a precisar el diagnóstico y permite hacer un seguimiento adecuado.

La utilidad de este estudio ha sido manifestada en diferentes disciplinas de la medicina no sólo en la ortopedia, sino también en neurología, otorrinolaringología, rehabilitación y medicina deportiva.

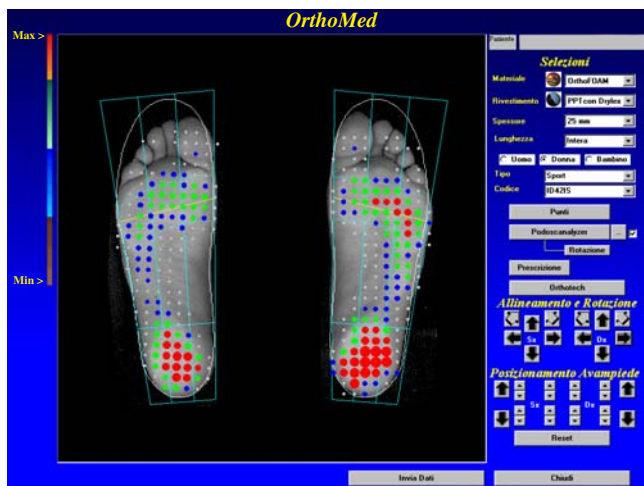
Una aportación importante de la baropodometría es el estudio de las presiones plantares, tanto dinámicas como estáticas, en individuos normales, lo que conduce a la comprensión de la biomecánica del pie normal y su aplicación posterior en procesos patológicos.<sup>2</sup>

Diversos autores han confirmado mediante trabajos realizados con baropodómetros electrónicos, que todos los metatarsianos soportan cargas y que éstas recaen principalmente en los centrales.<sup>4,8</sup> En la práctica clínica este método ha sido de gran utilidad en el tratamiento y control del pie reumático, ya que permite contar con un registro baropodométrico de la evolución de este padecimiento para detectar oportunamente las zonas anormales de hiperpresión, brindarles un tratamiento específico y evitarles complicaciones por hiperpresión,<sup>10</sup> también en los pacientes diabéticos con alteraciones sensitivas es de gran ayuda, ya que se pueden localizar las zonas de mayor presión y realizar la descarga adecuada para evitar lesiones.<sup>5</sup>

En términos generales, se puede decir que la fotobaropodometría permite determinar cualquier alteración en la distribución de las presiones plantares en el antepié, que se traducen clínicamente como metatarsalgias, ya que permite evaluar el déficit funcional del pie y obtener información precisa con relación a sus sollicitaciones mecánicas. La posibilidad de conocer la distribución de las presiones sobre la superficie plantar da oportunidad de equilibrar la carga transmitida al pie.<sup>6,8,9</sup>

El procedimiento también puede ser utilizado para valorar la eficacia de los tratamientos quirúrgicos al permitir comparar objetivamente entre un estado preoperatorio y después del procedimiento, lo que ha dado oportunidad a mejorar las técnicas, no sólo en cirugía de pie y tobillo, sino también en cirugía de rodilla y columna.<sup>3,4,7</sup> Se le ha encontrado un valor pronóstico, en especial en el estudio de las alteraciones del pie plano valgo del niño.<sup>13</sup> La medicina deportiva ha encontrado en esta tecnología una herramienta útil para evaluar el desarrollo de los atletas en diferentes disciplinas y mejorar su desempeño, así como la prevención de lesiones. Se utiliza como un complemento en los programas de rehabilitación donde se evalúa la eficacia del tratamiento y permite la modificación del mismo para obtener un mejor resultado. La baropodometría junto con sistemas optoelectrónicos (video y escaneo de huella plantar) permite realizar estudios de postura y finalmente, a través de la información obtenida por el estudio se tiene la posibilidad de realizar una plantilla tecnológica que permita una adecuada distribución de la carga y la corrección de una gran cantidad de problemas que se manifiestan en el pie (*Figura 5*).<sup>2,9</sup>

En el Hospital de Traumatología y Ortopedia "Lomas Verdes" se ha trabajado en diferentes protocolos con esta tecnología, inicialmente se realizó la valoración de los resultados quirúrgicos de la corrección del hallux valgus con la técnica



**Figura 5.** Diseño de plantilla tecnológica utilizando la información de la baropodometría.

ca mínima invasiva, lo que permitió un mejor entendimiento y aplicación de la técnica, así como de sus indicaciones precisas. Observamos en los pacientes postoperados de hallux valgus una disminución del apoyo en la falange distal del primer orjejo, lo que nos llevó a iniciar la fijación de la osteotomía de Akin para iniciar una rehabilitación precoz y mejorar su apoyo. También nos permitió valorar la necesidad de manejo a los metatarsianos centrales.

Se estudió el resultado funcional de las fracturas articulares de calcáneo manejadas quirúrgicamente, utilizando la escala para evaluar el funcionamiento del pie de la Universidad de Maryland y se realizó el estudio de baropodometría electrónica, encontrando que a pesar de un buen resultado en las escalas funcionales, la función dinámica no era tan adecuada como se pensaba.

