

ORIGINAL ARTICLE

Baropodometric association of the first metatarsal bone in medial tibial stress syndrome

Asociación baropodométrica del primer metatarsiano en el síndrome de stress tibial medial

Antonio Gómez Bernal^{1-4,7}, Javier Alfaro Santafé^{1, 2, 5,7}, Ana María Plaza Ruiz^{1, 2}, Francisco Manuel Sánchez Jurado^{1, 2}, Ismael Luque Bellido^{1, 2}, Alejandro Jesús Almenar Arasanz^{1,6}

¹ Podoactiva Departamento de Investigación Podoactiva. Parque Tecnológico Walqa, Ctra. N330a Km 566, 22197 Cuarte, Huesca.

² Diplomado/Graduado en Podología.

³ Máster Oficial investigación en Podología (URJC)

⁴ Doctor en Ciencias de la Salud (URJC)

⁵ Máster Oficial en Gerontología Social (UNIZAR)

⁶ Graduado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (UNIZAR)

⁷ Profesor de Biomecánica Aplicada. Grado de Podología. Universidad de Manresa

* Correspondence: Antonio Gómez Bernal: Edificio Podoactiva. Parque Tecnológico Walqa, Ctra. N330a Km 566, 22197 Cuarte, Huesca. // Teléfono: 676380655

Abstract

Objectives: Medial tibial stress syndrome (MTSS) is a mechanical stress overuse lesion, which is usually located at the post-medial border of the tibia. This study aims to quantify the baropodometric difference in the first metatarsal head between two groups.

Methods: For the study 30 patient footprints were analyzed. Among them, half were affected by MTSS and the other half were controls. The baropodometric footprint samples were obtained by walking barefooted over a platform. While the patients were walking the average plantar pressure and the integral ratio pressure/time was quantified. The T-student test was performed in independent samples in order to define the differences.

Results: The average plantar pressure results show statistically significant differences amongst the 2 groups ($p=0.001$ for the left foot and $p=0.001$ for the right foot). On the other hand, there were not any significant differences for the integral pressure/time variable in both groups ($p=0.327$ for the left foot and $p=0.300$ for the right foot).

Conclusion: By having done this study, we can affirm that the MTSS is more frequent in persons with a significant plantar pressure decrease in the first metatarsal head measured in the baropodometric platform. We consider the need for further studies that prove this biomechanical connection through instrumented insoles.

Key Words: tibial medial stress syndrome, foot, shinbone, kinetics.

Resumen

Objetivos: El síndrome de estrés tibial medial (SETM) es una lesión de sobreuso por estrés mecánico, que se localiza por lo general en el borde postero-medial de la tibia. El objetivo de este estudio es cuantificar la diferencia baropodométrica existente en la primera cabeza metatarsal entre dos grupos.

Métodos: Se analizaron las huellas de 30 participantes, de los cuales 15 padecían SETM y 15 controles. Se trata de un estudio observacional en el que se obtuvieron las huellas baropodométricas de los participantes, caminando sobre una plataforma de presiones. Se cuantificó la presión plantar media y la integral presión/tiempo que estaba recibiendo cada paciente en la primera cabeza metatarsal. Realizamos la prueba t-student para muestras independientes con el objetivo de definir las diferencias.

Resultados: Los resultados de la variable presión plantar media muestran diferencias estadísticamente significativas entre los 2 grupos ($p=0.001$ para pie izquierdo y $p=0.001$ para pie derecho). Por el contrario no se observaron diferencias estadísticamente significativas para la variable integral presión/tiempo en ambos grupos ($p=0,327$ para pie izquierdo y $p=0,300$ para pie derecho).

Conclusiones: Según nuestro estudio, los resultados obtenidos concluyen que el SETM se ocasiona con mayor frecuencia en personas con una disminución significativa de la presión plantar en la cabeza del primer metatarsiano medida en plataforma baropodométrica. Consideramos que son necesarios más estudios que evidencien esta relación biomecánica mediante plantillas instrumentadas.

Palabras Clave: síndrome de estrés tibial medial, pie, tibia, cinética.

Received: 11 May 2017; Acept: 1 August 2017.

Conflictos de Interés
Ninguno Declarado.

