

# ARTÍCULOS ORIGINALES

## ESTUDIO DE LA MARCHA EN EL PIE PLANO INFANTIL

\* MÉDICO ADJUNTO DE ORTOPEDIA PEDIÁTRICA. CORPORACIÓ  
SANITARIA DEL PARC TAULÍ. SABADELL. BARCELONA

\*\* JEFE DEL SERVICIO DE REHABILITACIÓN.  
HOSPITAL DE SAN RAFAEL. BARCELONA.

\*\*\* PROFESOR TITULAR DE ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGÍA  
DE LA UNIVERSIDAD DE BARCELONA.

M.<sup>a</sup> D. COLL BOSCH\*

A. PASARÍN MARTÍNEZ\*\*

S. SUSO VERGARA\*\*\*  
A. VILADOT PERICÉ (†)

### RESUMEN

Se realiza un estudio de marcha con el Baropodómetro «Pel 38» en 76 pacientes de ambos sexos y de edades comprendidas entre 3 y 5 años, diagnosticados de Pie Plano Flexible. Se compara la huella plantar estática obtenida con el Baropodómetro, el Podoscopio y el Fotopodograma, así como la superficie plantar estática y dinámica con el BPE. Se comparan estos datos y se relacionan con el sexo. En los resultados se observa la presencia de Pies Normales y Cavos, en los datos obtenidos con el BPE, tanto en estática como en dinámica. Se concluye que el estudio de la marcha es un método fiable para el diagnóstico del Pie Plano Flexible, ya que el pie es un elemento dinámico.

**Palabras clave:** Pie Plano Flexible. Diagnóstico. Análisis de la marcha. Fotopodograma.

### SUMMARY

Perform a walking test with «Pel 38» Baropodometer (BPE) in 76 patients of both sex and aged between 3 and 5 years old diagnosed of flexible flat foot.

We compare the static footprint made with a baropodometer, podoscope and photopodogram as soon as the static and dynamic sole of the foot surface with BPE.

In the results we were observed normal and cavus feet in a cases analyzed with BPE. as much static or dynamic.

We conclude that the walking test is good to diagnose a flexible flat foot that it's clear that foot is a dynamic element.

**Key words:** Flexible Flat Foot. Diagnosis. Gait Analysis. Photopodogram.

### INTRODUCCIÓN

El pie es una estructura dinámica, razón por la cual el diagnóstico de las anomalías morfológicas del pie no puede hacerse solamente desde un punto de vista estático, sino que debe observarse como se comporta este elemento durante la marcha.

Un aspecto importante del estudio de la marcha es determinar qué alteraciones del desarrollo neuromuscular pueden ser responsables de malas posturas que conducirán a modificaciones en la es-

tructura del pie. Otra posibilidad de este método es la de orientar el diseño de un calzado infantil más fisiológico y parecido a «andar descalzo». Por esto sería conveniente observar como se comporta durante la marcha el pie descalzo del niño y con distintos calzados, incluyendo los deportivos.

El Baropodómetro Electrónico «Pel 38» (BPE) fue desarrollado en Toulouse por el Servicio de Cirugía Infantil y Ortopedia del Hospital Hotel Dieu, en el año 1982 (Pasquie, Gay, Mansat, 1982) y el Laboratorio de Anatomía y Análisis de Sistemas

#### Correspondencia:

Dra. M.<sup>a</sup> D. COLL BOSCH - Tel.: 93 723 10 10  
Corporació Sanitaria Pare Taulí - 08207 SABADELL (Barcelona)  
En Redacción: Marzo 2002

(Clot, 1979). El BPE además de dibujar la huella, evalúa la superficie y la presión plantar, tanto en estática como en dinámica, y permite valorar la distribución de carga sobre la planta del pie. El aparato mide la presión plantar en gr./cm. con una desviación de 1 cm. También define la proyección del centro de gravedad.

En el análisis estático se pueden valorar los siguientes parámetros: huella plantar, superficie total de carga, presión máxima, reparto de carga entre antepié y retropié y localización del centro de gravedad.

En el análisis dinámico se analiza la huella plantar, la superficie de carga, la presión plantar en las distintas fases del paso y el desarrollo del paso. También se puede observar la posición del pie durante la marcha, la evolución del punto de máxima presión y la velocidad de desarrollo del paso (12, 16, 21).

