

Modificaciones de la almohadilla grasa plantar en pacientes diabéticos con o sin úlcera del pie diabético

Modifications of Plantar Fat Pad in Diabetic Patients with or without Diabetic Foot Ulcer

Arístides Lázaro García Herrera^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-8146-3239>

Ridel de Jesús Febles Sanabria¹ <https://orcid.org/0000-0003-4446-685X>

Arístides Lázaro García Moliner² <https://orcid.org/0009-0007-0962-0379>

Miriam Moliner Cartaya¹ <https://orcid.org/0000-0002-1012-3931>

¹Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas. Cuba.

²Hospital Provincial Clínico Quirúrgico Universitario “Faustino Pérez Hernández”. Matanzas, Cuba.

*Autor para la correspondencia: aristides.mtz@infomed.sld.cu

RESUMEN

Introducción: En pacientes portadores del pie diabético existe una reducción significativa de las dimensiones de los corpúsculos adiposos plantares, por lo que es posible evaluar cuantitativamente esta situación, mediante el empleo de la ecografía en modo B.

Objetivo: Determinar las modificaciones de la almohadilla grasa plantar en pacientes diabéticos con o sin úlcera del pie diabético.

Métodos: Estudio observacional, prospectivo, abierto, caso-control, no randomizado, correspondiente al período entre enero de 2021 y enero de 2024. La muestra la conformaron 65 diabéticos, los cuales, en dependencia de la presencia y/o ausencia de úlceras del pie, fueron subdivididos en dos grupos: Grupo A de estudio (integrado por 36 pacientes con úlceras del pie diabéticos) y un Grupo B de control (con 29 diabéticos sin úlceras de los pies). Se excluyeron aquellos con

condiciones patológicas a nivel de los pies, que pudieran interferir con la evaluación.

Resultados: Las cifras de reducción del grosor de la almohadilla grasa plantar (medida en milímetros), según topografía, demuestran que la mayor diferencia entre el paciente con úlcera del pie diabético en relación con el diabético sin úlcera tiene lugar en el calcáneo, pero también ocurre en el resto del trípode de bipedestación (primero y quinto metatarsiano). Estas resultan diferencias estadísticamente significativas.

Conclusiones: En el paciente con úlcera del pie diabético presenta una reducción del grosor de la almohadilla grasa plantar, que pudiera ser reconocido como un predictor del riesgo de ulceración.

Palabras clave: pie diabético; úlcera del pie diabético; pie de riesgo.

ABSTRACT

Introduction: In patients with diabetic foot there is a significant reduction in the dimensions of the plantar adipose corpuscles; therefore, it is possible to evaluate this situation quantitatively using B-mode ultrasound.

Objective: To determine the modifications of the plantar fat pad in diabetic patients with or without diabetic foot ulcer.

Methods: An observational, prospective, open, case-control, nonrandomized and prospective study was carried out, corresponding to the period between January 2021 and January 2024. The sample consisted of 65 diabetics, who, depending on the presence or absence of foot ulcers, were subdivided into two groups: study group A, composed of 36 patients with diabetic foot ulcers, and a control group B, with 29 diabetics without foot ulcers. Those with pathological conditions at foot level, which could interfere with the evaluation, were excluded.

Results: The reduction figures corresponding to plantar fat pad thickness (measured in millimeters), according to topography, show that the greatest difference between the patient with diabetic foot ulcer in relation to the diabetic without ulcer takes place in the calcaneus, but also occurs in the rest of the standing tripod (first and fifth metatarsal). These result in statistically significant differences.

Conclusions: In the patient with diabetic foot ulcer, there is a reduced plantar fat pad thickness, which could be recognized as a predictor of ulceration risk.

Keywords: diabetic foot; diabetic foot ulcer; risk foot.