Fuentes de Financiación
Podoactiva

Introducción

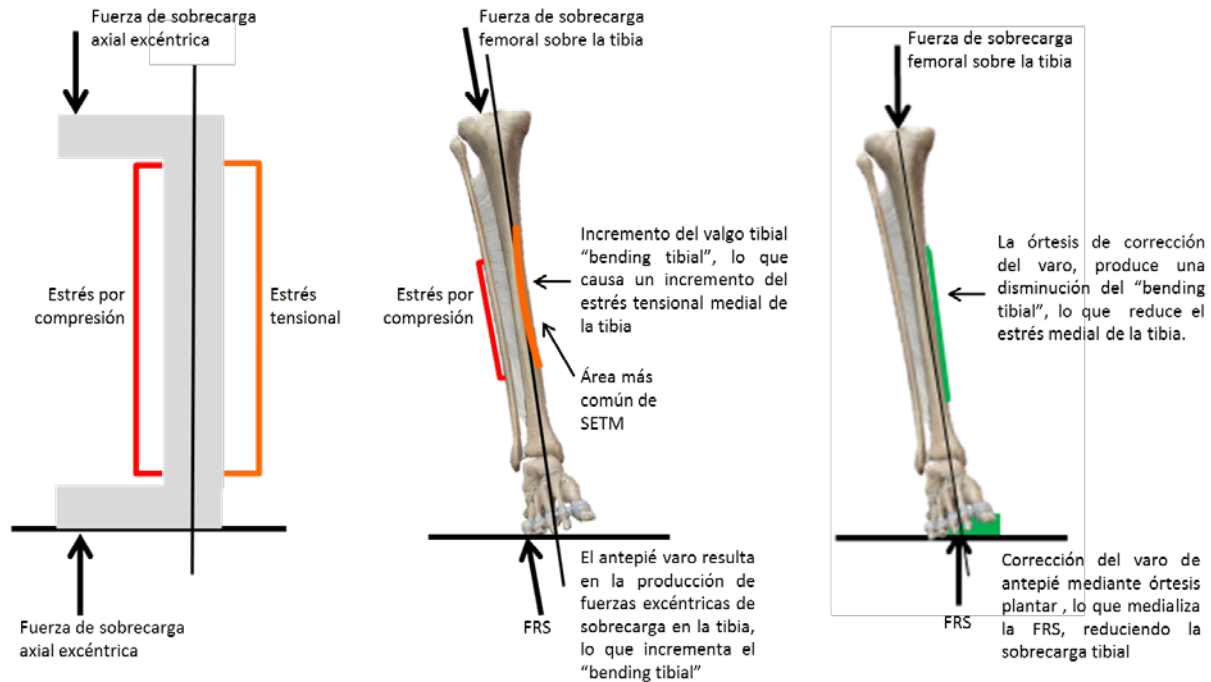
El síndrome de estrés tibial medial (SETM) o periostitis del músculo tibial posterior, se documentó por primera vez en 1948 por Pearson et al. y fue descrito como síndrome en 1982 por Mubarak et al. (1–3). Es una lesión de sobreuso por estrés mecánico, caracterizada por un dolor difuso, de carácter agudo e intenso y frecuentemente incapacitante para realizar actividad física (4,5). Dicha dolencia, se localiza por lo general en el borde postero-medial de la tibia en su tercio medio y/o distal. Esta patología está relacionada con actividades como caminar o correr (4,6,7). Tiene mayor incidencia en individuos de condición física activa. El porcentaje de aparición en atletas oscila de un 4% a un 35% y representa entre 13,2% y el 17,3% de las lesiones corrientes que se pueden producir al realizar un ejercicio de carrera continuada (5,8). El tiempo de recuperación para la resolución de SETM oscila entre 4 semanas a 18 meses de recuperación en los casos más graves (2).

Los individuos que manifestaron SETM son altamente susceptibles de volver a padecer la lesión, especialmente aquellos que realicen un entrenamiento inadecuado, bien sea por sobreentrenamiento, por el tipo de superficie o una técnica de carrera deficiente (7). Además, destacar que las alteraciones en la alineación del conjunto pie-tibia pueden impedir que la tibia no sea capaz de adaptarse a la tensión que se transmite sobre ella durante el funcionamiento del músculo esquelético en el paso, lo que provocará estrés y dolor (4,7). Son muchos los factores predisponentes a la aparición del SETM: la morfología arqueada de la tibia (varismo tibial), problemas de osteopenia, un aumento de la sollicitación y trabajo muscular o un acortamiento de la musculatura implicada son condicionantes a sufrir SETM y son agravantes de la sintomatología si la patología ya se manifiesta (2,5,6,9–11).

Existen varias hipótesis para explicar la lesión de estrés tibial medial. Una de ellas se enfoca en los momentos de flexión de la tibia (5,12). Ciertos autores a través de estudios con técnicas de imagen y biopsias óseas, han demostrado que la flexión de la tibia ante una actividad física repetida y continuada en el tiempo, genera tensiones elevadas y provoca una adaptación de este hueso, que tiene como consecuencia un mayor arqueamiento tibial (3,12). Esta lesión, supondría mayores momentos de flexión tibial en las zonas donde las fuerzas musculares de inserción son mayores, aproximadamente en la unión de los tercios medio y distal, donde el dolor se suele reflejar (3,5,9,12).

