

El Apoyo Plantar Fisiológico

Valuación Baropodométrica

C. VILLANI, N. MANTEGNA, P. RUO, F. CHIOZZI

CHIRURGIA DEL PIEDE; VOL. 24 – 2000

Universita degli Studi "La Sapienza" – Roma

Clinica Ortopedica e Traumatologica

I Divisione

(Directtore: Prof. L. Romanini)

The physiological plantar weight bearing: Barododometric evaluation.

Background: ***In the field of biomechanics and dynamics of the foot, the theory of the varying metatarsal weight bearing is now being confirmed. Aim of this paper is to evaluate the results obtained with the baropodomeric examination.***

Methods: ***A total of 1180 patients performing a baropodomeric examination to assess the physiological plantar weight bearing have been evaluated. The Physical Gate Software has been used and the patients were divided into two groups: 380 were normal healthy patients, collected from our outpatient clinic, and 800 were patients collected from our orthopaedic department, affected by pathologies that did not affect the foot. The examination was based on a static and dynamic screening and all the data was collected in a gait software program.***

Results. Our results showed that 92% of all patients presented a higher pressure zone on the forefoot, and precisely on the central metatarsal heads.

Conclusions. This results shows that the "metatarsal formula" has to be updated and hopefully it will be supported by future stories.

Key Words: Physiological plantar weight bearing, Gait analysis, BPE.

El pie es considerado el principal órgano de sentido y movimiento del cuerpo humano. En el homunculus sensitivo y motor, representaciones esquemáticas de las áreas cerebrales, dispuestas respectivamente a la recepción de estímulos sensitivos y al control del movimiento, encontramos vastas zonas que se ocupan del control sensitivo del pie con una amplitud igual a las áreas representativas de la mano que es, por definición, el órgano que nos permite experimentar nuestro quinto sentido, esto es el tacto. La importancia del pie es pues, evidente en el apoyo, sea bipodálico, sea monopodálico, durante la fase del paso.

En los últimos años, los estudios, efectuados por los varios A.¹⁻⁵ sobre la transmisión de las cargas al suelo a través de la zona de apoyo, han evidenciado cómo ésta no puede ser definida como un arco metatarsal en una situación morfológica normal y de movilidad metatarsal en la cual, el pie se comporte sin ser una fuente de preocupación para el poseedor. Los recientes estudios electromiográficos han aclarado la activación de los músculos extrínsecos del pie en cada momento de la marcha de la cual conocemos el instante y la calidad del apoyo, datos que no proporcionan una respuesta adecuada al cuestionamiento de la distribución de la cantidad del apoyo sobre el terreno. Además, gracias a otros estudios, se ha definido una "fórmula metatarsal", en la cual se subraya la mayor carga soportada por la cabeza del IV y V metatarsos ($1 < 2 < 3 < 4$) durante una postura erecta, tipo de apoyo bipodálico, y del I metatarso en apoyo monopodálico ($1 > 2 = 3 = 4$). En el apoyo bipodálico, uniendo idealmente los puntos principales de contacto de ambos pies, se da vida al por así decirlo "cuadrilátero de apoyo", que resulta hiperestable, al contrario del apoyo monopodálico que se basa sustancialmente en tres puntos muy cercanos entre sí (calcáneo-V metatarso- I metatarso).

En relación a la biomecánica y dinámica del apoyo y del rodamiento podálico, después de haber sido descartada la teoría del arco transversal anterior, en la bibliografía actual se está afirmando la teoría de la carga metatarsal variable.

En nuestra experiencia con el baropodómetro electrónico iniciadas en 1988, y todavía vigentes, nos dimos cuenta ya sea de algunas incongruencias entre las imágenes baropodométricas y las teorías antes mencionadas y de la importancia de

comparar el pie patológico al pie sano para resaltar de mejor manera la enfermedad misma, concientes, obviamente, que el baropodómetro electrónico, es esencialmente un aparato sensible solamente a las presiones del pie sobre el suelo y que no es suficiente para permitirnos el diagnóstico de una patología.

El examen baropodométrico nos ha inducido no solamente, a preguntarnos sobre la relación entre los resultados de vez en vez obtenidos y la bibliografía existente, pero sobre todo, sobre la validez y potencialidad del aparato en si mismo.