Recibido: 08/10/2024

Aceptado: 15/10/2024

Introducción

Múltiples son los factores que se asocian a la génesis del pie diabético, temida, costosa e invalidante complicación crónica de la diabetes mellitus. Desde el punto de vista biomecánico, se destacan cambios en el pie causados por la diabetes y la neuropatía periférica, de índole cualitativos y cuantitativos.⁽¹⁾

La almohadilla grasa plantar (AGP) es un tejido que cumple como principal función biomecánica la amortiguación: absorbente de traumas y disipadora de las presiones plantares.^(1,2) Hay que recordar que en el triángulo de bipedestación, durante la marcha, se puede generar una fuerza vertical –entiéndase en la misma dirección, pero sentido opuesto de un 110 % del peso corporal–. La distribución de la absorción de estas fuerzas de reacción se garantiza con la AGP en un 80 % de la presión vertical, y solo el 20 % por la suela del calzado.⁽³⁾

Anatómicamente, en la AGP existen microcámaras y macrocámaras de tejido graso, con diferentes funciones y propiedades biomecánicas. Las microcámaras, primeramente, al ser comparadas, exhiben muy baja capacidad de deformarse y poseen una capacidad elástica diez veces superior; a su vez, las macrocámaras se responsabilizan de la resistencia a la compresión.⁽⁴⁾

Esta distribución de funciones garantiza a la planta del pie un comportamiento viscoelástico, que permite amortiguar el impacto contra el suelo, y resulta, a su vez, capaz de reutilizar la energía absorbida, lo que garantiza el funcionamiento plantar biomecánico; entre otros ejemplos, puede citarse la interacción con la suela venosa de Lesjards, primera bomba plantar para el inicio del retorno venoso o flujo venoso centrípeto.^(4,5)

Atrofia de la grasa plantar

Se ha citado que en pacientes portadores del pie diabético existe una reducción de la elasticidad de la grasa plantar, como consecuencia de las modificaciones

metabólicas que tienen lugar en el colágeno y la elastina, que constituyen los tabiques fibrosos, que compartimentan el tejido adiposo. Esto genera una singular estructura histológica, que ha recibido la denominación de en “panal de abeja” secundarios a la glucosilación no enzimática de las proteínas, fenómeno metabólico patognomónico, derivado de la hiperglucemia, lo cual se evidencia mediante la realización de la elastografía.⁽³⁾ Pero también se ha citado una reducción significativa del grosor, asociada a la disminución de las dimensiones de los corpúsculos adiposos, por lo que es posible, cuantitativamente, evaluar esta situación, mediante el empleo de la ecografía en modo B.⁽⁶⁾

La investigación persiguió como objetivo determinar las modificaciones de la almohadilla grasa plantar en pacientes diabéticos con o sin Úlcera del Pie diabético.

Métodos

Se realizó un estudio observacional, prospectivo, abierto, caso-control, no randomizado. El universo estuvo constituido por todos los pacientes diabéticos que acudieron para evaluación por los autores en consulta externa del Servicio provincial de Angiología y Cirugía Vascular de Matanzas en el período entre enero de 2021 y enero de 2024, con un muestreo consecutivo no intencionado.

Se seleccionó un total de 65 diabéticos, los cuales, en dependencia de la presencia y/o ausencia de úlceras del pie, fueron subdivididos en dos grupos: Grupo A de estudio (integrado por 36 pacientes con úlceras del pie diabéticos) y un Grupo B de control (con 29 diabéticos sin úlceras de los pies). Se excluyeron aquellos con condiciones patológicas a nivel de los pies, que pudieran interferir con la evaluación (deformidades podálicas graves y cirugías previas, incluyendo las amputaciones menores).

Los sujetos participantes en el estudio se evaluaron en el Laboratorio de Investigaciones de Ciencias Básicas y Biomédicas de la Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas, donde se realizó el ultrasonido de la planta del pie para la determinación del grosor de la almohadilla grasa plantar.