La propuesta de una etiología mecánica para el SETM, es por la que actualmente se está decantando la comunidad científica. La hipótesis hace referencia a un excesivo valgo tibial o “bending tibial”. En ingeniería es bien conocido el hecho de que la aplicación de fuerzas de sobrecarga axial sobre una estructura relativamente larga y estrecha van a producir fuerzas de tensión y compresión y por tanto flexión (bending) sobre dicha estructura. En el caso del SETM suele atribuirse también a la presencia de un varo de antepié con un apoyo reducido del primer metatarsiano, que modifica la dirección de las fuerzas de reacción del suelo (FRS), las cuales toman orientación lateral contribuyendo al aumento del valgo tibial (figura 1) (13).

Figura 1. Representación gráfica de la patomecánica del SETM



Por su parte, la otra hipótesis para explicar SETM afirma que la tracción repetida del periostio por las fibras musculares que se adhieren a lo largo de la longitud del borde medial tibial e incluso por la fascia profunda crural, que también se une a la misma ubicación, pueden ser los responsables de la aparición sintomatológica del SETM (5,14). En dichos estudios, se han implicado a los músculos flexores plantares que se insertan en la tibia, concretamente a los haces de fibras del músculo tibial posterior como fuente principal de esta tracción patológica por contracción repetitiva, implicando también al conjunto muscular gastrocnemios-sóleo y al músculo flexor largo de los dedos como causantes (5,8,14,15).

Existen una serie de autores que puntualizan que puede darse una combinación de ambas teorías en cohortes tales como corredores de distancias intermedias y largas o en personas donde el crecimiento del hueso no es completo o es inmaduro (5,8,15).

En tales casos, debido a la contracción de los vientres musculares de gastrocnemios y sóleo en la parte posteromedial, así como del músculo tibial posterior en la parte más medial, propician a momentos tibiales de flexión exacerbados que pueden dar lugar a una periostitis o a un edema subcutáneo en el borde medial del tercio medio y/o distal tibial (5,8,14). En los casos más graves, se puede llegar a provocar microfisuras en esta zona que pueden verse agravadas con fisuras de mayor tamaño, incluso fracturas tibiales si las fuerzas de tracción son lo suficientemente grandes o si existe una desmineralización ósea o una falta en la maduración del hueso (3,7,16).

Como el SETM se observa principalmente en individuos que participan en la actividad en carga, se ha hecho mucho hincapié en las características cinemáticas del pie y el tobillo con respecto a la amplitud de movimiento articular en dirección plantar que puede dar lugar a la patología en cuestión (8,17).

Como hipótesis de este estudio planteamos que existen diferencias significativas en los resultados baropodométricos de la cabeza del primer metatarsiano en los participantes con SETM y los participantes sanos. El objetivo general de este estudio es cuantificar la diferencia baropodométrica existente en la primera cabeza metatarsal entre ambos grupos. Los objetivos específicos son calcular la diferencia de la magnitud de la presión plantar media en sujetos con SETM y sujetos sin patología y calcular la diferencia de la magnitud de la integral presión/tiempo en la primera cabeza metatarsal en sujetos con SETM y sujetos sin patología, para evidenciar la relación de la aparición del SETM con la cinética.

Material y Métodos

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Investigación de la Comunidad Autónoma de Aragón (CEICA) emitiendo un dictamen favorable para la realización del proyecto con el acta nº 04/2017. Se siguieron los principios éticos y normas de la declaración de Helsinki de 1975 revisada por última vez en Seúl en el año 2013 (18). Se mantuvieron los principios de confidencialidad y autonomía de la persona, mediante la solicitud del consentimiento informado.

Para la realización de este estudio piloto se seleccionó una muestra de 30 sujetos. El grupo de casos que padecían SETM estuvo formado por 15 sujetos (6 hombres y 9 mujeres) y el grupo control estuvo formado por otros 15 sujetos (8 hombres y 7 mujeres). Todos los integrantes del estudio tenían una edad comprendida entre 25 y 30 años con una media de $27.06 \pm 1,83$ años. El SETM fue diagnosticado en clínica por un podólogo especialista en biomecánica y los sujetos que conformaban el grupo de casos habían experimentado síntomas durante al menos dos meses.

