

Educación terapéutica en diabetes

Alternativas para la descarga de la úlcera neuropática en el pie diabético

Alternatives for pressure relief of neuropathic ulcer in the diabetic foot

R. Gallego Estévez, A. Camp Faulí, C. Viel i Blasco, N. Chaqués Salcedo, H. Peñarrocha Fernández

Unidad de Pie Diabético. Clínica Virgen del Consuelo. Instituto Valenciano del Pie. Valencia

Resumen

Dentro de las complicaciones crónicas asociadas a la diabetes mellitus encontramos las úlceras localizadas en el pie, que llegan a padecer el 15% de los pacientes alguna vez en el curso de su enfermedad y que a menudo derivan en una amputación. La etiología de estas úlceras está normalmente asociada a la presencia de una neuropatía diabética y una peor respuesta al estrés mecánico, que provoca altas presiones plantares. El uso de descargas como tratamiento etiológico es una parte integral del proceso de curación, ya que produce modificaciones en la histología de la úlcera, que pasa de un estado inflamatorio crónico a una condición mucho más evolutiva. Existen múltiples estrategias para la reducción de la presión plantar que deben utilizarse de manera protocolizada para poder conseguir resultados favorables. Este artículo presenta diferentes métodos de reducción de la presión, de manera que el profesional reconozca la importancia de su uso en la gestión de las úlceras del pie diabético.

Palabras clave: pie diabético, úlcera, neuropatía, descarga de presión.

Abstract

Among the chronic complications associated with diabetes mellitus, foot ulcers are present in 15% of patients sometimes in the course of their disease, and often leads to amputation. These ulcers are usually neuropathic and have a poor response to mechanical stress that causes high plantar pressures. Using offloading is an integral part of the healing process, which causes favorable histologic changes in the ulcer, from a chronic inflammatory state to a better evolutionary condition. There are many strategies for reducing plantar pressure which have to be used in a protocol manner to obtain favorable results. This article presents different methods of pressure reduction underlying the importance for professionals of their use in the management of diabetic foot ulcers.

Keywords: diabetic foot, ulcer, neuropathy, offloading.

Introducción

La diabetes mellitus (DM) es una enfermedad que acapara grandes debates y esfuerzos por parte de todos los agentes implicados en este proceso clínico. Dentro de las complicaciones crónicas asociadas a la DM encontramos las úlceras de las extremidades inferiores, y con especial énfasis las localizadas en el pie, que padecen el 15% de los pacientes alguna vez en el curso de su enfermedad¹. Estas úlceras podemos clasificarlas, según su etiología, en venosas, arteriales y neuropáticas, aunque se pueden encontrar con mucha frecuencia úlceras provocadas por varios factores etiológicos al mismo tiempo. La neuropatía afecta tanto a las fibras sensitivomotoras del sistema nervioso periférico como a las del sistema nervioso autónomo. Su prevalencia aumenta con el mal control glucémico y el tiempo de evolución de la diabetes, llegando a afectar al 50% de los pacientes con más de 25 años de

evolución². Con la neuropatía periférica, los pacientes presentarían una disminución progresiva de la sensación de dolor, temperatura y vibración, y de la sensibilidad superficial y profunda¹. Todas estas alteraciones provocan que la piel de la planta del pie sufra una pérdida de tono y tenga una peor respuesta al estrés mecánico³, provocando altas presiones plantares y el desarrollo de úlceras. Aunque muchos estudios han propuesto un umbral de presión para el desarrollo de ulceración del pie, según Armstrong et al.⁴ presiones superiores a 99 N/cm² provocarían el retraso en la cicatrización; ahora bien, esta aseveración sigue siendo controvertida⁵.

Por tanto, un pie insensible, isquémico o no, debe considerarse como de alto riesgo de sufrir úlcera. El uso de descargas como tratamiento etiológico, si se aplica correctamente, ha demostrado que produce modificaciones en la histología de la úlcera, al pasar de un estado inflamatorio crónico a una condición mucho más evolutiva⁶. Esta reducción de la presión tiene como principio básico el reparto o transmisión de la carga sobre amplias áreas, de modo que reduzca los picos de presión sobre determinados puntos. La reducción de la presión depende de tres factores: 1) del uso de alguna alternativa de tratamiento específico para la reducción de la presión; 2) del cumplimiento por parte del paciente, y 3) de la biomecánica⁷.