Protocolo de exploración de la almohadilla grasa plantar

Todas las evaluaciones ultrasonográficas fueron realizadas por el mismo examinador (autor principal), mediante un equipo (SONOACER3 de SAMSUM

MEDISON, Seúl, Corea). Los pacientes se colocaron en decúbito prono sobre una camilla, y debían mantener la pelvis y las rodillas en extensión. Los tobillos debían estar en flexión dorsal, de manera que fuera ergonómico para el explorador y cómodo para el paciente.

Se procedió a identificar, mediante la determinación del triángulo de bipedestación, los puntos de carga correspondientes al primero y quinto metatarsiano, y el calcáneo. Las mediciones ultrasónicas se realizaron con un transductor de 8 MHz perpendicular a la superficie plantar, y los puntos de medición se establecieron desde el TCS hasta su porción más profunda.

Para la determinación de la almohadilla grasa plantar, se realizaron tres mediciones sucesivas. Se obtuvo como resultado el promedio de estas tres mediciones, con aproximación aritmética a los límites superiores y/o inferiores, según correspondiera en cada caso. En los diabéticos con lesiones del pie se realizó la protección del transductor con un guante de examen clínico, que lo cubría (fig. 1).



Fig. 1 - Exploración de la almohadilla grasa plantar en diabético sin úlceras de los pies, perteneciente al Grupo B control.

Procesamiento estadístico

El análisis estadístico de los resultados fue realizado a través del Sistema estadístico SPSS versión de programa 21.0 para Windows (IBM-SPSS, Inc., Armonk, NY). El análisis exploratorio de cada una de las variables se hizo para evaluar su comportamiento global. Para el análisis de probabilidad beta, *a priori* se consideró estadísticamente significativo un valor de $p < 0,05$. Las variables cuantitativas fueron resumidas a través de la frecuencia, la media y la derivación estándar, así como el valor máximo y mínimo. Las variables cualitativas se resumieron según frecuencia y porcentaje. El test de Chi-cuadrado (χ^2) se empleó para la comparación de ambas mediciones.

Consideraciones bioéticas

El consentimiento informado se obtuvo de todos los pacientes que participaron en el estudio. El protocolo de estudio se realizó en correspondencia con los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki y fue sometido a la evaluación del Comité de Ética de la Investigación de la institución.

Resultados

El análisis de los hallazgos demográficos y clínicos basales de los sujetos incluidos en la investigación (tabla 1) no establece diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con la edad, el género, la procedencia, el tipo de diabetes mellitus y el tiempo de evolución de esta, expresado en años; así como la proporción de pies estudiados. Estos elementos permiten reconocer la existencia de homogeneidad en ambos grupos (grupo A de estudio y grupo B de control).

Tabla 1 - Hallazgos demográficos y clínicos basales (Matanzas, 2021-2024)

VARIABLES	Grupo A (úlceras del pie diabético) (n = 36)	Grupo B (diabéticos sin úlcera del pie) (n = 29)
Edad (años)	56,3 ± 8,6	54,9 ± 6,8
Género (M/F)	19/16	16/13
Procedencia (U/R)	20/16	15/14
Tipo de Diabetes Mellitus (1/2)	1/35 (97,2 %)	0/29 (100 %)
Tiempo de evolución de la diabetes (años)	11,3 ± 2,5	11,8 ± 2,7
Pie estudiado (I/D)	20/16	17/12

Leyenda: M masculino; F femenino; U urbano; R rural; I izquierda; D derecha.

Fuente: Historias clínicas.

Al realizar la evaluación de la medición del grosor de la almohadilla grasa plantar en ambos grupos (medida en milímetros), según topografía (tabla 2), pudo

demostrarse que no existían diferencias estadísticamente significativas entre los valores de AGP entre las extremidades derecha e izquierda dentro de cada grupo. Sin embargo, sí existieron diferencias estadísticamente significativas en los valores de AGP para la misma extremidad, al comparar ambos grupos para todas las topografías.