Se registraron los datos demográficos de los

participantes incluyendo edad, sexo, peso, altura, índice de masa corporal (IMC), número de calzado (punto francés) y el índice de postura del pie (IPP) (19), el cual es una herramienta clínica diagnóstica, cuya finalidad es cuantificar el grado de posición neutra, pronada o supinada del pie. Se consideró como criterio de inclusión que los sujetos en el estudio tuvieran un IMC con criterio de normalidad (18,5-24,9), evitando que el sobrepeso fuera un factor que pudiera influir en el desarrollo de la patología.

Se midió la presión plantar en dinámica de los 30 sujetos caminando descalzos sobre la plataforma de presiones Footwork Pro® (AM CUBE, Inc., France, www.amcube.net) mediante el protocolo de los 3 pasos a la velocidad preferida por el sujeto (20) (Figura 2). El sensor de medición de la plataforma presenta una alta fiabilidad (21). A través del software de la plataforma se obtuvo la presión media plantar y la integral presión/tiempo de la primera cabeza metatarsal.

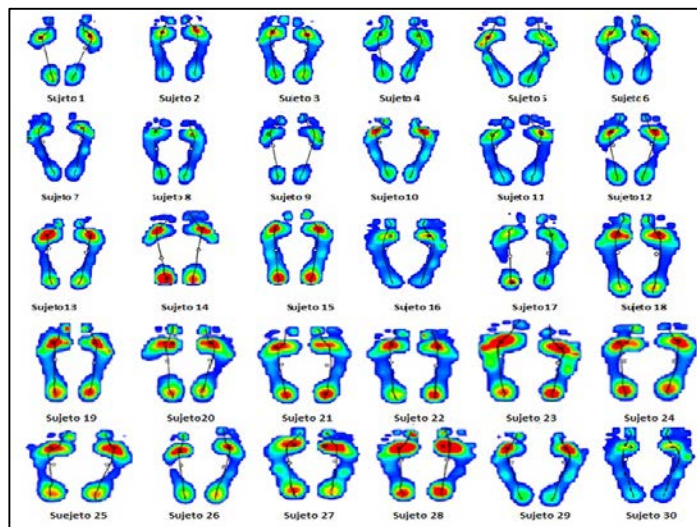


Figura 2. Ejemplo de huellas baropodométricas de todos los sujetos.

La plataforma posee dimensiones 490x490x5mm, 4096 sensores capacitivos calibrados, con un tamaño de sensor de 7,6 x 7,6 milímetros con una frecuencia de muestreo de 200 Hz (22). En total se registraron 3 mediciones para cada pie en cada sujeto y se promedió la presión plantar media (kPa) de la primera cabeza metatarsal para obtener su resultado como media (SD). Se sectorizaron todas las huellas baropodométricas obtenidas en 8 partes a través de la definición de zonas de estudio que ofrece el software de la plataforma (Figura 3).

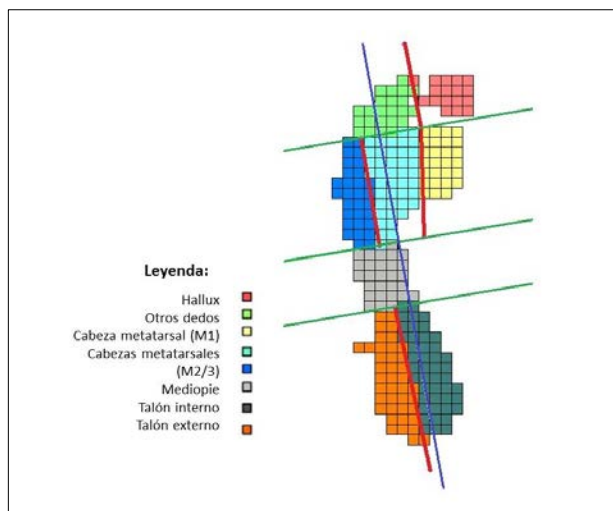


Figura 3. Sectorización de la huella plantar mediante software Footwork Pro®

El análisis de los datos se realizó mediante el paquete estadístico SPSS 22.0 para Windows (SPSS Ibérica, Madrid, España). La normalidad en la distribución de los resultados para los datos demográficos, presiones medias e integral presión/tiempo de la primera cabeza metatarsal fue analizada mediante la prueba de Shapiro-Wilk, indicando que si $p < 0.05$ se concluye que la variable no tiene una distribución normal. Se analizaron la presión media plantar de las huellas baropodométricas y la integral presión/tiempo de la primera cabeza metatarsal mediante la prueba estadística t-student para muestras independientes.

Para todos los test la significación estadística se fijó en $p < 0,05$. Se tuvo en cuenta la igualdad de varianzas mediante la prueba de Levenne.

