

ESTUDIO PODOBAROMÉTRICO EN GESTANTES

Ana Gómez Seguí^a, Rafael Lorente Gual^b y Javier Torralba Estellés^c

Fechas de recepción y aceptación: 19 de marzo de 2010, 13 de abril de 2010

Resumen: El embarazo produce una importante alteración postural en la mujer embarazada. Sin embargo, los cambios que ocurren durante las distintas fases de la marcha en el embarazo no se han evaluado adecuadamente en la literatura. Esta investigación transversal de las huellas plantares de 109 mujeres embarazadas revela un aumento significativo en la lordosis lumbar y un incremento del uso de los flexores plantares, extensores y abductores de la cadera. Todos estos cambios producen la aparición de exceso de pronación del medio y retropié. Respecto a la dinámica, apreciamos un aumento del tiempo de contacto con el suelo en la fase de apoyo, lo que provoca una progresiva ralentización de la cadencia de paso y una lateralización de la marcha. Estos cambios posturales constituyen un mecanismo de compensación para mejorar la estabilidad del aparato locomotor, y pueden tener importantes implicaciones en la función estática y dinámica de las extremidades inferiores, ya que se produce un aumento de la inclinación pélvica en el plano sagital. Las diferencias sugieren que las mujeres adaptan su patrón de marcha para aprovechar al máximo la estabilidad en la deambulación. Sería necesaria una mayor investigación para averiguar las complejas interrelaciones entre el pie y la función del miembro inferior y el embarazo, así como las posibilidades de intervención terapéutica ortésica.

Palabras clave: huella plantar, baropodometría, gestación.

^a Matrona. Diplomada en Enfermería. Agencia Valenciana de Salud.

Correspondencia: Javier Torralba Estellés. Facultad de Medicina de la Universidad Católica de Valencia "San Vicente Mártir", C/ Quevedo, 2, 46001-Valencia (España). *E-mail:* javier.torralba@ucv.es

^b Podólogo. Profesor de Podología General de la Universidad Católica de Valencia "San Vicente Mártir".

^c Podólogo. Máster en Biomecánica. Profesor de la Universidad Católica de Valencia "San Vicente Mártir".



Abstract: Pregnancy causes significant postural change in pregnant women. But the changes that occur during different phases of gait during pregnancy have not been properly assessed in literature. The research section of the traces of 109 pregnant women revealed a significant increase in lumbar lordosis, an increased use of plantar flexors, extensors and hip abductors all these changes produce the appearance of excessive rearfoot pronation medium with respect to the dynamics, we see an increase in contact time with the ground support phase, causing a progressive slowdown in the rate of passage and a lateralization of the march. These postural changes are a compensatory mechanism to improve the stability of the musculoskeletal system and may have important implications for static and dynamic function of the lower extremities, as is an increase of pelvic tilt in the sagittal plane. The differences suggest that women adapt their walking pattern to maximize stability in walking. Further research would be needed to determine the complex interrelationships between the foot and lower limb function and pregnancy, and the possibilities of therapeutic intervention orthotics.

Keywords: footprint, plantar pressure, pregnancy.

INTRODUCCIÓN

La gestación produce importantes cambios en el organismo femenino, entre ellos el incremento ponderal de la masa corporal, la laxitud ligamentosa y la desalineación de la columna vertebral, lo que genera una actitud postural característica en la dinámica y en la estática. Estas alteraciones posturales ocasionan frecuentemente motivos de consulta por dolor, tanto de espalda como de la extremidad inferior, sobre todo a nivel del pie.

Sin embargo, en la literatura existen pocos estudios que analicen la biomecánica de la marcha durante la gestación. En general, todos ellos describen claramente en la estática cambios en los grados de lordosis lumbar y desplazamiento anterior del centro de gravedad. Esporádicamente, refieren también genu valgo, estrechamiento de la base de sustentación y aumento de pie plano. Muchos de estos cambios son atribuidos a una laxitud ligamentosa del pie y al incremento del peso corporal.