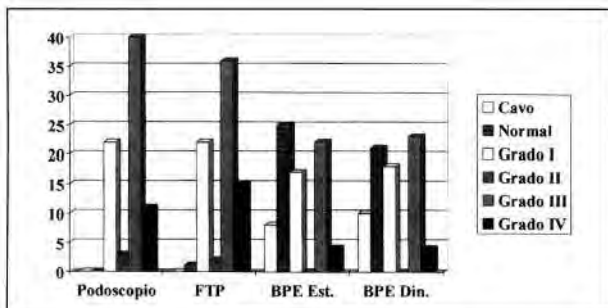
La finalidad de este trabajo es la de comparar la huella plantar estática obtenida con los medios clásicos, como son el Podoscopio y el Fotopodograma, con la del Baropodómetro Electrónico. Por otro lado, relacionar la huella plantar estática y dinámica con el BPE, para observar como se comporta el Pie Plano Flexible del niño durante la marcha.

**MATERIAL Y MÉTODO**

Se incluyen en el estudio 76 pacientes, 48 niños (63,2%) y 28 niñas (36,8%), de edades comprendidas entre 3 y 5 años y diagnosticados de Pie Plano Flexible.

Se utiliza el Baropodómetro Electrónico «Pel 38», que es un sistema constituido por una plataforma «Kistler» de 1.024 sensores de carga axial de 1 cm<sup>2</sup>, adaptada a un sistema informático. La plataforma está incluida a la misma altura en un pasillo de marcha de 5 m. de largo por 80 cm. de ancho.

**ANÁLISIS DE LA MARCHA PIE DERECHO**



Gráfica 1. Comparación de la huella plantar del pie derecho según los distintos métodos.

Antes de iniciar el estudio baropodométrico se registra el peso y la altura del paciente.

En este trabajo se compara la huella plantar estática que se obtiene con el Podoscopio, Fotopodograma y Baropodómetro Electrónico. También se relaciona la superficie plantar estática y dinámica que aparece en el BPE. Se analizan estos datos y sus diferencias con respecto al sexo.

**RESULTADOS**

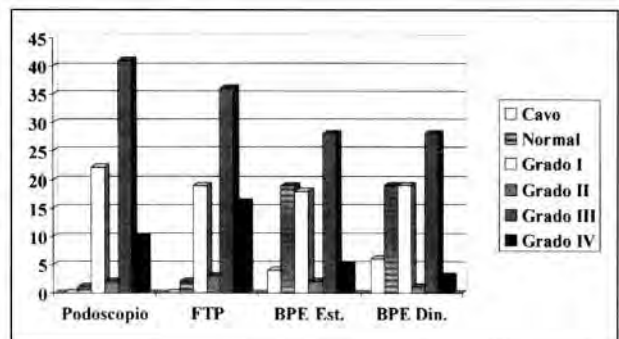
Analizando la huella plantar obtenida con el **Podoscopio**, se observa que el Pie Plano de grado III es el más frecuente (52,6% en el pie derecho y 53,9% en el izquierdo), seguido del grado I (28,9% para ambos pies) y el grado IV (14,4% en el lado derecho y 13,1% en el izquierdo). El Pie Plano de grado II sólo está presente en tres pies. El grado de asimetrías con este método es del 6,5%.

Si se hace la comparación por sexos, se detecta que el Pie Plano de grado III es más frecuente en niñas en un 25,9%, mientras que el grado I se halla en un mayor número en niños en un 20,3%. El Pie Plano de grado II (alrededor del 3%) y el de grado IV (entre un 14 y 15%) se encuentran en una proporción similar en ambos sexos. Solamente hay un Pie Normal en un niño.

En el análisis realizado con el **Fotopodograma**, se observa que el Pie Plano de grado III es también el más frecuente (47,3% en ambos pies), seguido del grado I (28,9% en pie derecho y 25% en el izquierdo) y el grado IV (19,7% en el lado derecho y 21,05% en el izquierdo). No hay Pies Planos de grado II y sólo tres Pies Normales. Con este método hay una asimetría del 15,7%.