Materiales y métodos

Hemos realizado nuestro estudio sobre los apoyos plantares utilizando una computadora equipada con el Physical Gate Software en la opción baropodométrica

y posturográfica, y una plataforma, provista de 4,800 sensores electrónicos, con resistencias de platino activas sobre una superficie de 120 cm. y con una longitud de 320 cm. Este sistema nos permite medir las alteraciones de las presiones detectadas por los sensores durante el apoyo sobre la plataforma, y de visualizarlas sobre periféricos conectados a la computadora (monitor, impresora). Mediante una escala colorimétrica proporcional al valor de las presiones (rojo = valores altos; gris = valores bajos). Con la visualización de los valores, mediante la escala colorimétrica hemos aparejado los valores numéricos de las presiones para poder ser lo más precisos posible, obteniendo así la disponibilidad, además de los valores numéricos de las presiones, de superficie, de carga, de la relación posterior/anterior podálica, y también aquella de la imagen del baricentro corporal, de los centros de presión de las dos articulaciones, del punto máximo de carga (M), por lo que se refiere al examen estático y, relativamente al examen dinámico, además de los valores anteriormente mencionados, posibilidad de examen del rodamiento podálico seguido en el tiempo (al centésimo de segundo), las curvas de las presiones (medias y máximas) y de la fuerza, expresada en relación al tiempo.

Hemos evaluado en forma estática la imagen bipodálica para confirmar el cuadrilátero de apoyo, los puntos de carga recurriendo a los valores numéricos. En dinámica hemos considerado el momento de apoyo monopodálico, las gráficas de las fuerzas y de las presiones, el desplazamiento del baricentro durante la marcha.

Debido a que en dinámica existe la variable desplazamiento-aceleración-velocidad, para poder estudiar los apoyos antepodálicos estáticos, nos hemos referido al examen posturográfico en apoyo monopodálico y ojos abiertos. Este



Fig. 1. – Imagen baropodometrica estatica numerica que pone en evidencia un poligono de apoyo alterado respecto a aquel que conocemos, y que muestra una nueva “fórmula metatarsal” ($1 < 2 = 3 = 4 > 5$), diferente a ($1 < 2 < 3 < 4$).

examen es realizado en un tiempo de cinco segundos, en el que el programa mide las presiones plantares, ejercidas por el sujeto cada 1/10 de segundo (imágenes por fase), y, en fin, representa gráficamente el promedio de las presiones totales (imagen global).

Hemos incluido en nuestro estudio sujetos asintomáticos, que no presentan patología de ningún tipo, sujetos que practicaban disciplinas deportivas particulares, y ellos también asintomáticos, y sujetos con patologías no relativas al pie (escoliosis, coxartrosis, gonartrosis, maloclusiones, neuropatías, etc.) con una edad promedio de 44 años (rangos entre los 11 y los 78 años). El número total de pies examinados fue de 2,360 (1,180 pacientes).

Los sujetos muestra, que no acusaban ninguna patología, fueron 100, (de los cuales 50 hombre y 50 mujeres); los deportistas 280 (227 hombres y 53 mujeres) de los cuales 125 rugbistas, 35 marchistas, 60 velocistas, 20 bailarinas profesionales, 40 futbolistas. Los pacientes patológicos, examinados por nosotros y posteriormente tratados, fueron 800, (480 hombres y 330 mujeres)

Resultados

presión temporal a la altura del I, por 0.4 segundos (figura 3) y del V metatarso por 0.3 segundos.

Discusión

En los más de 1000 exámenes efectuados, encontramos imágenes particulares de frecuencias de presión similares o iguales entre si que no resultaban totalmente acordes con la formula metatarsal conocida por nosotros.

Estos datos evidencian, en apoyo bipodálico, una sobrecarga central, sobre las cabezas del II, III y IV metatarso sin una notable diferencia de presión entre uno y otro punto y con una cierta linealidad ($1 < 2 = 3 = 4 > 5$), que colocaba la carga al centro del antepie. En dinámica, en cambio, encontramos que la mayor parte de la carga es soportada por las cabezas metatarsales centrales, y casi nunca la carga se transfiere sobre el I ó el V metatarso ($1 < 2 = 3 = 4 > 5$). Todo esto confirma el rol de servomecanismo, desarrollado por los metatarsos I y V que entra en acción sólo para evitar la caída lateral o medial, desplazando el pie o apoyando el contralateral.