Fecha de recepción: 19 de octubre de 2010
Fecha de aceptación: 27 de octubre de 2010

Correspondencia:

R. Gallego Estévez. Unidad de Pie Diabético. Instituto Valenciano del Pie. Callosa de Ensarria, 12. 46007 Valencia. Correo electrónico: rgallego@ivpie.es

Lista de acrónimos citados en el texto:

DM: diabetes mellitus; RCWs: *removable cast walkers*; TCC: *total contact cast*.

Tabla 1. Estrategias para la reducción de la presión en el pie diabético⁸

- Proporcionar una reducción efectiva de la presión de la úlcera de manera continua
- De aplicación en distintos tipos de pacientes
- No provocar efectos secundarios, o que éstos sean menores que el efecto beneficioso buscado
- Fácil aplicación
- Coste-efectividad adecuada
- Permitir el uso de otros tratamientos complementarios
- Facilitar el cumplimiento del tratamiento por parte del paciente

Características generales de las estrategias de descarga de presiones

El concepto general que debe cumplir cualquier dispositivo que se utilice es que tendrá que variar algún factor, numerador o denominador, de la expresión matemática de la presión. La presión se expresa por un cociente donde el numerador es la fuerza (Newton) y el denominador es la unidad de superficie (cm^2); si se pretende que el resultado del cociente tienda a cero se deberá disminuir la fuerza que se aplica, o bien aumentar la superficie de apoyo de forma que se produzca una redistribución de las presiones. Pero no sólo estos dos factores influyen en la carga del pie. Existen otros, como la duración y la dirección de las fuerzas, que van a influir en la aparición de sobrecargas y en el riesgo de aparición de una úlcera. Con todo ello, Guzman et al.⁸ describieron una serie de características ideales que debían poseer las estrategias para la reducción de la presión (tabla 1).

Alternativas para la descarga de la presiones

Existen múltiples estrategias diferentes para la reducción de la presión plantar, muchas de las cuales no son excluyentes entre sí, sino que deben aplicarse de manera protocolizada para poder conseguir unos resultados favorables en la cicatrización de las úlceras (figura 1).

Entre estas estrategias encontramos las siguientes:

- Corte laminar de las queratopatías.
- Ortesis de silicona.
- Descargas temporales.
- Ortesis plantares personalizadas.
- Zapato temporal posquirúrgico.
- Yeso de contacto total (*total contact cast, TCC*).
- férulas para la marcha prefabricadas (*removable cast walkers, RCWs*).
- Cirugía preventiva.

Corte laminar de las queratopatías

La formación de queratopatías se debe a un intento de compensación de la piel para contrarrestar el exceso de presión local. Un aumento de la tasa de proliferación de los queratinocitos⁹ produce una disminución de su capacidad de amortiguación que, junto con la presencia de una deformidad digital rígida o flexible, pre-



Figura 1. Diferentes alternativas de descarga para el tratamiento de las úlceras del pie diabético

cede al 82,4% de las úlceras del pie de los pacientes con DM¹⁰. Un paciente que presenta una neuropatía sensorial y una queratopatía tiene un riesgo 11 veces mayor de desarrollar una lesión que un paciente sin queratopatía, aumentando hasta 56,8 veces si el paciente ya ha sufrido una lesión anterior en la misma localización⁹. Todos estos datos llevan a desarrollar estrategias de prevención que van a ir encaminadas hacia el cribado y el adecuado manejo de las queratopatías.

Resulta difícil observar los cambios inflamatorios que aparecen en las zonas circundantes de la queratopatía. En un estudio realizado por Nishide et al.¹⁰ sobre el uso de la termografía y la ecografía como métodos de cribado de la inflamación crónica de las queratopatías, se localizaba la inflamación mediante termografía, y posteriormente la severidad y el daño tisular mediante ecografía. Estos autores lograron detectar inflamación crónica en el 10% de las queratopatías del grupo de pacientes con DM, mientras que en el grupo de pacientes no diabéticos no encontraron ningún caso. Por ello, en pacientes de alto riesgo el uso de estas técnicas puede resultar eficaz como método de cribado de la aparición de úlceras en el pie.