Hasta hace una década, los estudios sobre la biomecánica de la marcha en la gestación se limitaban a tres en una amplia revisión bibliográfica realizada (Toti et al., 1997) y manifestaban que los cambios producidos en la marcha de mujeres embarazadas eran mínimos, si bien es cierto que no se disponía en la época de podobarómetro informatizado.

Un trabajo ligeramente más reciente (Adam et al., 1999), efectuado sobre 25 embarazadas, también sin disponibilidad de técnicas baropodométricas, además de subrayar la escasez de estudios disponibles, puso de manifiesto con métodos diagnósticos



simples que en la gestación se produce un aumento significativo de la base de sustentación que compensa la pérdida de estabilidad en la marcha que sufre la embarazada. Alentaban sus autores a la realización de estudios posteriores que consiguieran relacionar la actitud de la marcha con posibles alteraciones de las extremidades inferiores de la gestante.

Ya en fechas recientes, un estudio realizado con podobarómetro en 13 embarazadas (Janelle, 2005) ha puesto de relieve que en la gestación se produce un cambio en la cinética de la extremidad inferior, en la longitud y cadencia del paso y en las fases monopodal y bipodal de la marcha. También hay importantes modificaciones en la abducción del pie y en el centro de presión, que se desplaza lateralmente entre los pies en la marcha, así como en los picos de presiones máximas, que se desplazan hacia la zona medial del antepie.

Concluye dicho estudio que los cambios mencionados son mecanismos adaptativos de la gestante, que ajusta su patrón de marcha de forma que alcance la máxima estabilidad, indicando la necesidad de realizar estudios similares a un mayor número de mujeres y en diferentes momentos del embarazo para conocer bien los cambios que se producen. Sugieren los autores que, tras el nacimiento, no se produce un retorno completo a la normalidad pregestacional.

El artículo más reciente (Gaymer, 2009) concluye que hay un incremento de la presión plantar en el mediopie sólo durante el tercer trimestre de embarazo y no demuestra que el dolor referido por la muestra tenga relación con el estado gestacional.

El dolor en la región lumbo-sacra y en el miembro inferior conocido como lumbociatalgia es referido por un 75% de las mujeres en gestación avanzada, sin que los obstetras determinen con exactitud las causas ni realicen un tratamiento etiológico de dichas molestias.

En nuestro estudio hemos recogido las sugerencias de la bibliografía anterior, ampliando significativamente la muestra de estudio a más de 100 embarazadas en diversos períodos gestacionales, y analizando en ellas tanto su actitud postural como sus parámetros baropodométricos, al disponer en la actualidad de medios electrónicos desconocidos en los estudios precedentes.

Nuestro objetivo era conocer la repercusión de los cambios anatómicos y posturales del embarazo sobre la presión plantar de la gestante, tanto en la dinámica como en la estática, para determinar las posibilidades de mejora mediante el tratamiento ortésico.

MATERIAL Y MÉTODO

Al tratarse de un estudio transversal de tipo observacional, no se ha considerado necesario recabar el dictamen del Comité de Ética de Investigación ni la referencia en el protocolo a la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial.



Se ha mantenido en todo momento el anonimato absoluto de las gestantes, a las que se les solicitó su participación de forma voluntaria (subir a la plataforma podobarométrica) en el transcurso de las visitas protocolarias a la consulta de la matrona, dentro del programa de la mujer embarazada. El examen en cuestión no duraba más de 5 minutos.

Como material empleado describimos, en primer lugar, la muestra de mujeres gestantes estudiada y, a continuación, los aparatos y medios informáticos utilizados para las mediciones. La población objeto de nuestro estudio está constituida por 109 mujeres gestantes, con una media de edad de 30,6 años (DE 4,93) –y en diversos momentos de su embarazo el peso medio de la muestra se ha situado en 75,75 (DE 5,94)–, que desde el 10 de abril al 30 de mayo del 2009 acuden a la consulta de seguimiento gestacional de un centro de salud (matrona), dentro del Programa de la Mujer Embarazada, y que aceptan de forma voluntaria participar en este estudio.

