

## Influencia de la elongación plantar con electroestimulación en los cambios baropodométricos del pie cavo esencial

### *Influence of sole elongation through electrostimulation in baropodometric changes of essential cave foot*

**L.M. Fernández Seguí.** Fisioterapeuta. Licenciada en Podología. Profesora Colaboradora. Departamento de Fisioterapia. Universidad de Sevilla. Sevilla. España

**P.V. Munuera Martínez.** Podólogo. Doctor por la Universidad de Sevilla. Profesor Colaborador. Departamento de Podología. Universidad de Sevilla. Sevilla. España

**C. Peña Algaba.** Fisioterapeuta. Licenciada en Periodismo. Profesora Colaboradora. Departamento de Fisioterapia. Universidad de Sevilla. Sevilla. España

**M. Albornoz Cabello.** Fisioterapeuta. Licenciado en Kinesiología y Fisiatría. Doctor por la Universidad de Sevilla. Profesor Colaborador. Departamento de Fisioterapia. Universidad de Sevilla. Sevilla. España

**P. González García.** Fisioterapeuta. Profesora Asociada. Departamento de Fisioterapia. Universidad de Sevilla. Sevilla. España

#### Correspondencia:

Lourdes M.<sup>a</sup> Fernández Seguí  
[lfdez@us.es](mailto:lfdez@us.es)

Recibido: 16 diciembre 2007

Aceptado: 25 enero 2008

#### RESUMEN

El pie cavo esencial es una alteración del pie en la que existe un arco plantar excesivamente alto sin que se encuentre una patología de base que lo justifique. El apoyo del mediopié se ve reducido y, por tanto, todo el peso del cuerpo descansa sobre una superficie plantar más pequeña. Esto implica que la superficie de apoyo esté sometida a más carga que en condiciones normales. La anormal elevación de la bóveda plantar y la reducción del área de apoyo del pie provoca que las partes blandas plantares se encuentren bajo una tensión que, a la larga, dará lugar a su contractura y a la aparición de sintomatología dolorosa localizada, en la mayoría de los casos, en el antepié. La electroestimulación con corriente rectangular bifásica simétrica supone una herramienta ideal para la elongación de partes blandas retraídas o contracturadas, al actuar de forma directa sobre el tejido conjuntivo de estas estructuras. El objetivo de este estudio consiste en registrar los cambios que se producen en las presiones subcapitales, antes y después de provocar el estiramiento de la fascia plantar y de la musculatura intrínseca del pie, utilizando la corriente rectangular bifásica simétrica.

**Palabras clave:** pie cavo, partes blandas, presiones plantares, TENS.

#### ABSTRACT

*The cavus foot is an alteration of the plantar arch of the foot, being this excessively high, without a pathology that justifies it. The weight bearing area on the midfoot is reduced and, therefore, all the weight of the body rests on a smaller plantar surface. This implies that the support surface is put under more load than in normal conditions. The abnormal elevation of the plantar vault and the reduced area of support of the foot cause increased tension in the soft tissues of the sole of the foot that, along the time, will contracture and cause painful symptoms mostly in the forefoot. Electrostimulation with symmetrical biphasic rectangular current supposes an ideal tool for lengthening soft tissues that are shortened or con-*

*fractured, acting directly on the conjunctive tissue of these structures. The objective of this study is to register the changes in subcapital pressures, before and after applying stretching to the plantar fascia and the intrinsic muscles of the foot, using the symmetrical biphasic rectangular current.*

**Key words:** *cavus foot, soft tissues, plantar pressures, TENS.*

## INTRODUCCIÓN

El pie cavo es una patología que afecta al 10 - 15 % de la población <sup>(1,2)</sup> y se define como un pie con un arco longitudinal elevado.

Estudios realizados concluyen que en el pie cavo, aparte de la deformidad estructural que conlleva un ángulo de Costa-Bartani menor de 135°, existe un desequilibrio entre la musculatura extrínseca y la intrínseca que posiblemente sea la causa inicial de dicha estructuración. En ocasiones este desequilibrio se debe a antecedentes personales o familiares neurológicos o miopáticos como la ataxia de Friedrich, poliomielitis, distrofias musculares, pero existen otros muchos casos en los que los exámenes neuromusculares no detectan ninguna anomalía. En estos últimos casos la deformidad se define como pie cavo esencial <sup>(3)</sup>.