Tabla 2 - Grosor de la almohadilla grasa plantar en ambos grupos (medida en milímetros), según topografía (Matanzas, 2021-2024)

Topografía	Grupo A (úlceras del pie diabético) (n = 36)	Grupo B (diabéticos sin úlcera del pie) (n = 29)
Cabeza del primer metatarsiano (I/D)	5,9 ± 1,3 / 5,8 ± 1,6	11,7 ± 1,1 / 11,9 ± 1,2
Cabeza del quinto metatarsiano (I/D)	6,2 ± 1,7 / 6,1 ± 1,9	9,7 ± 1,3 / 9,8 ± 1,2
Calcáneo (I/D)	7,1 ± 1,7 / 7,1 ± 1,9	17,2 ± 1,7 / 17,1 ± 1,9

Legenda: I izquierda; D derecha.

Fuente: Historias clínicas.

Las cifras de reducción del grosor de la almohadilla grasa plantar (medida en milímetros) según topografía (tabla 3) demuestran que la mayor diferencia entre el paciente con úlcera del pie diabético en relación con el diabético sin úlcera, tiene lugar en el calcáneo, pero también ocurre en el resto del trípode de bipedestación –entiéndase primero y quinto metatarsiano–. Estas diferencias resultan estadísticamente significativas.

Tabla 3 - Reducción del grosor de la almohadilla grasa plantar (medida en milímetros), según topografía (Matanzas, 2021-2024)

Topografía	Reducción del grosor de la almohadilla grasa plantar
Cabeza del primer metatarsiano (I/D)	5,8 ± 0,9 / 6,1 ± 0,4
Cabeza del quinto metatarsiano (I/D)	3,5 ± 0,7 / 3,7 ± 0,3
Calcáneo (I/D)	10,1 ± 0,8 / 10,0 ± 0,6

Leyenda: I izquierda; D derecha.

Fuente: Historias clínicas.

Discusión

Ambos grupos de estudio resultan homogéneos en relación con los hallazgos demográficos y clínicos basales de los sujetos incluidos en la investigación, lo cual garantiza la veracidad de los resultados del estudio. No se determinan en la literatura consultada estudios con diseño similar que permitan comparar los resultados.

El desarrollo de una vida en bipedestación ha motivado que la amortiguación del ser humano se concentre en la columna y las extremidades inferiores. Desde el punto de vista biomecánico, este elemento determina que en el pie la amortiguación es estática como consecuencia de la arquitectura ósea y el aparato ligamentoso plantar; pero, a su vez, se reconoce como dinámica, resultado de la actividad muscular de contracción y relajación, y la denominada grasa plantar.^(4,5,6) Las zonas de la planta del pie que soportan menos presiones tienen una anatomía de la grasa subcutánea semejante a la del resto del cuerpo.^(3,5)

La grasa plantar constituye el sistema más sofisticado de la extremidad inferior, dedicado a la amortiguación; por ende, toda la región plantar del pie es un gran sistema amortiguador por la especial distribución de su grasa.⁽⁷⁾ Se deberá reconocer que, a la luz de los conocimientos actuales, una de las principales razones de desarrollo de las ulceraciones diabéticas resulta el incremento de la presión plantar máxima alta, que no es soportada por la planta del pie en caso de modificaciones cuali-cuantitativa de la almohadilla grasa plantar.⁽⁸⁾

Si bien la resonancia magnética nuclear es considerada el *Gold standard* para la visualización de las estructuras de los tejidos blandos del pie, debido a su *capacidad de distinguir estructuras de pequeño tamaño* –propiedad conocida como “resolución altamente espacial”–, esta posee desventajas, entre las que se citan el gran consumo de tiempo, no puede ser realizada en la cama de los enfermos, y tiene costos más elevados que los de la ultrasonografía; por lo tanto este último proceder se ha convertido en un método aceptado y establecido para el examen de las estructuras blandas del pie.^(9,10,11)