TABLA 1. Representatividad de la muestra

	<i>Edad</i>	<i>Peso (kg)</i>	<i>Talla (m)</i>	<i>IMC</i>	<i>Edad gesta.</i>	<i>Trim. gesta.</i>	<i>T.º ctto suelo (seg) PD</i>	<i>T.º ctto suelo (seg) PI</i>	<i>Cadencia ppm</i>
MAX	39	91,1	1,88	32,50	39	3	1,1	1,1	109,4
MIN	16	60,7	1,58	20,18	1	1	0,74	0,74	80,6
Media	30,62	75,76	1,71	25,97	24,63	2,38	0,85	0,85	97,97
SD	4,93	5,94	0,06	2,35	10,32	0,74	0,06	0,06	6,36

El baropodómetro utilizado es de la marca Win-pod, de la firma francesa Medicauteurs, y posee aplicación informática incorporada compatible con el sistema operativo Windows. Tiene 2.304 captosres piezoelectricos autocalibrados, un nivel de adquisición de imágenes de 150 por segundo y un análisis numérico y gráfico de datos estabilométricos.

Mediante el programa estadístico, y previa consulta con el Departamento de Estadística de la Universidad Católica de Valencia “San Vicente Mártir”, se procedió al procesamiento de los datos suministrados por el software del baropodómetro en el SPSS 14.0 para Windows.

El método de investigación consiste en un estudio observacional transversal de la muestra poblacional descrita, efectuando en primer lugar un estudio descriptivo de los valores podométricos hallados y, a continuación, un análisis estadístico de éstos.



El trabajo de campo se efectuó, durante el período citado, en la misma consulta del centro de salud, anotando en fichas individuales la edad, el peso, la talla, el tiempo de gestación, así como en dinámica: la presión máxima, el tiempo, la distribución lineal, el desarrollo del paso, la duración por contacto y por presión, y en estática: la presión máxima y media, la distribución de presiones, las angulaciones y la superficie de contacto, asociando a cada una, los datos suministrados por el software del baropodómetro.

Definición de variables estudiadas:

Cadencia de marcha: Es el número de ciclos o pasos por unidad de tiempo. Se mide en pasos por minuto (ppm). En un individuo, cuando aumenta la cadencia se reduce la longitud del paso y se incrementa la velocidad.

Tiempo de apoyo: Es la duración total del contacto del pie con el suelo. Se expresa en segundos. **Pico de presión máxima.** Máximo valor de presión obtenido en un único sensor de la zona analizada. La unidad de medida es gr/cm^2 . Si se produce un movimiento brusco puede ofrecer valores muy altos, que no se corresponden con la marcha analizada.

Presión media: Valor que expresa la media de presión obtenida en todos los sensores de la zona analizada. Expresada en gr/cm^2 . Este valor es más fiable, ya que recoge todos los valores de la zona analizada en todo el tiempo que dura la grabación y hace la media. Minimiza posibles alteraciones producidas por gestos bruscos.

RESULTADOS

Los parámetros de estudio dinámico estudiados en las pacientes fueron: tiempo de contacto con el suelo, cadencia de paso y presión máxima y media.

Todos los sujetos de examen resultaron válidos. Así pues, la tabla 1 muestra que la cadencia de la marcha fue de 97,97 ppm (DE 6,36), con un rango entre 80,6 y 109,4, y la media de tiempo de contacto con el suelo de los pasos fue 0,85 seg (DE 0,06), tanto para el pie derecho como el izquierdo, con unos rangos también para ambos pies de 0,74 a 1,1 s.