En cuanto al estudio y manejo de las metatarsalgias y las talalgias, ya sean primarias o secundarias, se ha logrado un avance sustancial en cuanto a la precisión en el diagnóstico y a través de plantillas tecnológicas de reequilibrio se logra dar una descarga adecuada y un mejor tratamiento a estos problemas. Se hizo una correlación entre el tipo de pie y la huella plantar a través de la baropodometría, lo que nos ha permitido en el estudio de las metatarsalgias precisar el manejo, ya sea conservador o quirúrgico, en esta última situación permite determinar el tipo de osteotomía a realizar en los metatarsianos, ya sea por las que se realizan, proximales o distales.

En el manejo del pie reumático ha sido de gran ayuda, tanto para conocer las zonas de mayor presión y las alteraciones dinámicas de estos pies severamente lesionados, lo que nos permite planear de manera más acuciosa el procedimiento quirúrgico y una vez realizado, al tomar un nuevo estudio baropodométrico podemos observar si se alcanzaron los objetivos que se trazaron inicialmente en la planeación quirúrgica y además podemos realizar una plantilla de descarga como complemento a nuestro tratamiento, lo que disminuye la aparición de zonas de hiperpresión y una mejor descarga del pie.

## CONCLUSIONES

La marcha humana es una actividad compleja, que requiere de un balance estricto, donde toda la extremidad inferior actúa de manera conjunta para realizar el movimiento y donde el pie es la única parte que actúa sobre el suelo. Por lo tanto, la posibilidad de estudiar sus repercusiones en las presiones plantares abre un nuevo enfoque para el médico. La baropodometría puede ser utilizada como una herramienta diagnóstica, terapéutica, para estudios biomecánicos de la marcha (científicas) y junto con la elaboración de plantillas podemos dar tratamiento o prevenir lesiones. Permite un seguimiento y monitoreo preciso de la evolución de la patología. Es un método que es repetible, cuantificable, objetivo y confiable. Cada día se desarrollan nuevos proyectos de investigación, utilizando esta tecnología, asociando los efectos a las causas.

La baropodometría es una herramienta más al alcance del médico. No supe la valoración clínica, la complementa y permite una mejor atención a los problemas de los pacientes.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Comín CM, et al. Factores que influyen en las presiones plantares. *Medicina de Rehabilitación* 1999; XII(3) : 31-39.
2. Comín CM, et al. Análisis de las presiones plantares: técnicas y aplicaciones. *Medicina de Rehabilitación* 1999; XII(3): 22-30.
3. Domingo CJ, et al. Análisis baropodométrico de los cambios en la biomecánica plantar tras la prótesis total de rodilla. *Rev Mex Ortop Trauma* 1999; 43(5): 335-341.
4. Domingo CJ, et al. Contribución y límites de la baropodometría electrónica. *Rev Mex Ortop Trauma* 1998; 42(3) : 189-192.
5. Frirstch C, Hasbelck M. Significance of pedography in the diagnosis and treatment of the diabetic foot syndrome. *MMW Fortschr Med* 2004; 146(26): 51-4.
6. Galois L, Girard D, Martinet N, Delagoutte JP, Mainard D. Optoelectronic gait analysis after metatarsophalangeal arthrodesis of the hallux: fifteen cases. *Rev Chir Orthop reparatrice Appar Mot* 2006; 92(1): 52-9.
7. Kinner BJ, Best R, Falk K, Thon KP. Is there a reliable outcome measurement for displaced intra-articular calcaneal fractures? *J Trauma* 2002; 53(6): 1094-1102.
8. Martínez MA, et al. Tratamiento ortopédico de las metatarsalgias y su valoración mediante baropodometría electrónica. *Rev Mex Ortop Trauma* 1998; 42(6): 456-462.
9. Pérez GJ, et al. Plantillas de reequilibrio o de compensación: aportación de la plataforma PDS 93 de alta resolución. *Rev Mex Ortop Trauma* 1996; 40(4): 332-335.
10. Rosenbaum D, Shmigel A, Meermeier M, Gaubitz M. Plantar sensitivity, foot loading and walking pain in rheumatoid arthritis. *Rheumatology (Oxford)* 2006; 45(2): 212-4.
11. Vaughan CL. Theories of bipedal walking: an odyssey. *J Biomech* 2003; 36(4): 513-23.
12. Viel E. *La marcha humana, la carrera y el salto*. Barcelona. Masson. 2002.
13. Viladot A. Follow-up study of flat foot in children. *J Bone Joint Surgery* 2003.
14. Viladot PA. *Patología del antepié*. 4ª edición. Barcelona. Springer-Verlag Ibérica. 2001.
15. Viladot PA. *Quince lecciones sobre patología de pie*. 2ª edición. Barcelona. Springer-Verlag Ibérica. 2000.
16. Viladot VA. *Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor*. Barcelona. Masson 2004.