Resulta importante reconocer que los grosores habituales de la almohadilla plantar son variados en función de la topografía del pie que se trate. En el talón es en promedio de 18 mm; estudios realizados en pacientes con tarsalgias lo encuentran

significativamente disminuido a menos de 8,7 mm; a su vez, en las cabezas metatarsales se citan como de menor promedio con 12 mm para la cabeza del primer metatarso y 10 mm para el quinto metatarso, y se detecta adelgazamiento de estos en casos de metatarsalgias a 8 y 6 milímetros, respectivamente.^(12,13,14)

Se ha reconocido también que el grosor de la grasa bajo las cabezas de los metatarsianos, en descarga, disminuye progresivamente del primero al quinto (1,50 cm a 1,04 cm). El índice de compresibilidad y el módulo elástico es más elevado bajo la cabeza del primer metatarsiano (55,9 % y 1,39 kg/cm²) y es menor bajo la cabeza del quinto (50,8 % y 1,23 kg/cm²). La suela bajo el quinto metatarsiano tiene la relación de disipación de energía mayor (33,7 %) y amortigua menos. El grosor de la grasa en descarga, el índice de compresibilidad y el módulo elástico disminuyen significativamente ($p < 0,05$) con la edad y el peso, y la relación de disipación de energía aumenta.⁽¹⁴⁾ La función de este sofisticado sistema es absorber el choque del talón y permitir su rodamiento sobre el suelo. En la parte anterior del pie, la grasa se vuelve a acumular bajo la cabeza de los metatarsianos para permitir el rodamiento del segundo al quinto metatarsianos. Solo el primero rueda directamente sobre los sesamoideos que están fijos por el flexor del Hallux. Durante la carrera, los picos de fuerza sobre la planta del pie pueden alcanzar entre 9 y 13,3 veces el peso del cuerpo.^(15,16)

Como conclusiones de este estudio se confirma que en el paciente con úlcera del pie diabético presenta una reducción del grosor de la almohadilla grasa plantar, que pudiera ser reconocido como un predictor del riesgo de ulceración, pero se requiere estudios de diseño prospectivo con mayor casuística para identificar los valores a considerar críticos.

Referencias bibliográficas

1. Zhang X, Delabastita T, Lissens J, De Beenhouwer F, Vanwanseele B. The morphology of foot soft tissues is associated with running shoe type in healthy recreational runners. *J Sci Med Sport*. 2018;21(7):686-90. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.11.008>
2. Rossboth S, Lechleitner M, Oberaigner W. Risk factors for diabetic foot complications in type 2 diabetes-A systematic review. *Endocrinol Diab Metab*. 2021;4:e00175. DOI: <https://doi.org/10.1002/edm2.175>
3. Hellfritzsch MB. Diagnostic Imaging of the Foot and Ankle. *Acta Radiológica*. 2015;(56). DOI: <https://doi.org/10.1177/0284185115578896>