Para un mejor análisis hemos efectuado informáticamente una partición del pie en dos regiones: antepié y retropié. Para cada pie, en cada región fue identificado el punto de máxima presión, el tiempo de contacto con el suelo y la cadencia de paso.

Con respecto a la distribución del pico máximo de presión y la presión media, en el retropié se registraron 255 y 236,17 gr/cm^2 , respectivamente. En el antepié, los valores



encontrados fueron de 254 para el pico de presión máxima y de 208,17 para la presión media (tabla 2).

TABLA 2. Media de los valores del pico de presión y presión media (n = 109)

	<i>P_{max} antepié izq. (gr/cm²)</i>	<i>P_{max} retropié izq. (gr/cm²)</i>	<i>P_{max} antepié dcho. (gr/cm²)</i>	<i>P_{max} retropié dcho. (gr/cm²)</i>
Máx.	255	255	255	259
Mín.	113	153	110	23,1
Media	210,65	234,85	205,70	237,96
Desv.	37,39	26,40	37,86	30,21

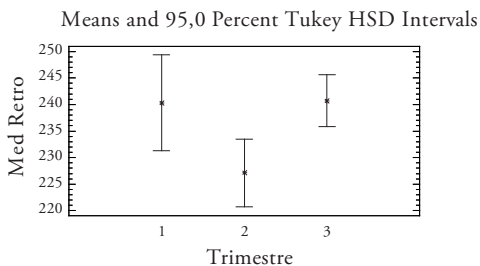
Tras el estudio pormenorizado de los resultados, observamos que las presiones máximas de antepié del pie derecho y el izquierdo están muy relacionadas entre sí, como cabía esperar (tabla 3). Así que las presiones entre los retropiés están fuertemente relacionadas entre sí de forma positiva.

TABLA 3. Matriz de correlaciones entre variables dinámicas

	<i>P_{max} antepié izq. (gr/cm²)</i>	<i>P_{max} retropié izq. (gr/cm²)</i>	<i>P_{max} antepié dcho. (gr/cm²)</i>	<i>P_{max} retropié dcho. (gr/cm²)</i>
<i>P_{max} antepié izq. (gr/cm²)</i>	1	-0,44	0,59	-0,23
<i>P_{max} retropié izq. (gr/cm²)</i>	-0,44	1	-0,33	0,29
<i>P_{max} antepié dcho. (gr/cm²)</i>	0,59	-0,33	1	-0,19
<i>P_{max} retropié dcho. (gr/cm²)</i>	-0,23	0,29	-0,19	1

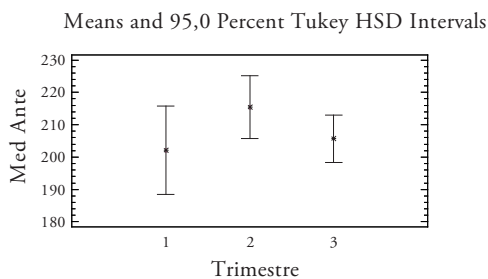
No se encontraron diferencias significativas entre las variables de presión de los pies derecho e izquierdo ($p > 0,05$). Pero sí que se encontró una relación directa entre el IMC, que a medida que aumentaba disminuía la presión máxima del antepié, sin afectar significativamente a la presión máxima del retropié. Otra relación interesante es el trimestre, que afecta de forma evidente a la media de la presión del retropié. En el retropié se detecta un nivel sensiblemente mayor en el tercer trimestre frente al segundo.