Respecto al manejo correcto de las queratopatías, el corte laminar es un simple pero efectivo tratamiento para la reducción de la presión. Según el estudio realizado por Slater et al.¹¹ en 14 pacientes con DM, la presión se redujo un 29% de la inicial registrada. Cuando este tratamiento se combinó con el uso de ortesis digitales de silicona, la reducción aumentó hasta el 54%. Por ello es importante que el paciente con DM acuda periódicamente al podólogo para su control.

Ortesis de silicona

Desde la década de 1950, en Europa se comenzaron a utilizar diferentes técnicas para compensar, corregir o paliar las alteraciones digitales presentes en los pies. La silicona es un polímero bi-

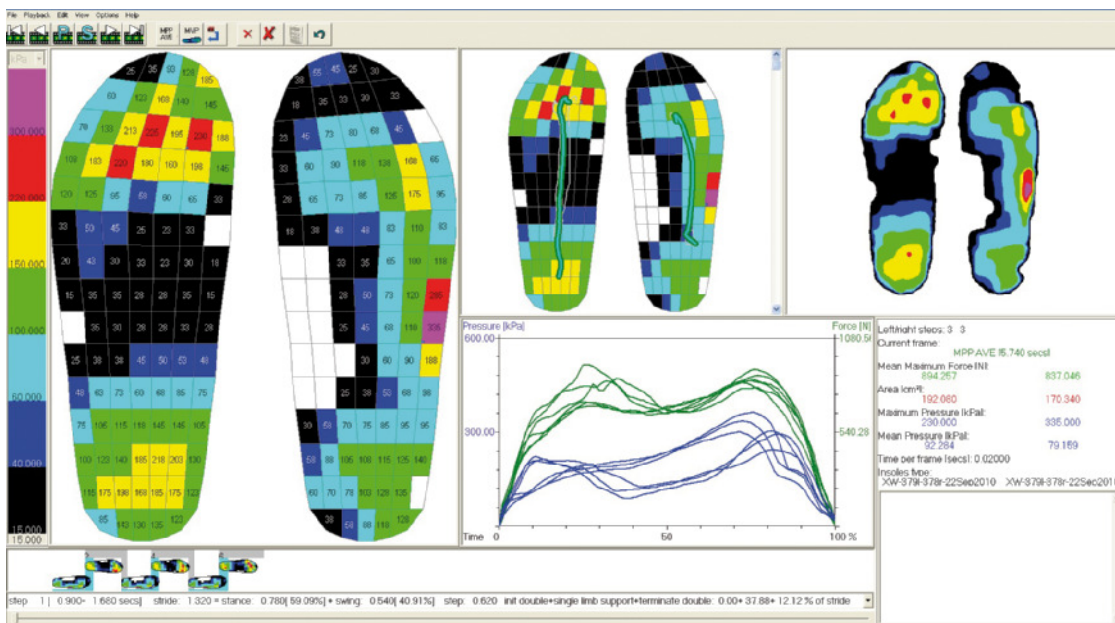


Figura 2. Estudio de las presiones plantares mediante el sistema Novel Pedar X[®] (Novel GmbH, Múnich, Alemania), que se realiza al paciente para evaluar la efectividad de las descargas de fieltro

componente que pertenece al grupo de los elastómeros y está hecho principalmente de silicio. Tiene unas características que la hacen especialmente indicada para la fabricación de ortesis, entre las que podemos destacar: 1) su resistencia a la temperatura (desde $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $250\text{ }^{\circ}\text{C}$), por lo que podremos esterilizarla; 2) es inerte, por lo que las reacciones alérgicas son casi inexistentes; 3) es hidrófoba; 4) es antiadherente, y, por último, 5) es resistente a hongos y microorganismos¹².