Este rol es ulteriormente confirmado por el hecho que el tiempo de utilización del servomecanismo aumenta en condiciones de mayor inestabilidad. De hecho, en el examen postural, efectuado en apoyo monopodálico estático, la carga se encuentra esencialmente sobre todo el antepie con algún pico sobre la cabeza del I o V metatarso directamente proporcional con la inestabilidad. Se evidencia como el movimiento del baricentro hacia delante durante la marcha sirve al hombre



Fig. 3. – A) Imagen baropodométrica global del apoyo plantar monopodálico. La media de las presiones del pie

sobre el terreno ejercido en un décimo de segundo por 5 segundos, y aparece la imagen global. B) Notamos en una de las fases, en donde el paciente para mantenerse en equilibrio, utiliza el servomecanismo del I metatarso, evitando así de caerse hacia la derecha.

como estabilizador, para permitir un apoyo monopodálico dinámico, estable y seguro, por lo que no se requiere de la intervención del servomecanismo I y V solamente en condiciones particulares.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en las observaciones hasta aquí descritas pueden ser confirmadas por estudios ulteriores utilizando plataformas diferentes podrían confirmar el valor central de los metatarsos intermedios restringiendo el tripie de apoyo calcáneo-II metatarso-IV metatarso con la intervención de requerimiento de estabilidad, del V metatarso y sobre todo del I, que en condiciones dinámicas normales no viene requerido siendo suficiente el tripie restringido para satisfacer la situación.

Se derivaría también de lo antes mencionado que en apoyo bipodálico no existe una formula matemática absoluta $4 > 3 > 2$ más bien una formula más variable $4 \approx 3 \approx 2$.

La salida sobre los metatarsos centrales y la centralización directa sobre el I dedo, parecen ser la solución más dinámica y más económica desde el punto de vista energético.

Ciertamente estos datos, fruto de exámenes instrumentales, pueden ser considerados importantes, sin olvidar que la objetividad del aparato tiene también sus límites debidos a que el aparato en si mismo y/o al hombre que la utiliza de hecho, solamente un constante y preciso examen de los cada vez nuevos datos reportados que en esta materia nos sugieren, podrá permitirnos alcanzar mayor certidumbre.

Resumen

Objetivo. En los temas de mecánica y dinámica de apoyo y rodamiento podálico se está afirmando actualmente la teoría de la carga metatarsal variable. Los autores se proponen evaluar los resultados obtenidos de los estudios baropodométricos con los datos de las publicaciones temáticas.

Métodos. Los autores han estudiado el apoyo plantar fisiológico en 1180 sujetos (380 sujetos sanos y 800 pacientes con afectaciones patológicas no relativas al pie) mediante examen baropodométrico con el Physical Gate Software.

Resultados. Los resultados han evidenciado un apoyo antepodálico predominante sobre las cabezas de los metatarsos centrales en estática y dinámica del 92% (1086 pacientes).

Conclusiones. Se concluye que la formula metatarsal de las teorías hasta ahora vigentes del apoyo del pie se deben revisar sobre todo si tales resultados se apoyarán en otros estudios.

PALABRAS CLAVE: Apoyo plantar fisiológico - Análisis del paso – BPE

Bibliografía

1. Ardito S. Travaglianti G. Costarella L. Conti G. La baropodometria elettronica computerizzata. P. R. Ortopedia. 1993:23-8
2. Lelievre J Lelievre JF. Manuale di patologia del piede. Milano. Ed. Masson. 1985
3. Pisan G. Trattato di Chirurgia del piede. Torino. Ed. Minerva Medica. 1993
4. Viladot A Fisiopatología del antepie. Podologie. 1962:1:87
5. Villani C. Pignata A. Formica A Tucci G. Neri M. Valutazioe funzionale del piede cavo con baropodometria electrónica computerizzata. Pro