Resultados

El análisis en la distribución de los datos, mediante la prueba de Shapiro-Wilk muestra un comportamiento normal para todas las variables comportándose como una muestra homogénea para todos los sujetos. La tabla 1 muestra los resultados del análisis de los datos demográficos que forman la muestra del estudio, no existiendo diferencias estadísticamente significativas en las variables demográficas entre grupos, exceptuando el IPP, el cual obtiene un valor de $1,6 \pm 1,29$ para el grupo control y $-2,93 \pm 1,27$ para el grupo de los casos, existiendo diferencias significativas ($p=0,001$) entre el grupo control (sujetos sin SETM) y el grupo de casos (sujetos con SETM), (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis de las diferencias de datos demográficos mediante T-student.

Variables	Controles (n=15) Media ± SD	Casos (n=15) Media ± SD	Total (n=30) Media ± SD	p valor p<0,05
Edad	27,26 ± 1,94	27,33 ± 1,17	27,30 ± 1,57	0,910
Peso (Kg)	63,86 ± 7,31	63,13 ± 9,17	63,50 ± 8,16	0,811
Altura (cm)	168 ± 4,14	167,2 ± 5,50	167,60 ± 4,80	0,656
IMC	22,58 ± 2,01	22,50 ± 2,47	22,54 ± 2,22	0,926
Talla calzado (paso Pie/pie)	39,73 ± 1,98	39,26 ± 2,4	39,50 ± 2,17	0,566
IFI	1,6 ± 1,29	-2,93 ± 1,27	-0,66 ± 2,63	0,001

Abreviaturas: (IMC: índice de masa corporal; IFI: índice de función del pie).

Tabla 1. Análisis de las diferencias de datos demográficos mediante T-student.

El análisis en la distribución de los datos de la presión plantar media y la integral presión/tiempo en la primera cabeza metatarsal mediante el test de Shapiro-Wilk también muestra un comportamiento normal para los sujetos con SETM y para los sujetos del grupo control. Los valores medios de la presión plantar bajo la primera cabeza metatarsal es de $131,2 \pm 36,72$ kPa para pie derecho y $136,53 \pm 36,34$ kPa para pie izquierdo en los sujetos sin SETM. La presión es superior para los sujetos con SETM, $78,06 \pm 42,33$ kPa en pie derecho y $84,86 \pm 34,58$ kPa en pie izquierdo (Figura 4).

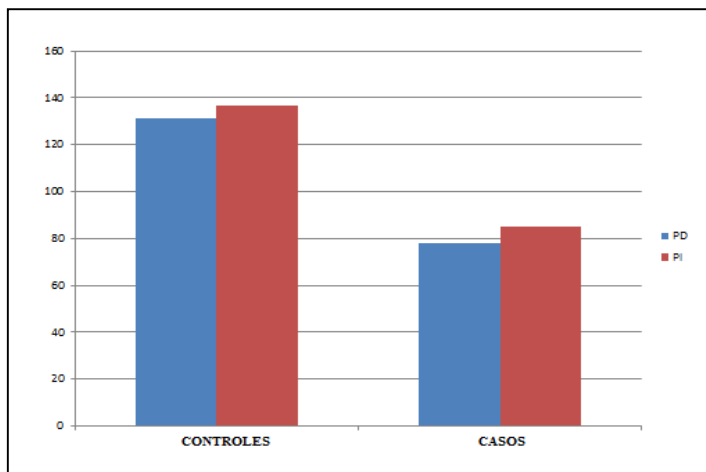


Figura 4. Presión plantar media del primer metatarsiano por grupos y pies (kPa en grupo control y patológico).

En cuanto a diferencias analizadas con el test de t-student, tanto en el pie izquierdo ($p=0.001$) como en el pie derecho ($p=0.001$) se observan diferencias estadísticamente significativas ($p<0.05$) para la presión plantar de las huellas baropodométricas en la primera cabeza metatarsal, entre los sujetos sin SETM y los sujetos con SETM. (Tabla 2).

	Presión media 1° CMTT Pie derecho Media \pm SD	Presión media 1° CMTT Pie izquierdo Media \pm SD
Controles	131,2 \pm 36,72	136,53 \pm 36,34
Casos	78,06 \pm 42,33	84,86 \pm 34,58
t-student	0,001	0,001

Abreviaturas: (CMTT: Cabeza metatarsal)

Tabla 2. Media y desviación estándar de pie izquierdo y pie derecho del grupo control y casos para la variable presión media. Valor de t-student ($p<0,05$).