Al igual que con el Podoscopio, el Pie Plano de grado III es más frecuente en niñas en un 21,2%, mientras que el grado I lo es en niños en un 20,1%. El grado IV se localiza en proporciones similares

**ANÁLISIS DE LA MARCHA PIE IZQUIERDO**



Gráfica 2. Valoración de la huella plantar del pie izquierdo.

en ambos sexos y el grado II es algo más numeroso en niñas en un 3,2%. Hay un 3,2% de Pies Normales en el sexo masculino.

Si se analiza la **huella plantar estática** con el **Baropodómetro Electrónico**, se observa que hay una proporción similar de Pie Plano de grado III (28,9% en pie derecho y 36,8% en el izquierdo) y de Pie Normal (32,8% en el derecho y 25% en el izquierdo), sigue el grado I (entre 22-23%), el Pie Cavo (10,5% en el lado derecho y 5,2% en el izquierdo) y el Pie Plano de grado IV (entre un 5-6%). El grado de asimetrías con este método es del 48,6%.

También aquí el Pie Plano de grado III es más frecuente en niñas en un 23,2% y el grado I (8,2%) y el Pie Normal (11,9%) en niños. Los Pies Cavos y Planos de grado IV se hallan en una proporción similar en ambos sexos. El Pie Plano de grado II sólo está presente en el sexo masculino en un 2,08%.

En el análisis de la **huella plantar dinámica** con el **BPE**, se observa que el Pie Plano de grado III (30,2% en el pie derecho y 36,8% en el izquierdo) es también algo más numeroso que el Pie Normal (27,6% en el lado derecho y 25% en el izquierdo). Sigue el grado I (entre 23-25%), Pie Cavo (7,8% en el pie derecho y 13,1% en el izquierdo) y por último el grado IV (entre 3-5%). La asimetría con este método es del 47,3%.

En dinámica, hay una mayor proporción de Pies Normales y Planos de grado I en niñas (58,9%) que en niños (45,8%). En cambio, el Pie Plano de grado III es ligeramente superior en el sexo masculino (1,5%). El Pie Cavo durante la marcha se manifiesta con una mayor frecuencia en niños en un 10%. El Pie Plano de grado II sólo está presente en el sexo masculino en un 1,04% (Gráfica 1 y 2).

## ESTUDIO DE LA CORRELACIÓN ENTRE EL DIAGNÓSTICO ESTÁTICO Y DINÁMICO

Se toma como referencia de los datos analizados, el pie derecho.

Comparando la huella plantar hallada con el Podoscopio y el BPE estático, se observa que con el segundo método hay un 10,5% de Pies Cavos y un 32,8% de Pies Normales, que no están presentes con el Podoscopio. Los Pies Planos son menos numerosos con el BPE, tanto el de grado I (6,6% menos), como el de grado III (27,7% menos) y el de grado IV (9,2%). El Pie Plano de grado II no está

presente con este método, mientras que con el Podoscopio representa un 3,9%. Si se comparan ambos métodos se observa que no hay concordancia entre ellos (test de Kappa = -0,10).

Comparando los resultados hallados con el Fotopodograma y el BPE estático, se observa que con este último método hay un 10,5% de Pies Cavos y los Pies Normales aumentan un 30,5%. Los Pies Planos también disminuyen con respecto al BPE. Así el grado I lo hace en un 6,6%, el grado III en un 18,4%, y el IV en un 14,5%. El Pie Plano de grado II está presente en un 2,6% en el grupo de diagnóstico con el Fotopodograma. Tampoco hay una concordancia entre ambos métodos (test de Kappa = -0,10).

Si se comparan los datos del BPE estático y dinámico, se observa que los resultados son bastante similares. Son más frecuentes con el primer método de diagnóstico los Pies Cavos en un 2,6%, el Pie Plano de grado I en un 1,3% y el de grado III en un 1,3%. El Pie Normal es más numeroso en estática en un 5,2%. El Pie Plano de grado IV se halla en la misma proporción en ambos grupos (5,2%). No hay concordancia entre el BPE estático y dinámico (test de Kappa = -0,11).