Slater et al.¹¹ afirman que el uso de ortesis digitales de silicona reduce significativamente las presiones a ese nivel en pacientes con DM, presenten o no neuropatía periférica. Otro estudio realizado por Scirè et al.⁹ muestra que el uso de estos tratamientos presenta una buena tolerancia y seguridad, y que el porcentaje de cumplimiento del tratamiento por parte de los pacientes es muy alto. En consecuencia, este estudio concluye que el uso de ortesis de silicona digital puede ser considerado como una solución eficaz y segura en pacientes con alto riesgo de sufrir ulceraciones, ya que posibilita una redistribución de las presiones máximas en la zona del antepié.

Descargas temporales

La aplicación de estas descargas es un método prometedor para la reducción temporal de las presiones plantares en la zona de la úlcera, pero no existen apenas estudios que avalen sus resultados. Para la realización de este tratamiento se pueden usar distintos materiales o su combinación, pero si tuviéramos que destacar uno de ellos por su facilidad de manejo, coste y buen resultado, éste sería el fieltro adhesivo. Este fieltro está compuesto por poliéster y polietileno, y presenta una película de adhesivo hipoaérgico. Se presenta comercialmente en diferentes grosores, desde 1 hasta 10 mm. La descarga se realiza aplicando el fieltro alrededor de la úlcera mediante un diseño adaptado al tamaño, la localización y la biomecánica del paciente. Este punto es el más

importante en la realización de la descarga, porque un error del patrón puede llegar a producir el fracaso terapéutico o el empeoramiento de la úlcera. A fin de evitar esto, se debe realizar un estudio biomecánico de las presiones plantares previamente al comienzo del tratamiento, para así poder personalizar el diseño (figura 2). También sería conveniente realizar otra medición de las presiones una vez colocada la descarga de fieltro, para comprobar dos factores: 1) que se produzca una descarga selectiva de la zona de la úlcera, y 2) que no se produzca una sobrecarga en otra zona del mismo pie o del contralateral, con el consiguiente riesgo de aparición de una nueva lesión.

En un estudio realizado por Armstrong et al.¹³ donde evaluaron descargas en pacientes no diabéticos y sin úlceras, se pudo comprobar que, si bien se producía una disminución de la presión en la zona de la apertura del fieltro, también aparecía una sobrecarga y un aumento de las fuerzas de cizallamiento de la periferia, que denominaron «efecto borde». Para poder minimizar este efecto debemos realizar descargas que estén en contacto con la mayor área posible de la planta del pie, y fijarlas posteriormente⁸.

Otro factor que hemos de tener en cuenta son las características físicas del material, ya que posee muy poca memoria y un bajo límite de fluencia, por lo que se recomienda el cambio después de 3-4 días de tratamiento¹⁴. Nuestra experiencia en el Instituto Valenciano del Pie es que el cambio del material no debe prolongarse más de 48 horas para mantener de manera continua la descarga de la úlcera. Este contratiempo podría solucionarse mediante el uso combinado de materiales, como el fieltro y la espuma de polietileno, ambos de 0,6 cm de espesor, como describen Fleischli et al.¹⁵, quienes lograron reducir las presiones un 34 y un 48% en el antepié y el primer dedo, respectivamente. En otro estudio más reciente de Zimny et al.¹⁶ estos autores obtuvieron una reducción aproximada de 10 días en la curación de úlceras en pies neuropáticos mediante el uso del fieltro. Por último,

cabe destacar que el adhesivo del material puede provocar alguna reacción alérgica y la aparición de excoriaciones perilesionales durante el cambio.

Ortesis plantares personalizadas

En este caso la descarga va adaptada en la ortesis plantar y nos permite mejorar el apoyo y realizar una redistribución de las presiones. Si hasta ahora el diseño de las ortesis plantares para descargar las zonas de riesgo del pie diabético había sido algo artesanal y poco científico, hoy en día están más extendidas las mediciones de la presión en el interior del calzado, pudiéndose valorar la diferencia sustancial entre el uso o no de una ortesis plantar personalizada¹⁷. En un estudio con plantillas de poliuretano realizado por Kato et al.¹⁸, los autores obtuvieron unas mediciones de aumento del área de contacto del 62,7% y de reducción de la presión del 56,3%. También Frykberg et al.¹⁹ diseñaron una ortesis plantar de copolímero termoplástico de células cerradas con una cuña anterior, la cual, colocada correctamente posterior a las cabezas de los metatarsianos, realizaba una descarga de las presiones del antepié del 48% cuando se usaba conjuntamente con un zapato posquirúrgico.