Los valores medios para la variable integral presión/tiempo son $9,53 \pm 1,84$ % para pie derecho y $9,6 \pm 1,79$ % para pie izquierdo en los sujetos sin SETM. Para los sujetos con SETM la media es de $9 \pm 3,92$ % en pie derecho y $9,73 \pm 3,61$ % en pie izquierdo. En cuanto a diferencias analizadas con el test de t-student, tanto en el pie izquierdo ($p=0.300$) como en el pie derecho ($p=0.327$) no se observan diferencias estadísticamente significativas ($p<0.05$) para la integral presión/tiempo de las huellas baropodométricas en la primera cabeza metatarsal, entre los sujetos sin SETM y los sujetos con SETM. (Tabla 3).

	Integral presión/tiempo 1° CMTT Pie derecho Media \pm SD	Integral presión/tiempo 1° CMTT Pie izquierdo Media \pm SD
Controles	9,53 \pm 1,84	9,6 \pm 1,79
Casos	9 \pm 3,92	9,73 \pm 3,61
t-student	0,300	0,327

Abreviaturas: (CMTT: Cabeza metatarsal)

Tabla 3. Media y desviación estándar de pie izquierdo y pie derecho del grupo control y casos para la variable integral presión/tiempo. Valor de t-student ($p<0,05$).

Discusión

En el presente trabajo hemos evaluado si existen diferencias significativas al comparar en una plataforma de presiones FootWork Pro® (20) la cabeza del primer metatarsiano en sujetos sanos y en sujetos que padecen SEMT. En base a los resultados obtenidos de las muestras estudiadas, observamos que se ha conseguido demostrar uno de los objetivos específicos que se han planteado, ya que existen diferencias significativas en ambos pies ($p=0,001$) entre las presiones medias de la primera cabeza metatarsal en ambas cohortes de sujetos, siendo mayor la presión en los sujetos sanos que en los sujetos con SETM. Estos últimos presentan un mayor grado de supinación atendiendo a los resultados obtenidos en el IPP, lo que resultó estadísticamente significativo en comparación con el grupo control ($p=0,001$). En cuanto al segundo objetivo específico que se ha estudiado, la integral presión/tiempo de los dos grupos, la hipótesis ha sido nula, puesto que no existen diferencias significativas de ambas cohortes de sujetos ($p<0.05$), para pie derecho ($p=0.300$) y para pie izquierdo ($p=0.327$), en la comparación del porcentaje de tiempo total del paso en el que el primer metatarsiano contacta con el suelo.

En relación a una explicación que fundamente los resultados de la hipótesis expuesta, son muchos los autores que hacen especial hincapié en la importancia de la caída del hueso navicular o escafoides, íntimamente ligado al movimiento de pronación, como principal factor predisponente y/o desencadenante a padecer SETM (2,4,8,16,17). Si la velocidad de la caída navicular aumenta, puede ser indicativo de una menor eficiencia muscular en la desaceleración del movimiento de flexión plantar, eversión y adducción del ASA, que se traduce en un aumento de la velocidad de pronación (8,14,17,23). Una caída del pie muy brusca en pronación va a provocar una activación muy rápida con una mayor tensión y trabajo muscular por parte de la musculatura inversora y/o antagonista a la pronación (5,12,15). Esto provocará que el trabajo muscular sea mayor así como las fuerzas mecánicas que se transmiten a través de la tibia induzcan a una mayor tracción de las fibras que se adhieren al periostio tibial (5,14,15,24).

En este sentido, los momentos de pronación excesivos de la articulación subastragalina durante la fase propulsiva de la marcha van a aumentar la movilidad articular del pie, perdiendo así la capacidad de comportarse como una palanca rígida que permita de una forma correcta la propulsión y progresión del paso (25–29). De esta forma, el músculo peroneo lateral largo se vuelve incapaz de anclar la cabeza del primer metatarsiano al suelo al disminuir su vector de fuerza de palanca y de función plantarflexora (25,29,30). A este modelo patomecánico, debemos de sumarle que las FRS en la última fase del proceso de la marcha producen una dorsiflexión e inversión del primer metatarsiano, destacado entre las demás estructuras del primer radio (11,25,26).

En base a la anterior explicación biomecánica, podemos evidenciar la relación directa entre el aumento patológico de pronación del ASA y la producción del SETM. De igual manera, la relación entre el exceso de pronación y la insuficiencia de apoyo en la cabeza del primer metatarsiano es notable, y basándonos en que los resultados obtenidos de la presión media de ambas cohortes estudiadas en plataforma de presiones son significativos, podemos poner de manifiesto la relación de la falta de presión en la primera cabeza metatarsal y el SETM. Por lo tanto, sería este otro factor indicativo más a tener en cuenta en la producción mecánica del SETM.