Duchenne determinó que la causa de los dedos en garra se debía a un aumento de la presión de la falange proximal, que a su vez deprimía la cabeza de los metatarsianos en flexión plantar extrema. Luego seguiría una contractura de la fascia plantar <sup>(4)</sup>. Otros estudios determinan que el pie cavo esencial es causa o consecuencia de acortamientos en la fascia plantar y en la musculatura intrínseca <sup>(2)</sup>.

La bibliografía consultada nos deja abierta la pregunta si el aumento de tensión de la fascia plantar es causa o consecuencia del dolor a nivel metatarsal. La mayoría de los autores coinciden en que el aumento de tono de la musculatura intrínseca del pie ejerce una acción directa sobre los dedos <sup>(5)</sup> provocando su garra y, por tanto, una hiperflexión de las articulaciones metatarsofalángicas. Esto significa que a este nivel la presión ejercida sobre el suelo será mayor que si la garra no se hubiese desencadenado.

Por tanto, podemos afirmar que en un pie cavo la presión subcapital provocada por la formación de las garras digitales junto con la tracción de la fascia plantar determinan una desviación de los parámetros estructurales considerados como normales y que además, su prolongación en el tiempo dará lugar a la aparición de manifestaciones clínicas dolorosas.

Actualmente, existen en el mercado dos tipos de dispositivos para la medición de las presiones plantares, las plataformas de presión y las plantillas instrumentadas. Las plataformas presentan una matriz mayor de sensores y, por tanto, una mayor definición que las plantillas. En nuestro estudio hemos empleado la plataforma denominada Footscan® para determinar las presiones soportadas por las cinco cabezas metatarsales en el pie cavo esencial.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Sujetos

El grupo estudiado incluyó 9 personas voluntarias, las cuales refieren tener pies cavos. La impronta plantar obtenida durante el estudio era coincidente con la típica huella excavada propia del pie cavo en sus diferentes grados. Mediante la entrevista clínica y la exploración de la marcha, se descartaron alteraciones degenerativas en los pies o extremidades inferiores que determinasen marchas patológicas. Ninguno de ellos había recibido tratamiento quirúrgico en sus pies ni poseía en ese momento puntos de dolor que implicasen realizar apoyos incorrectos. La edad de la muestra oscilaba entre los 18 y 34 años.

Aunque en la muestra seleccionada no fue necesario, se descartaron del estudio mujeres embarazadas, ya que para confirmar el diagnóstico de pie cavo es necesario, en el avance de nuestra investigación, realizar radiografías laterales en carga.

### Equipamiento

El equipo baropodométrico empleado se denomina *Sistema de Análisis y Exploración Bioclínico plantar estático-Dinámico y Biomecánico de la marcha humana Footscan®*. Es una herramienta global de estudio que permite la captura, análisis bioclínico digital de la huella en estática y dinámica, y el análisis del gesto cinemático y postural. Este aparato está destinado al análisis

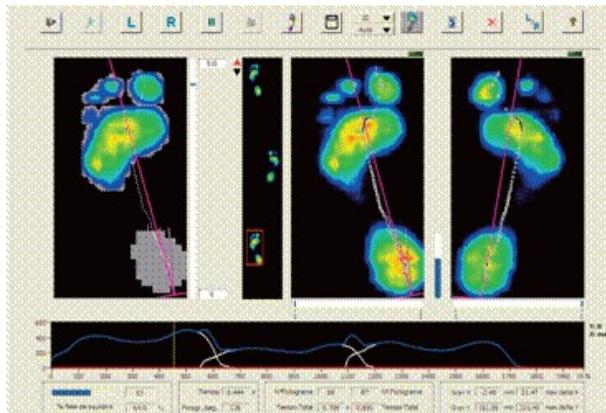


FIG. 1. Imagen que nos ofrece el equipo informático complementario a la plataforma. Los valores de presión son convertidos según una escala de color, variable del rojo (máximo valor) al azul (mínimo valor). La huella de la izquierda nos muestra el reparto de presiones en dinámica. Las dos huellas de la derecha muestran un esquema estático de la distribución de máximas presiones en ambos pies.

de presiones plantares y al cálculo del centro de gravedad dentro de la base de sustentación. El equipo está constituido por una plataforma de marcha de 2 metros de longitud dotada de 4 sensores receptores de presión por  $\text{cm}^2$ . La información obtenida se transmite a un ordenador, donde los datos son reproducidos de forma continua e inmediata. El sistema, además de proporcionar los registros de presión en cada área de la huella plantar, realiza una conversión lineal del mapa de cargas en un mapa de presiones colorimétrico.