Resumen del ANOVA						
Fuente	SC	gl	CM	F-ratio	F-crítica	p-value
Factor	4239,007	2	2119,504	4,34	3,08	0,0154
Residual	51765,84	106	488,357			
Total	56004,84	108	518,5634			

$r = 0,2751$



Resumen del ANOVA						
Fuente	SC	gl	CM	F-ratio	F-crítica	p-value
Factor	2770,059	2	1385,03	1,24	3,08	0,2945
Residual	118731,1	106	1120,105			
Total	121501,2	108	1125,011			

$r = 0,1510$



DISCUSIÓN

En relación con los resultados obtenidos, diferentes factores pueden influir en los valores de presión o su distribución entre los diferentes puntos de la superficie plantar (1). Hennig et al. (2) concluyeron que los posibles cambios en las presiones plantares estarían determinados por la utilización en niñas o mujeres de un calzado menos fisiológico y por un menor peso. La edad no influye directamente en las presiones plantares, con la excepción de la infancia y la tercera edad (3, 4).

Dos factores que pueden influir en los resultados son la cadencia de marcha y el peso. El factor peso, tal y como concluyen Birtane y Tuna (5), comporta un aumento significativo en los valores de la presión en el antepié. En nuestro estudio los valores del pico de presión máxima y presión media tienen una correlación significativa y positiva con la variable peso. Es un resultado esperable, ya que los sujetos con peso más elevado realizan una fuerza superior en la misma superficie, por lo que la presión aumenta.

La cadencia de marcha puede tener una relación directa con las variables de presión plantar. Zhu et al. (6) demostraron, en un estudio realizado a cadencias bajas de 70-90 ppm, medias de 90-120 ppm y altas de 120-140 ppm, que el incremento de cadencia de la marcha reducía el tiempo de contacto de ambos pies, mientras que los picos de presión se incrementan en todas las áreas analizadas.

Los resultados de tiempo de apoyo obtenidos difieren de los consultados en la bibliografía. Michaud (7) establece que el tiempo de apoyo de cada pie con el suelo es de 0,6 s. En el presente estudio, el valor obtenido fue de 0,81 s. Esta diferencia en el valor puede deberse a que los 0,6 s están establecidos como valor de referencia a una cadencia de 120 ppm. A una velocidad de marcha más alta, el tiempo de contacto del pie con el suelo se ve acortado. La cadencia de marcha establecida por Michaud (7) corresponde a un ritmo alto en la escala de Zhu et al. (6), por lo que resulta más fiable el valor de 0,81 s, establecido a un ritmo de marcha medio. En relación con las presiones plantares, existe un acuerdo general sobre que la mayor parte de la carga es soportada por el talón y la región de las cabezas de los metatarsianos. Sin embargo, las proporciones entre éstas como porcentaje de la carga total, la distribución de cargas dentro del antepié y la contribución del mediopié y de los dedos en el soporte de carga no están del todo claras. Clásicamente se ha sugerido que el reparto de cargas es equitativo entre talón y antepié (8). Otros autores encontraron una proporción de 5 partes para el retropié y 3 partes para el antepié (9). El presente estudio aporta unos valores fiables y representativos para las mediciones de presión plantar realizadas con plataformas de presiones. Este estudio presenta una serie de limitaciones, pues se ha realizado a un ritmo de cadencia libre, con un rango entre 84,5 y 121,5 ppm. Sería conveniente realizar estudios a diferentes



cadencias o velocidades para comprobar cómo afectan a los valores de presión y a la distribución de las presiones.

Un problema frecuente que nos encontramos en la literatura es que, al utilizar diferentes dispositivos de medida y de metodología, impide que haya unos valores de referencia que se puedan emplear como universales (Martínez-Nova A., et. al.).

CONCLUSIONES

Los resultados observados permiten concluir, con respecto a la distribución del pico máximo de presión, que el valor más alto se encontró en el retropié. La zona que menos presión registró fue la del antepié. El tiempo de contacto con el suelo se vio aumentado; esto indica una disminución en la cadencia de paso. El pico de presión plantar del retropié aumentó y el del antepié decreció.

El patrón general de la cinemática de la marcha en las mujeres embarazadas se encontró que, en gran medida, era similar al de las nulíparas. Sin embargo, muchas diferencias sutiles estuvieron presentes. La cadencia de las mujeres embarazadas fue significativamente menor que la de las nulíparas.