A pesar de que también sospechábamos que el tiempo de apoyo en el primer metatarsiano iba a tener una diferencia significativa en los dos grupos de estudio, se mostró una tendencia a menor tiempo de apoyo en los sujetos con SETM en comparación a los sujetos sanos, aunque sin ser llegar a ser estadísticamente significativo.

Destacar la importancia que, supone que al tratarse de un valor cuantificable, el dato reflejado es objetivo y puede ser motivo de estudios futuros para valorar hasta qué punto el déficit presión media en la primera cabeza metatarsal puede estar relacionado con el SETM.

Es interesante destacar que existe un estudio en el cuál se define la normalidad de las presiones plantares medias medidas mediante la plataforma baropodométrica Emed ST4® sectorizando el pie en 10 zonas (31). Utilizan una muestra de 53 sujetos sanos a los que se les cuantifica la presión plantar media bajo la primera cabeza metatarsal, obteniendo un resultado de normalidad de 227 KPa.

En nuestro estudio hemos obtenido unos valores diferentes en los sujetos sin patología de SETM, pero no hemos tenido en cuenta que el pie no tuviera una pronación o supinación patológica que pueda generar variaciones de la presión plantar de la primera cabeza metatarsal. Además también debemos de considerar las posibles diferencias en los resultados de presión plantar medida en KPa al tratarse de sistemas baropodométricos de diferente fabricante. Por lo tanto, comparando los resultados de este trabajo con los obtenidos en nuestro estudio, podemos justificar la disminución de presión plantar en la primera cabeza metatarsal en los sujetos que padecen SETM.

Conclusiones

Según nuestro estudio, podemos concluir que existen diferencias estadísticamente significativas en las presiones baropodométricas de la primera cabeza metatarsal entre los sujetos con SETM y los sujetos sanos.

En cuanto a la presión plantar media de la primera cabeza metatarsal, existen diferencias significativas entre ambos grupos, pudiendo afirmar que la falta de presión bajo la primera cabeza metatarsal es un factor indicativo y predisponente en la producción del SETM.

Por el contrario, no existe una relación significativamente estadística entre la integral presión/tiempo que cuantifica el porcentaje en el cual la cabeza del primer metatarsiano contacta contra el suelo durante el tiempo total del paso.

Son necesarios más estudios que evidencien esta relación biomecánica y resultaría interesante valorar la presión plantar de la primera cabeza metatarsal en los tratamientos ortopodológicos aplicados a pacientes con SETM a través de plantillas instrumentadas, pudiendo así analizar el gesto deportivo del pie en la carrera desde un punto de vista baropodométrico.

Como limitación del estudio debemos mencionar la heterogeneidad de la muestra entre ambos grupos de estudio.