La unidad portátil de estimulación muscular empleada para provocar el estiramiento de la fascia plantar es el TENS MED 931. Este equipo posee dos canales de tratamiento, de los cuales, en nuestro estudio, sólo hemos requerido uno de ellos. Es un aparato portátil, adecuado para uso ambulatorio y en el que su fácil manejo permite al paciente utilizarlo según la sensación que tenga de paso de corriente.

Este equipo de electroestimulación suministra corriente rectangular bifásica simétrica, con un ancho de pulso regulable entre 20 y 350 microsegundos. Los parámetros utilizados en nuestro estudio han sido 300  $\mu$  seg y 50 Hz de frecuencia.

### Procedimiento

El protocolo de valoración clínica utilizado en el estudio consta de:

1. Se obtuvo el *consentimiento informado* de cada sujeto.
2. *Ficha clínica*: recoge datos personales, peso, altura, número de pie, pie dominante, presencia de dolor y antecedentes de tratamientos podológicos.
3. *Pedigráfica* a pie descalzo del sujeto, para extraer información sobre la morfología de la huella plantar y compararla con los índices de normalidad.
4. *Registro de presiones en ambos pies antes de la aplicación de la corriente*: todas las mediciones se toman en la plataforma de dos metros, en el mismo sentido de la marcha. Al sujeto descalzo se le pide que camine con ritmo y cadencia de marcha normal sobre la plataforma durante un minuto para que se familiarice con el sistema. Una vez habituado a las condiciones de ensayo, se realiza el registro de datos. El paciente debe pasar diez veces sobre la plataforma y se graban los datos correspondientes a la presión de cada cabeza metatarsal en cada uno de los paseos en sentido de ida. El sentido de vuelta sobre la plataforma hasta volver al punto de partida no se registra. De estos diez valores (diez por cada cabeza metatarsal) se toma el valor medio de cada uno.
5. *Aplicación de la corriente*: una vez captadas las presiones, el paciente se sitúa entre unas barras paralelas a fin de mantenerse en apoyo unipodal sobre el pie dominante. Previamente colocamos los electrodos de estimulación: un electrodo de 10 x 5 cm en la zona retrocapital a nivel de la planta del pie y otro de 5 x 5 cm

**TABLA 1. Media ( $\pm$  desviación típica) de los valores del pico de presión y presión media**

Aplicación de la corriente	Pico de presión máxima (N/cm <sup>2</sup> )	Presión media (N/cm <sup>2</sup> )
Antes	60,01	42,48 $\pm$ 11,06
Después	49,77	38,12 $\pm$ 7,65

**TABLA 2. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la muestra (N = 9)**

		Prepresión	Pospresión	Índice de mejora
Parámetros normales	Media	42,4844	38,1211	4,3633
	Desviación típica	11,06492	7,65887	5,12751
Diferencias más extremas	Absoluta	0,121	0,120	0,290
	Positiva	0,121	0,109	0,290
	Negativa	-0,105	-0,120	-0,131
Z de Kolmogorov-Smirnov		0,363	0,359	0,870
Sig. asintót. (bilateral)		0,999	1,000	0,435

en la zona media del talón. Estableciendo como parámetros de tratamiento una duración de pulso de 300  $\mu$ seg y 50 Hz de frecuencia, aumentamos progresivamente la intensidad de corriente hasta observar la contracción en garra de los dedos. En este punto interrumpimos el aumento progresivo de la intensidad de corriente. Cuando la relajación de la garra digital sea evidente por el examinador, volveremos a aumentar la intensidad hasta la aparición de otra retracción digital. Este proceso se repetirá tres veces.

6. *Registro de presiones después de la aplicación de la corriente:* el proceso es similar al realizado antes de la aplicación de la corriente.

## RESULTADOS

El número de sujetos que constituyen la muestra del estudio era de 9 (5 mujeres y 4 hombres), con una edad media de 27,44  $\pm$  6,44 años, un rango de 18 a 34 años y un peso medio de 64,11  $\pm$  15,64 kg. La

media del número de pie de los sujetos estudiados era de un 41,11  $\pm$  3,7 y tan sólo dos de ellos no habían recibido ningún tipo de tratamiento en los pies. Cabe señalar que ninguna de las personas que participaron en el estudio refería episodios de dolor en ese momento. Por lo que se refiere a la distribución del pico máximo de presión y presión media en el antepié, antes de realizar la elongación se registraron 60,01 y 42,48  $\pm$  11,06 N/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Tras la aplicación de la corriente estos datos variaron a 49,77 y 38,12  $\pm$  7,65 N/cm<sup>2</sup> (tabla 1).