Zapato temporal posquirúrgico

El zapato posquirúrgico ideal debería proteger el pie durante la recuperación de una cirugía o lesión. Se puede prescribir tanto para acomodar vendajes voluminosos como para conseguir descargar presiones plantares mediante la eliminación de parte de la fase de propulsión de la marcha. Se encuentran diferentes variantes en el mercado de zapatos planos posquirúrgicos: con descarga anterior, con descarga posterior, con una suela en balancín, etc. Dependiendo de dónde presente la modificación la suela, se conseguirá la descarga buscada, de forma que si se presenta una lesión en el antepié colocaremos un zapato posquirúrgico de descarga anterior, etc. Un punto destacable es la valoración de la estabilidad y el equilibrio del paciente antes y después de la colocación de estos dispositivos, ya que muchas veces deberán ir acompañados del uso de otros dispositivos como muletas, andadores, etc. que garanticen una adecuada estabilidad.

En el estudio realizado por Fleischli et al.¹⁵, los zapatos de descarga anterior (donde el área del talón se incrementa para disminuir las fuerzas en la zona del antepié) siempre fueron la tercera modalidad de tratamiento más eficaz, por detrás del TCC y el *DH pressure relief walker*, disminuyendo la presión hasta un 66% con una buena relación coste-beneficio.

Yeso de contacto total

El yeso de contacto total o TCC fue utilizado de manera habitual por el Dr. Paul Brand a mediados de la década de 1970 para descargar el pie insensible en la enfermedad de Hansen²⁰. Durante muchos años este procedimiento fue considerado por parte de muchos expertos como el tratamiento de referencia para la descarga de las úlceras neuropáticas en pacientes con DM²¹. El uso del TCC para la curación de las úlceras del pie diabético ha sido bien documentado en la literatura y ha demostrado ser extremadamen-

te eficaz, llegando a reducir la presión máxima en el antepié un 87%. Este efecto se puede lograr, entre otros mecanismos, mediante la limitación del movimiento del tobillo y la redistribución de la carga por todo el dispositivo¹⁷, además de tener garantizado el cumplimiento del tratamiento porque no puede ser retirado por parte del paciente.

A pesar de sus ventajas, el TCC no ha sido ampliamente utilizado debido a que requiere un entrenamiento para su realización y debe ser cambiado cada 7-10 días. La técnica consiste en la aplicación de una venda de yeso reforzada con venda de fibra de vidrio sobre el complejo pie-tobillo-pierna, produciendo su inmovilización. Si no se aplica adecuadamente, puede dar lugar a efectos no deseados como abrasiones, quemaduras o úlceras ya-trogénicas. Además, puede aparecer agarrotamiento articular, e incluso anquilosis si la inmovilización es prolongada, así como un deficiente descanso nocturno del paciente²².

Respecto a su uso en las úlceras de talón, éstas son con frecuencia más problemáticas debido a la dificultad de disminuir la presión en la parte posterior del pie. En un estudio realizado por Armstrong et al.²³, el TCC redujo la presión plantar máxima mejor que las otras modalidades probadas (*aircast walker* neumático y *DH pressure relief walker*); sin embargo, el tiempo de presión integral en el talón durante la marcha fue significativamente menor para el *DH pressure relief walker* que para el TCC o cualquier otra modalidad probada.

Férulas para la marcha prefabricadas

Las férulas para la marcha prefabricadas, llamadas de manera general *removable cast walkers* (RCWs), son una alternativa al TCC y mantienen la articulación del tobillo en una posición de 90°, limitando la propulsión digital durante la marcha y reduciendo la presión sobre la planta del pie. Inicialmente, este producto se diseñó para el tratamiento de las fracturas y ha sido posteriormente utilizado para reducir la presión en las úlceras plantares. En la actualidad existen en el mercado múltiples modelos que difieren unos de otros en pequeñas alternativas, como el uso de distintos tipos de balancines en la suela, plantillas modulares compuestas por capas de diferente rigidez que se adaptan a la ubicación real de la úlcera, cámaras neumáticas con manómetros para el control de la compresión, etc. Estos dispositivos son de fácil aplicación y permiten una inspección de la herida, pudiendo ser utilizados para el tratamiento de úlceras con infecciones superficiales. Además, al ser un tratamiento reutilizable, su coste total disminuye. También permite que los pacientes puedan realizar un buen aseo personal y un descanso más reconfortante⁷.