References

1. Mubarak SJ, Gould RN, Fon Lee Y, Schmidt DA, Hargens AR. The Medial Tibial Stress Syndrome A Cause of Shin Splints. *Am J Sports Med.* 1982 Jul-Aug;10(4):201-5.
2. Akiyama K, Noh B, Fukano M, Miyakawa S, Hirose N, Fukubayashi T. Analysis of the talocrural and subtalar joint motions in patients with medial tibial stress syndrome. *J Foot Ankle Res. Journal of Foot and Ankle Research;* 2015;8:25.
3. García, S. G. (2016). Actualización sobre el síndrome de estrés tibial medial. *Revista Científica General José María Córdova*, 14(17), 225–242. García SG. Actualización sobre el síndrome de estrés tibial medial. *Rev Científica Gen José María Córdova.* 2016;14(17):225–42.
4. Reinking MF, Austin TM, Richter RR, Krieger MM. Medial Tibial Stress Syndrome in Active Individuals: A Systematic Review and Meta-analysis of Risk Factors.
5. Brown AA, Brown AA, Brown, Ampomah A. *Medial Tibial Stress Syndrome: Muscles Located at the Site of Pain.* Scientifica (Cairo). Hindawi Publishing Corporation; 2016;2016:1–4.
6. Franklyn M, Oakes B. Aetiology and mechanisms of injury in medial tibial stress syndrome: Current and future developments. *World J Orthop.* 2015;6(8):577–89.
7. Kudo S, Hatanaka Y. Forefoot flexibility and medial tibial stress syndrome. *J Orthop Surg HK.* 2015;23(3):357–60.
8. Rathleff MS, Kelly LA, Christensen FB, Simonsen OH, Kaalund S, Laessoe U. Dynamic midfoot kinematics in subjects with medial tibial stress syndrome. *J Am Podiatr Med Assoc.* 102(3):205–12.
9. Frost HM. Wolff's Law and bone's structural adaptations to mechanical usage: an overview for clinicians. Vol. 64, *Angle Orthodontist.* 1994. p. 175–88.
10. Moen MH, Tol JL, Weir A, Steunebrink M, De Winter TC. Medial tibial stress syndrome: a critical review. *Sports Med.* 2009;39(7):523–46.
11. Newman P, Waddington G, Adams R. Shockwave treatment for medial tibial stress syndrome: A randomized double blind sham-controlled pilot trial.
12. Galbraith RM, Lavalley ME. Medial tibial stress syndrome: Conservative treatment options. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2009;2(3):127–33.
13. Kirby K. Current concepts in treating medial tibial stress syndrome. *Pod Today.* 2010;23:52–7.
14. Edama M, Onishi H, Kubo M, Takabayashi T, Yokoyama E, Inai T, et al. Gender differences of muscle and crural fascia origins in relation to the occurrence of medial tibial stress syndrome. *Scand J Med Sci Sport.* 2015;(1990):1–6.
15. Akiyama K, Akagi R, Hirayama K, Hirose N, Takahashi H, Fukubayashi T. Shear Modulus of the Lower Leg Muscles in Patients with Medial Tibial Stress Syndrome. *Ultrasound Med Biol.* 2016;42(8):1–5.
16. Winkelmann ZK, Anderson D, Games KE, Eberman LE. Risk Factors for Medial Tibial Stress Syndrome in Active Individuals: An Evidence-Based Review.
17. Bandholm T, Boysen L, Haugaard S, Zebis MK, Bencke J. Foot Medial Longitudinal-Arch Deformation During Quiet Standing and Gait in Subjects with Medial Tibial Stress Syndrome. *J Foot Ankle Surg.* 2008;47(2):89–95.
18. Declaración de helsinki 2013.
19. Redmond AC, Crane YZ, Menz HB. Normative values for the Foot Posture Index. *J Foot Ankle Res.* 2008 Jul;1(1):6.
20. Bus S, Lange A de. A comparison of the 1-step, 2-step, and 3-step protocols for obtaining barefoot plantar pressure data in the diabetic neuropathic foot. *Clin Biomech.* 2005;
21. Giacomozzi C. Appropriateness of plantar pressure measurement devices: a comparative technical assessment. *Gait Posture.* 2010 May;32(1):141–4.
22. Petrović S, Devedžić G, Ristić B, Matić A. Foot pressure distribution and contact duration pattern during walking at self-selected speed in young adults.
23. Moen MH, Bongers T, Bakker EW, Zimmermann WO, Weir A, Tol JL, et al. Risk factors and prognostic indicators for medial tibial stress syndrome. *Scand J Med Sci Sport.* 2012;22(1):34–9.
24. Yagi S, Muneta T, Sekiya I. Incidence and risk factors for medial tibial stress syndrome and tibial stress fracture in high school runners. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2013;21(3):556–63.
25. Munuera P V, Trujillo P, Güiza I. Hallux interphalangeal joint range of motion in feet with and without limited first metatarsophalangeal joint dorsiflexion. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2012;102(1):47–53.
26. Singh D, Biz C, Corradin M, Favero L. Comparison of dorsal and dorsomedial displacement in evaluation of first ray hypermobility in feet with and without hallux valgus. *Foot Ankle Surg.* 2016 Jun;22(2):120–4.
27. Allen MK, Cuddeford TJ, Glasoe WM, DeKam LM, Lee PJ, Wagner KJ, et al. Relationship between static mobility of the first ray and first ray, midfoot, and hindfoot motion during gait. *Foot ankle Int.* 2004;25(6):391–6.
28. Cornwall MW, McPoil TG. Motion of the calcaneus, navicular, and first metatarsal during the stance phase of walking. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2002;92(2):67–76.
29. Cornwall MW, McPoil TG, Fishco WD, O'Donnell D, Hunt L, Lane C. The influence of first ray mobility on forefoot plantar pressure and hindfoot kinematics during walking. *Foot ankle Int / Am Orthop Foot Ankle Soc [and] Swiss Foot Ankle Soc.* 2006;27(7):539–47.
30. Munuera P V, Domínguez G, Palomo IC, Lafuente G. Effects of rearfoot-controlling orthotic treatment on dorsiflexion of the hallux in feet with abnormal subtalar pronation: a preliminary report. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2006;96(4):283–9.
31. Putti AB, Arnold GP, Cochrane LA, Abboud RJ. Normal pressure values and repeatability of the Emed® ST4 system. *Gait Posture.* 2008 Apr;27(3):501–5.