El valor medio del índice de mejora era de 4,36  $\pm$  5,12 N/cm<sup>2</sup>, con un rango máximo de 13,33 N/cm<sup>2</sup>. Para determinar las condiciones de normalidad de los datos obtenidos se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Como muestra la tabla 2, el resultado de la muestra en el pretest fue de 0,36 ( $p = 0,99$ ), en el posttest 0,36 ( $p = 1$ ) y en el índice de mejora 0,87 ( $p = 0,43$ ). Estos datos aconsejaron aceptar la hipótesis nula para una  $p < 0,05$  ( $H_0 =$  no existen diferencias significativas con la normalidad).

TABLA 3. Prueba de los rangos de Wilcoxon

Aplicación de la corriente	Pospresión – Prepresión
Z	-2,192
Sig. asintót. (bilateral)	0,028

TABLA 4. Prueba de correlación de Rho de Spearman

			Peso	Prepresión	Pospresión	Índice de mejora
Rho de Spearman	PESO	Coefficiente de correlación	1,000	0,686	0,393	0,912
		Sig. (bilateral)		0,041	0,295	0,001
	PREPRESIÓN	Coefficiente de correlación	0,686	1,000	0,917	0,717
		Sig. (bilateral)	0,041		0,001	0,030
	POSPRESIÓN	Coefficiente de correlación	0,393	0,917	1,000	0,417
		Sig. (bilateral)	0,295	0,001		0,265
	ÍNDICE DE MEJORA	Coefficiente de correlación	0,912	0,717	0,417	1,000
		Sig. (bilateral)	0,001	0,030	0,265	

Para demostrar si existen diferencias significativas en las presiones metatarsales tras la aplicación de la elongación muscular, realizamos, como prueba de contraste no paramétrica, el test de los rangos con signo de Wilcoxon. Como muestra la tabla 3, para los valores obtenidos en el pretest y en el posttest obtuvimos unos indicadores ( $p = 0,028$ ) que recomiendan rechazar la hipótesis nula para un nivel de significación de  $p < 0,05$ , por tanto encontramos que existen diferencias estadísticamente significativas entre la presión inicial metatarsal y la presión metatarsal tras la aplicación del tratamiento asignado.

Como muestra la tabla 4, la prueba de correlación

de Rho de Spearman indica que no existe correlación significativa entre la presión metatarsal posttest y el índice de mejora. Sin embargo, entre el resto de variables analizadas se observa una correlación significativa y positiva.

## DISCUSIÓN

El pie cavo es una patología que podemos abordar desde un punto de vista conservador<sup>(6, 7)</sup> o quirúrgico<sup>(8, 9)</sup>. El tratamiento quirúrgico suele realizarse en caso de deformidades importantes en épocas tempranas de

la vida o bien, en la edad adulta, cuando el tratamiento conservador ha fracasado y la sintomatología dolorosa para el sujeto merma su calidad de vida y/o, en última instancia, le resulta invalidante<sup>(10)</sup>. Sin embargo, en la mayoría de los casos, antes de recurrir a la cirugía, debemos intentar abordar la patología de manera conservadora, ya sea con intención preventiva<sup>(11)</sup> curativa o de forma paliativa actuando directamente sobre la sintomatología.

En la bibliografía encontramos multitud de investigaciones que afirman que en el pie cavo, indistintamente a su etiología, existe una verticalidad metatarsal que incrementa la presión a nivel de las articulaciones metatarsofalángicas<sup>(7, 12)</sup>. En el pie cavo esencial se produce un desequilibrio entre la musculatura intrínseca y extrínseca, y podríamos afirmar, con nuestro estudio, que en muchos casos el aumento de tensión de la musculatura corta plantar y de la fascia contribuye a mantener esta hiperpresión subcapital, responsable del dolor e impotencia funcional característica de estos tipos de pies<sup>(11)</sup>. Podríamos deducir también que la contractura plantar ayuda a mantener la verticalidad de los metatarsianos de tal manera que si no se actúa sobre ella tendería a cronificarse y acentuar dicha disposición a este nivel del pie.