## DISCUSIÓN

Los trabajos realizados por Rodríguez y cols. (17), Beck y cols (4), Burnett y cols (6) y Gómez Pellico y cols (10), demuestran que la maduración de la marcha se consigue a los 5 años. Según Ounpu y cols. (15), los niños establecen patrones cinéticos y cinemáticos de la marcha madura alrededor de los 5 años. Por otro lado, Gómez Pellico (8) y Norlin (14) observan que la cadencia, longitud del ciclo de marcha, velocidad del paso, siguen evolucionando durante el crecimiento, y llegan a valores de la marcha normal del adulto aproximadamente alrededor de los 15 años. Según Menkveld (13), la persistencia de Pie Plano en estática, es el último signo de inmadurez hasta que el niño asume los patrones adultos de marcha.

Aharonson y cols (1, 2) establecen los valores normales de presión pie-suelo en niños entre 4 y 6 años, dividiendo en tres zonas el pie: anterior, media y posterior; y los comparan con los valores hallados en niños con Pies Planos. Un estudio similar fue realizado por Menkveld y cols. (13) y Takegami (20). Serra y cols. (19) utilizan la podografía dinámica, que consiste en un podoscopio adaptado a una cámara de vídeo, para cuantificar y temporizar las presiones plantares. Arcan y Brull (3) estudian la distribución

de las presiones plantares y su modificación mediante plantillas y otras aplicaciones ortopédicas.

Gómez Pellico y cols. (9) realizan un estudio cinético de la marcha en individuos jóvenes con dos plataformas dinamométricas, que miden las fuerzas ejercidas sobre el pie en sentido transversal, vertical y anteroposterior durante la fase de apoyo de la marcha. El mismo autor ha efectuado un análisis de la marcha en niños con Pie Plano, con este mismo método (8). Bourgois y cols. (5) también analizan la marcha con una plataforma dinamométrica. Law y cols. (11) utilizan sensores fotoeléctricos fijados al pie y conectados a un ordenador para estudiar la marcha humana.

Weber y cols. (22) y Salsano y cols. (18) han estudiado la huella plantar con el Baropodómetro Electrónico, comparándola a la del adulto. En un estudio que hemos realizado con el fin de hallar valores de normalidad de la marcha en el niño con el BPE (7), llegamos a la conclusión que debe confirmarse la huella estática con la dinámica para llegar a un diagnóstico correcto de Pie Plano.

En el estudio de la marcha realizado con el BPE sólo se ha analizado la huella plantar para compararla con los métodos estáticos habituales de diagnóstico del Pie Plano. Por lo tanto, no se han estudiado otros parámetros obtenidos, como son la superficie plantar y la distribución de la presión en las diversas zonas del pie, tanto en estática como en dinámica.

Según los resultados obtenidos, un 43,3% de pies se normalizan con el BPE estático respecto al Podoscopio y un 41% respecto al Fotopodograma. En cambio, con el BPE las huellas plantares son similares en estática y en dinámica.

Siendo el pie una estructura dinámica, su observación desde el punto de vista estático, puede conducir a diagnósticos incorrectos y tratamientos innecesarios. Por lo tanto, en base a los resultados obtenidos, se llega a la conclusión que el diagnóstico del Pie Plano Flexible del niño debe ser evolutivo y debe confirmarse con un sistema objetivo, como el BPE, que contempla la estructura del pie tanto en estática como en dinámica.

A pesar de las dificultades que comporta la aplicación de esta técnica y de la poca experiencia que hay en el estudio baropodométrico del Pie Plano Infantil, es un buen método para el análisis de la marcha en el niño. Pensamos que en un futuro no deberá hablarse de deformidades en los pies si no se han comprobado mediante un estudio dinámico.