Pero estas mismas ventajas de las RCWs (facilidad de aplicación, reutilización y satisfacción por parte del paciente) son también, paradójicamente, su mayor inconveniente. La posibilidad de extraer el dispositivo elimina la característica de «cumplimiento forzoso», que es el mejor atributo del TCC⁶. Así, en un estudio realizado por Armstrong et al.²⁴ para evaluar la actividad de los pacientes con úlceras de pie diabético y la adhesión a las RCWs mediante el uso de un podómetro situado en la cintura, estos autores obtuvieron unos resultados de uso del 60% de la acti-

vidad diaria. Para abordar estas cuestiones, Armstrong et al.²⁵ propusieron usar una RCW y aplicar una capa de fibra de vidrio para que el paciente no pudiera quitarse el dispositivo, llamándolo «TCC instantáneo» (i-TCC). En otro estudio realizado por Piaggese et al.⁶ se utilizó una RCW que posee un cordón de plástico que sólo puede ser retirado por el corte de una herramienta específica, lo cual lo hace no extraíble por los pacientes. Estos estudios confirman la eficacia y seguridad de las RCWs y su posibilidad de manejo de las úlceras del pie diabético al mismo nivel que el TCC, y solucionan la falta de cumplimiento del tratamiento por parte de los pacientes.

Cirugía preventiva

Cualquier plan de tratamiento que utilicemos en estos pacientes tiene la finalidad de reducir las zonas de aumento de presión. Esto se puede lograr mediante el arsenal de variantes ortopédicas descritas. Pero si este tipo de terapias no logran un buen resultado, la segunda alternativa puede ser la cirugía preventiva. Esta cirugía tiene como objetivo corregir las deformidades estructurales y la limitación de la movilidad articular que se asocian a un aumento de las presiones plantares y un mayor riesgo de sufrir úlceras en el pie. Varios estudios prospectivos controlados han demostrado que las intervenciones quirúrgicas tales como el alargamiento del tendón de Aquiles, la artroplastia de la articulación metatarsal y la resección de la cabeza del metatarsiano pueden tener un cierto valor en la curación de las úlceras de la zona del antepié en pacientes con DM²⁶⁻³⁰.

Armstrong et al.²⁷ concluyeron que el alargamiento percutáneo del tendón de Aquiles en pacientes con DM reducía significativamente y alrededor del 27% la presión plantar en la zona del antepié. También Mueller et al.³⁰, en 2003, compararon dos grupos de pacientes con DM, unos tratados mediante TCC más un alargamiento del tendón de Aquiles y otros tratados con una férula de TCC. Los pacientes del primer grupo cicatrizaron en un 100% de los casos, con un 75% menos de recidivas a los 7 meses y un 52% menos a los 2 años que los del segundo grupo.

Sin embargo, la cirugía en estos pacientes con DM debe ser tomada con precaución, ya que un pie, independientemente de que esté bien perfundido o sea isquémico, debe considerarse como de alto riesgo de úlcera¹. Según Steven Kravitz, director ejecutivo de la American Professional Wound Care Association, «la decisión de realizar una cirugía como medida preventiva sólo debe tomarse después de una evaluación completa y un diagnóstico preciso sobre la base de la historia clínica del paciente, su estado actual, la exploración física de la zona de riesgo, la analítica y las pruebas de imagen». Aunque los procedimientos quirúrgicos pueden ser eficaces para la curación de la úlcera o en la prevención secundaria, se necesitan más estudios prospectivos y controlados para definir mejor el papel de la cirugía en comparación con el tratamiento conservador antes de que pueda recomendarse su uso generalizado¹⁷.