Coincidiendo con otros estudios realizados sobre registro de presiones en pies no patológicos<sup>(13, 14)</sup>, los picos de máxima presión detectados en nuestra muestra se dan bajo la cabeza del segundo y tercer metatarsiano tanto antes como después del estiramiento con corriente bifásica simétrica. Por su configuración anatómica, cabría esperar que fuese el primer metatarsiano el que soportarse más carga en el antepié pero, en concordancia con el estudio realizado por Martínez Nova y cols.<sup>(15)</sup>, las máximas presiones se registran en los radios centrales. Por ello, nos atrevamos a afirmar que la alteración estructural del pie cavo esencial no es la responsable de que la primera cabeza metatarsal se encuentre sometida a menos carga que la segunda y tercera.

Nuestro estudio corrobora que la aplicación de la corriente rectangular bifásica simétrica, con el objetivo de elongación muscular, constituye un tratamiento eficaz para la disminución de la presión metatarsal en el pie cavo esencial. Este procedimiento de Fisioterapia resulta fácil de realizar por el sujeto en el ámbito ambulatorio y permite, al mismo tiempo, una mejora de la sintoma-

tología dolorosa derivada de la alteración estructural.

## CONCLUSIONES

— La retracción o aumento de tensión sufrida por la fascia plantar y la musculatura intrínseca del pie es un factor que provoca que la alteración estructural propia del pie cavo esencial se perpetúe o empeore a lo largo del tiempo.

— La corriente rectangular bifásica simétrica proporcionada por el TENS MED 931 produce la elongación y consiguiente relajación de la fascia plantar superficial, contracturada en la mayoría de los pies cavos sin tratamiento ortopodológico.

— En la mayoría de los casos, la presión que soporta la zona metatarsal de un pie cavo disminuye después de producir un estiramiento mantenido en la fascia superficial.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Crosbie J, Burns J. Are in-shoe pressure in symptomatic idiopathic pes cavus related to the location of foot pain? *Gait and Posture*. 2007; 23: 1-7.
2. Burns J, Crosbie J. The effect of pes cavus on foot pain and plantar pressure. *Clinic Biomec*. 2005; 20: 877-82.
3. Carpintero P, García A, Alcalde A, García J, Mesa M. Hallazgos electromiográficos y electroneurográficos en el pie cavo esencial. *Rev Esp Cir Osteoart*. 1993; 28: 33-5.
4. Núñez-Samper M, Llanos L. *Biomecánica, medicina y cirugía del pie*. Barcelona: Masson; 2000.
5. Gregory K. *Fisioterapia del deporte y el ejercicio*. Madrid: Churchill Livingstone; 2004.
6. Crosbie J, Burns J. Predicting outcomes in the orthotic management of painful, idiopathic pes cavus. *Clin J Sport Med*. 2007; 17 (5): 337-42.
7. Burns J, Crosbie J, Ouvrir R, Hunt A. Effective orthotic therapy for the painful cavus foot: a randomized controlled trial. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2006; 96 (3): 205-11.
8. Arabmotlagh M, Richolt J, Scale D, Rauschmann M. Historical development of arthrodesis of pes cavus. *Orthopade*. 2006; 35 (4): 372-9.
9. Weiner D, Morscher M, Junko J, Jacoby J, Weiner B. The akron dome midfoot osteotomy as a salvage procedure for the treatment of rigid pes cavus: a retrospective review. *J Pediatr Orthop*. 2008; 28 (1): 68-80.
10. Statler T, Tullis B. Pes cavus. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2005; 95 (1): 42-52.
11. Burns J, Landorf K, Ryan M, Crosbie J, Ouvrier R. Interventions for the prevention and treatment of pes cavus. *Cochrane Database Syst Rev*. 2007; 17 (4): CD006154.

12. Ledoux W, Rohr E, Ching R, Sangeorzan B. Effect of foot shape on the tridimensional position of foot bones. *Journal of Orthopaedic Research*. 2006; 24 (12): 2176-86.
13. Plank M. The pattern of forefoot pressure distribution in hallux valgus. *The Foot*. 1995; 5 (1): 8-14.
14. Luger E, Nissan M, Karpf A, Steinberg E, Dekel S. Dynamic pressures on the diabetic foot. *Foot Ankle Int*. 2001; 22 (9): 715-9.
15. Martínez Nova A, Cuvas García J, Pascual Huerta J, Sánchez Rodríguez R. Biofoot in shoe system: normal values and assessment of the reliability and repeatability. 2007; *Foot*. 17 (4): 190-6.