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) AHARONSON, Z.; ARCAN, M.; STEINBACH, T.V.: Foot-Ground pressure pattern of flexible fatfoot in children, with and without correction of calcaneovalgus. *Clin. Orthop.* 278: 177-182, 1992.
- (2) AHARONSON, Z.; VOLOSHIN, A.; STEINBACH, T.V.; BRULL, M.A.; FARINE, I.: Normal foot-ground pressure pattern in children. *Clin. Orthop.* 150: 220-223, 1980.
- (3) ARCAN, M.; BRULL, M.A.: A fundamental characteristic of the human body and foot, the foot-ground pressure pattern. *J. Biomechanics.* 9: 453-457, 1976.
- (4) BECK, R.J.; ANDRIACHI, T.P.; KUO, K.N.; FERMIER, R.W.; GALANTE, J.O.: Changes in the gait patterns of growing children. *J. Bone Joint Surg.* 36a. 9: 1452-1457, 1981.
- (5) BOURGOIS, R.; DESMET, C.; VAN REMOORTERE, P.; BENS, J.; BURNY, F.; DONCKERWOLCKE, M.: Automatic analysis of the human gait with a hybrid computer system. *Acta Orthop. Belg.* 46: 534-544, 1980.
- (6) BURNET, C.N.; JOHNSON, E.W.: Development of gait in childhood. *Develop. Med. Child. Neurol.* 13: 207-215, 1971.
- (7) COLL, M.D.; PASARIN, A.: Estudio baropodométrico de los valores de normalidad en la marcha del niño. *Mapfre Medicina*, 5, 1: 19-23, 1994.
- (8) GÓMEZ PELLICO, L.: Anatomía del tobillo y del pie. Pie plano y anomalías del antepié. La marcha en el pie plano infantil. Ed. A. Madrid Vicente. 36-47. Madrid, 1995.
- (9) GÓMEZ PELLICO, L.; FORRIOL CAMPOS, F.; DANKLOFF MORA, C.: Estudio cinético de la marcha normal. *Rev. Ortop. Traum.* 34113, 6: 699-703, 1990.
- (10) GÓMEZ PELLICO, L.; RODRÍGUEZ TORRES, R.; DANKLOFF MORA, C.: Changes in walking pattern between five and six years of age. *Develop. Med. Child. Neurol.* 37: 800-806, 1995.
- (11) LAW, H.T.; MINNS, R.A.: Measurement of the spatial and temporal parameters of gait. *Physiotherapy*, 57, 2: 81-84, 1989.
- (12) Manuale d'installazione e di funzionamento del Baropodómetro Elettronico PEL 38 P3. LA-113. V: 4.6. Physical Support Italia.

(13) MENKVELD, R.V.; KNIPSTEIN, E.A.; QUINN, J.R.: Analysis of gait patterns in normal school-aged children. *J. Pediatr. Orthop.* 8, 3: 263-267, 1988.

(14) NORLIN, R.; ODENRICK, P.; SANDLUND, B.: Development of gait in the normal child. *J. Pediatr. Orthop.* 1: 261-266, 1981.

(15) OUNPU, S.; GAGE, J.R.; DAVIS, R.B.: Three-dimensional lower extremity joint kinetics in normal pediatric gait. *J. Pediatr. Orthop.* 11: 341-349, 1991.

(16) PISCIOTTA, E.: Studio col Baropodometro Elettronico (B.P.E.) delle turbe della statica negli emiparetici. Tesis Doctoral. Università degli studi di Bari. Anno Accademico 1988-89.

(17) RODRÍGUEZ TORRES, R.: Consideraciones sobre la maduración de la marcha. Pie Plano y anomalías del antepié. Ed. A. Madrid Vicente. Madrid, 1995.

(18) SALSANO, V.; TESTA, F.; ZOCCANO, G.; SODINI, R.; GALASSO, F.: Misurazione elettronica delle pressioni plantari in fase statica e dinamica. *Chirur. Piede.* 10, 6: 499-507, 1986.

(19) SERRA, L.; LACE, A.V. S.; COMES, A.O.S.; SOARES, O.D.D.; GRANDE, N.R.: Podografía dinámica. Um método de análise das pressões plantares em movimento. *Rev. Orthop. Traum.* 16 IB, 2: 21-25, 1990.

(20) TAKEGAMI, Y.: Wave pattern of ground reaction force of growing children. *J. Pediatr. Orthop.* 12: 522-526, 1992.

(21) TURELLI, L.: Indicazioni e risultati dell'artrosi sotto-astragalica. Tesis Doctoral. Università degli studi di Firenze. Anno Accademico, 1990-91.

(22) WEBER, J.L.; BONNEVIALLE, P.; CLOT, et. al.: Etude de l'empreinte plantaire au Baropodometre. Evolution de l'enfant a l'adulte. *Nouv. Rev. Med. Toulouse.* 1, 5: 217-223, 1983.