Conclusiones

Los estudios retrospectivos y prospectivos han demostrado que la elevada presión plantar es un factor causal en el desarrollo de las

úlceras plantares en pacientes con DM, y que la ulceración es a menudo un precursor de la amputación de las extremidades inferiores. Sin embargo, existe una brecha entre las directrices basadas en la evidencia y la práctica habitual, pues sólo el 41% de las úlceras en Estados Unidos y el 34% en Europa fueron tratadas utilizando un dispositivo de descarga¹⁷. El Grupo de trabajo internacional sobre pie diabético ha desarrollado directrices específicas basadas en la evidencia sobre el uso del calzado y de las descargas para la prevención y la curación de las úlceras en el pie diabético.

Las recomendaciones para el uso de descargas en el tratamiento de úlceras neuropáticas plantares no complicadas son las siguientes:

1. Aliviar la presión sobre las úlceras siempre debe ser parte del plan de tratamiento.
2. El TCC y las RCWs no extraíbles son las intervenciones preferidas, aunque el clínico debe tener en cuenta los posibles efectos adversos de estos dispositivos.
3. Los zapatos de descarga anterior pueden ser utilizados cuando los dispositivos por encima del tobillo estén contraindicados o no sean tolerados por el paciente.
4. El calzado estándar no debe utilizarse, ya que otros dispositivos resultan más eficaces¹⁷.

No debemos olvidar que el tratamiento no concluye con el cierre de la úlcera, y se deben aplicar posteriormente descargas para tratamientos definitivos y de carácter preventivo, como son las plantillas y los zapatos a medida. ■

Declaración de potenciales conflictos de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en relación con el contenido del presente artículo.

Bibliografía

1. De Alcalá D, Guirao X, Blanes I, Lozano F, Barberán J, García-Rodríguez JA, et al. Documento de consenso sobre el tratamiento antimicrobiano de las infecciones en el pie del diabético. *Rev Esp Quimioter*. 2007;20:77-92.
2. Young MJ, Boulton AJ, Williams DR, McLeod AF, Sonksen PH. A multi-centre study of the prevalence of diabetic neuropathy in patients attending UK diabetic clinics. *Diabetologia*. 1993;36:150-4.
3. Boulton AJM. The importance of abnormal foot pressure and gait in causation of foot ulcers. In: Connor H, Boulton AJM, Ward JD, eds. *The foot in diabetes*. Chichester: John Wiley and Sons, 1987;11-26.
4. Armstrong DG, Lavery LA, Bushman TR. Peak foot pressures influence the healing time of diabetic foot ulcers treated with total contact cast. *J Rehabil Res Dev*. 1998;35:1-5.
5. Wrobel JS, Birkmeyer NJ, Dercoli JL, Connolly JE. Do clinical examination variables predict high plantar pressures in the diabetic foot? *J Am Podiatr Med Assoc*. 2003;93:367-72.
6. Piaggese A, Macchiarini S, Rizzo L, Palumbo F, Tedeschi A, Nobili LA, et al. An off-the-shelf instant contact casting device for the management of diabetic foot ulcers: a randomized prospective trial versus traditional fiberglass cast. *Diabetes Care*. 2007;30:586-90.
7. Wu SC, Armstrong DG. The role of activity, adherence, and offloading on the healing of diabetic foot wounds. *Plast Reconstr Surg*. 2006;117 Suppl 7:248S-53S.
8. Guzman B, Fisher G, Palladino SJ, Stavosky JW. Pressure-removing strategies in neuropathic ulcer therapy. An alternative to total contact casting. *Clin Podiatr Med Surg*. 1994;11:339-53.