4. García Herrera AL: Diagnóstico y Tratamiento del Pie diabético. La Habana: Editorial Elfos Scientiae; 2018. p. 320.
5. Adegbehingbe OO, Asaleye CM, Kolawole BA, Adegbehingbe AA. Sonographic Evaluation of the Heel Pad Thickness in Diabetics in Nigeria. *J Med Ultrasound*. 2022 Aug 24;30(3):176-83. DOI: https://doi.org/10.4103/jmu.jmu_114_21
6. Mickle KJ, Munro BJ, Lord SR, Menz HB, Steele JR. Soft tissue thickness under the metatarsal heads is reduced in older people with toe deformities. *J Orthop Res*. 2011;29(7):1042-6. DOI: <https://doi.org/10.1002/jor.21328>
7. Fontanella CG, Nalesso F, Carniel EL, Natali AN. Biomechanical behavior of plantar fat pad in healthy and degenerative foot conditions. *Med Biol Eng Comput*. 2016 Apr;54(4):653-61. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11517-015-1356-x>
8. Chanda A, McClain S. Mechanical Modeling of Healthy and Diseased Calcaneal Fat Pad Surrogates. *Biomimetics* (Basel). 2019;4(1):1. DOI: <https://doi.org/10.3390/biomimetics4010001>
9. Hyland MR, Webber-Gaffney A, Cohen L, Lichtman PT. Randomized controlled trial of calcaneal taping, sham taping, and plantar fascia stretching for the short-term management of plantar heel pain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2006 Jun;36(6):364-71. DOI: <https://doi.org/10.2519/jospt.2006.2078>
10. Wu FL, Shih YF, Lee SH, Luo HJ, Wang WT. Can short-term effectiveness of anti-pronation taping predict the long-term outcomes of customized foot orthoses: developing predictors to identify characteristics of patients with plantar heel pain likely to benefit from customized foot orthoses. *BMC Musculoskelet Disord*. 2019 May 31;20(1):264. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12891-019-2648-3>
11. Bus SA, Sacco ICN, Monteiro-Soares M, Raspovic A, Paton J, Rasmussen A, *et al*. Guidelines on the prevention of foot ulcers in persons with diabetes (IWGDF 2023 update). *Diabetes Metab Res Rev*. 2024 Mar;40(3):e3651. DOI: <https://doi.org/10.1002/dmrr.3651>
12. Van Tonder T, Allison GT, Hopper D, Grisbrook TL. Multidimensional impact of low-Dye taping on low-load hopping in individuals with and without plantar fasciitis. *Phys Ther Sport*. 2018 Jan;29:43-49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2017.11.001>
13. Chae YH, Kim JS, Kang Y, Kim HY, Yi TI. Clinical and Biomechanical Effects of Low-Dye Taping and Figure modification of Low-Dye Taping in Patients with Heel Pad Atrophy. *Ann Rehabil Med*. 2018 Apr;42(2):222-8. DOI: <https://doi.org/10.5535/arm.2018.42.2.222>

14. Belhan O, Kaya M, Gurger M. The thickness of heel fat-pad in patients with plantar fasciitis. Acta Orthop Traumatol Turc. 2019;53(6):463-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aott.2019.07.005>.
15. Ramos-Ortega J, Martín Jiménez JA, Manfredi Márquez MJ, Domínguez Maldonado G, Pineda Bascón B. Estudio observacional de la distensión de la grasa plantar en pacientes sanos en sedestación, carga bipodal y monopodal. Rev. Esp. Pod. 2020. DOI: <https://doi.org/10.20986/revesppod.2020.1556/2020>
16. Chanda A, McClain S. Mechanical Modeling of Healthy and Diseased Calcaneal Fat Pad Surrogates. Biomimetics (Basel). 2019 Jan 3;4(1):1. DOI: <https://doi.org/10.3390/biomimetics4010001>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Conceptualización: Arístides Lázaro García Herrera.

Curación de datos: Arístides Lázaro García Herrera, Ridel de Jesús Febles Sanabria, Arístides Lázaro García Moliner y Miriam Moliner Cartaya.

Análisis formal: Arístides Lázaro García Herrera, Ridel de Jesús Febles Sanabria, Arístides Lázaro García y Miriam Moliner Cartaya.

Investigación: Arístides Lázaro García Herrera, Ridel de Jesús Febles Sanabria, Arístides Lázaro García Moliner y Miriam Moliner Cartaya

Metodología: Arístides Lázaro García Herrera, Ridel de Jesús Febles Sanabria y Miriam Moliner Cartaya.

Supervisión: Arístides Lázaro García Herrera.

Validación: Arístides Lázaro García Herrera.

Visualización: Arístides Lázaro García Herrera.

Redacción-borrador original: Arístides Lázaro García Herrera, Arístides Lázaro García Moliner y Miriam Moliner Cartaya.

Redacción-revisión y edición: Arístides Lázaro García Herrera, Arístides Lázaro García Moliner y Miriam Moliner Cartaya.