En cuanto a la presión media registrada por estas zonas, la distribución fue variable. Las presiones medias normales en el retropié se situaron en 236,41gr/cm². El antepié registró un valor de 208,17 gr/cm². El aumento de la cadencia de marcha, en el rango analizado, no influyó en los valores de presión plantar, aunque el peso aumentó las presiones plantares en todas las zonas analizadas.

El aumento de la base de sustentación de la marcha sugiere que la evolución durante el embarazo provoca cambios en el ángulo de Fick. Esto puede ser un mecanismo de compensación relacionado con el aumento de la laxitud ligamentosa y del peso corporal. Los dolores a nivel del pie también aumentaron significativamente en las mujeres embarazadas.

Sería necesario realizar estudios intervencionistas posteriores que relacionen las alteraciones posturales halladas con diversas formas de ayuda terapéutica, como ortesis plantares o calzado más adecuado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Comín Comín M, Pérez García Jm, Villarroya Aparicio A, Nerín Ballabriga S, Moros García Mt. Factores que influyen en las presiones plantares. *Medicina de Rehabilitación*. 1999;12:31-9.
2. Hennig EM, Staats A, Rosenbaum D. Plantar pressure distribution patterns of young school children in comparison to adults. *Foot Ankle Int*. 1994;15:35-40.



3. Stebbins JA, Harrington ME, Giacomozzi C, Thompson N, Zavatsky A, Theologis TN. Assessment of sub-division of plantar pressure measurement.
4. Menz HB, Morris ME. Clinical determinants of plantar forces and pressures during walking in older people. *Gait Posture*. 2006; 24: 229-36.
5. Birtane M, Tuna H. The evaluation of plantar pressure distribution in obese and non-obese adults. *Clin Biomech*. 2004; 19: 1055-60.
6. Zhu H, Wertsch JJ, Harris GF, Alba HM. Walking cadence effect on plantar pressures. *Arch Phys Med Rehabil*. 1995; 76: 1000-5.
7. Michaud TC. Foot orthoses and other forms of conservative foot cares. Massachusetts: Williams and Wilkins; 1996.
8. Morton DJ. *The Human Foot*. Columbia: Columbia University Press; 1935.
9. Burger ES. The measurement of the static forces at the weight bearing points of the feet with reference to critical heel heights and 'split heel' factors. *Chir Rec*. 1952;35:1-17.
10. Gaymer C, Whalley H, Achten J, Vatish M, Costa ML. Midfoot plantar pressure significantly increases during late pregnancy. *The Foot* 19 (2009) 114-116.
11. Foti T, Davids J, Bagley A. A biomechanical analysis of gait during pregnancy. *J Bone Joint Surg Am* 82: 625, 2000.
12. Taves C, Charteris J, Wall JC. The kinematics of treadmill walking during pregnancy. *Physiother Can* 34: 321, 1982.
13. Golomer E, Ducher D, Arfi GS, et al. Simple locomotion and during load carrying in pregnant women. *J Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris)* 20: 406, 1991.
14. Bird AR, Menz HB, Hyde CC. The effect of pregnancy on footprint parameters: a prospective investigation. *JAPMA* 89: 405, 1999.
15. Nyska M, Sofer D, Porat A, et al. Plantar foot pressures in pregnant women. *Isr J Med Sci* 33: 139, 1997.
16. Calguneri H, Bird H, Wright V. Changes in joint laxity occurring during pregnancy. *Ann Rheum Dis* 41:126, 1982.
17. Block R, Hess L, Timpano E, et al. Physiologic changes in the foot during pregnancy. *JAPMA* 75: 297, 1995.
18. Kerbleski G, Moore J. Management of pedal changes encountered with pregnancy. *JAPMA* 79: 340, 1989.
19. Root ML, Orien WP, Weed JH. *Normal and Abnormal Function of the Foot*, Clinical Biomechanics Corp, Los Angeles, 1977.