9. Scirè V, Loporati E, Teobaldi I, Nobili LA, Rizzo L, Piaggese A. Effectiveness and safety of using Podikon digital silicone padding in the primary prevention of neuropathic lesions in the forefoot of diabetic patients. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2009;99:28-34.
10. Nishide K, Nagase T, Oba M, Oe M, Ohashi Y, Lizaka S, et al. Ultrasonographic and thermographic screening for latent inflammation in diabetic foot callus. *Diabetes Res Clin Pract.* 2009;85:304-9.
11. Slater RA, Hershkowitz I, Ramot Y, Buchs A, Rapoport MJ. Reduction of digital plantar pressure by debridement and silicone orthosis. *Diabetes Res Clin Pract.* 2006;74:263-6.
12. Levy A. Materiales técnicos en podología. In: Levy A, Cortés JM. *Ortopodología y aparato locomotor. Ortopedia de pie y tobillo.* Barcelona: Masson, 2003;69-122.
13. Armstrong DG, Athanasiou KA. The edge effect: how and why wounds grow in size and depth. *Clin Podiatr Med Surg.* 1998;15:105-8.
14. Zimny S, Reinsch B, Schatz H, Pfohl M. Effects of felted foam on plantar pressures in the treatment of neuropathic diabetic foot ulcers. *Diabetes Care.* 2001;24:2153-4.
15. Fleischli JG, Lavery LA, Vela SA, Ashry H, Lavery DC. Comparison of strategies for reducing pressure at the site of neuropathic ulcers. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1997;87:466-72.
16. Zimny S, Schatz H, Pfohl U. The effects of applied felted foam on wound healing and healing times in the therapy of neuropathic diabetic foot ulcers. *Diabet Med.* 2003;20:622-5.
17. Cavanagh P, Bus S. Off-loading the diabetic foot for ulcer prevention and healing. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2010;100:360-8.
18. Kato H, Takada T, Kawamura T, Hotta N, Torii S. The reduction and redistribution of plantar pressures using foot orthoses in diabetic patients. *Diabetes Res Clin Pract.* 1996;31:115-8.
19. Frykberg RG, Bailey LF, Matz A, Panthel LA, Ruesch G. Offloading properties of a rocker insole. A preliminary study. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2002;92:48-53.
20. Sinacore DR, Mueller MJ, Diamond JE, Blair III VP, Drury D, Rose SJ. Diabetic plantar ulcers treated by total contact casting: a clinical report. *Phys Ther.* 1987;67:1543-9.
21. Boulton AJ. Pressure and the diabetic foot: clinical science and offloading techniques. *Am J Surg.* 2004;187:17S-24.
22. Sinacore DR. Total contact casting for diabetic neuropathic ulcers. *Phys Ther.* 1996;76:286-95.
23. Armstrong DG, Stacpoole-Shea S. Total contact casts and removable cast walkers. Mitigation of plantar heel pressure. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1999;89:50-3.
24. Armstrong DG, Lavery LA, Kimbriel HR, Nixon BP, Boulton AJ. Activity patterns of patients with diabetic foot ulceration: patients with active ulceration may not adhere to a standard pressure off-loading regimen. *Diabetes Care.* 2003;26:2595-7.
25. Armstrong DG, Short B, Espensen EH, Abu-Rumman PL, Nixon BP, Boulton AJM. Technique for fabrication of an "instant total contact cast" for treatment of neuropathic diabetic foot ulcers. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2002;92:405-8.
26. Rosenbloom AL, Silverstein JH, Lezotte DC, Richardson K, McCallum M. Limited joint mobility in childhood diabetes mellitus indicates increased risk for microvascular disease. *N Engl J Med.* 1981;305:191-4.
27. Armstrong D, Stacpoole-Shea S, Nguyen H, Harkless LB. Lengthening of the Achilles tendon in diabetic patients who are at high risk for ulceration of the foot. *J Bone Joint Surg Am.* 1999;81:535-8.
28. Armstrong D, Rosales M, Gashi A. Efficacy of fifth metatarsal head resection for treatment of chronic diabetic foot ulceration. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2005;95:353-6.
29. Armstrong DG, Lavery LA, Vázquez JR, Short B, Kimbriel HR, Nixon BP, et al. Clinical efficacy of the first metatarsophalangeal joint arthroplasty as a curative procedure for hallux interphalangeal joint wounds in patients with diabetes. *Diabetes Care.* 2003;26:3284-7.
30. Mueller MJ, Sinacore DR, Hastings MK, Strube MJ, Johnson JE. Effect of Achilles tendon lengthening on neuropathic plantar ulcers: a randomized clinical trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85:1436-45.