

Aplicación local de oxígeno hiperbárico en úlcera del pie en paciente diabético

Local Application of Hyperbaric Oxygen in Foot Ulcers in Diabetic Patients

Yanetsis Carmona Crespo^{1*} <https://orcid.org/0009-0000-2098-210X>

Rashad Al Fkey¹ <https://orcid.org/0000-0002-9513-3847>

Antonio José Jesús Santimano² <https://orcid.org/0000-0003-3444-2571>

¹Hospital General de Hamad y Hospital General de Hazm Mebaireek, Servicio de Manejo Avanzado de Lesiones. Doha, Qatar.

²Hospital General de Hamad, Centro de Investigaciones. Doha, Qatar.

*Autor para la correspondencia: yanetsi027@gmail.com

RESUMEN

A menudo, la diabetes no controlada conduce a diversas complicaciones, que pueden resultar en problemas de salud graves como retinopatía diabética, daño renal, neuropatía, enfermedades cardíacas y una mala cicatrización de heridas. Las úlceras en los pies son una causa común de hospitalización, y el proceso de curación puede tardar desde varias semanas hasta meses. En los pacientes diabéticos, la úlcera diabética se maneja mediante la combinación de tratamiento médico, quirúrgico y la aplicación con la terapia de oxígeno hiperbárico como apoyo debido a la isquemia. Las heridas crónicas suelen estar marcadas por hipoxia, donde los niveles de oxígeno en el centro de la herida caen por debajo del umbral esencial necesario para una adecuada cicatrización del tejido. En este estudio de caso se destaca el uso de un dispositivo de oxígeno tópico de difusión continua para el tratamiento de heridas de difícil cicatrización. Después de un mes de desbridamiento quirúrgico y *dressing* antimicrobiano, se inició la terapia de oxígeno hiperbárico local. En el séptimo día de tratamiento, se observó un tejido

de granulación sustancial, aunque los bordes de la herida se apreciaban ligeramente macerados. Por esta razón, se decidió aplicar el dispositivo durante un máximo de cuatro días. En los días siguientes, la herida mostró una mejoría significativa, con un 95 % de granulación después de 21 días de terapia. Al mejorar el suministro local de oxígeno, la terapia parece crear un ambiente más favorable para la regeneración celular y la reparación de tejidos, lo que podría conducir a mejores resultados para el tratamiento de pacientes con úlcera diabética.

Palabras clave: úlcera diabética; terapia de oxígeno hiperbárico; aplicación tópica; cicatrización de heridas.

ABSTRACT

Uncontrolled diabetes often leads to various complications, which can result in serious health problems such as diabetic retinopathy, kidney damage, neuropathy, heart disease, and poor wound healing. Foot ulcers are a common cause of hospitalization, and the healing process can take from several weeks to months. In diabetic patients, diabetic ulcers are managed through a combination of medical and surgical treatment and the application of hyperbaric oxygen therapy as a supportive measure due to ischemia. Chronic wounds are often characterized by hypoxia, where oxygen levels at the center of the wound fall below the threshold necessary for proper tissue healing. This case study highlights the use of a continuous diffusion topical oxygen device for the treatment of difficult-to-heal wounds. After one month of surgical debridement and antimicrobial dressing, local hyperbaric oxygen therapy was initiated. On the seventh day of treatment, substantial granulation tissue was observed, although the edges of the wound appeared slightly macerated. For this reason, it was decided to apply the device for a maximum of four days. In the following days, the wound showed significant improvement, with 95% granulation after 21 days of therapy. By improving the local oxygen supply, the therapy appears to create a more favorable environment for cell regeneration and tissue repair, which could lead to better outcomes for the treatment of patients with diabetic ulcers.

Keywords: diabetic ulcer; hyperbaric oxygen therapy; topical application; wound healing.

Recibido: 20/05/2025

Aceptado: 25/06/2025

Introducción

La diabetes mellitus (DM) es un trastorno metabólico caracterizado por niveles elevados de azúcar en sangre, con altas tasas de morbilidad y mortalidad. Su prevalencia sigue aumentando a nivel mundial, lo que representa un creciente desafío para la salud pública.⁽¹⁾

Las complicaciones derivadas de la diabetes se observan frecuentemente en personas con niveles de glucosa en sangre mal controlados y pueden resultar en problemas de salud graves. Estas pueden incluir retinopatía diabética, daño renal, trastornos neurológicos, enfermedades cardíacas así como la cicatrización retardada de heridas.⁽²⁾

Aproximadamente entre el 15 % y el 25 % de las personas con diabetes tienen probabilidad de desarrollar úlceras en los pies.⁽³⁾

Las úlceras en los pies son una causa prevalente de hospitalización, y su proceso de curación puede tardar desde semanas hasta meses.

En la diabetes, las condiciones hipóxicas, isquémicas, inflamatorias e infecciosas contribuyen al desarrollo de la úlcera.⁽⁴⁾ Estas úlceras suelen tratarse mediante una combinación de enfoques médicos y quirúrgicos, junto con la terapia de oxígeno hiperbárico (TOHB) como tratamiento complementario.⁽¹⁾

El tratamiento con oxígeno hiperbárico implica la aplicación controlada de oxígeno a presiones superiores a las normales, con el objetivo de mejorar la entrega de oxígeno a los tejidos.

La terapia de oxígeno hiperbárico (TOHB) ha demostrado ser un tratamiento efectivo para diversas afecciones médicas, incluidas las úlceras diabéticas de difícil cicatrización. Se cree que la TOHB ayuda a reducir el estrés oxidativo y las sustancias proinflamatorias; además de promover la curación, la angiogénesis (formación de nuevos vasos sanguíneos) y regular el tono vascular, al potenciar la liberación de factores de crecimiento.⁽⁴⁾

El oxígeno desempeña un papel vital en varios procesos biológicos y es crucial para la curación de heridas. Las heridas crónicas suelen asociarse con niveles bajos de oxígeno, lo que significa que la presión parcial de oxígeno (pO₂) en el centro de la herida tiende a estar por debajo del umbral necesario para una reparación óptima de los tejidos. La terapia de oxígeno tópica (TOT) se ha utilizado en la práctica clínica durante más de cinco décadas, con resultados prometedores, tanto de

estudios preclínicos como clínicos, que demuestran mejores resultados de curación en comparación con otros tratamientos convencionales.^(5,6)

Presentación del caso

Este estudio de caso resalta el uso de dispositivos de oxígeno tópico de difusión continua para el tratamiento de heridas; en esta ocasión, una úlcera diabética con componente isquémico y neuropático. Se presentó el caso de un paciente de 74 años con diabetes tipo 2 no controlada, que tuvo antecedentes de una úlcera en el dedo gordo del pie izquierdo y el antecedente de un desbridamiento quirúrgico en el departamento de emergencias. El paciente fue referido debido a la aparición repentina de signos inflamatorios y dolor. Su historial médico también incluía hipertensión primaria, enfermedad renal crónica y asma. Ya había sido sometido a una cirugía de *bypass* coronario en 2020, y tenía ausencia de pulsos distales durante el examen físico. La ecografía Doppler reveló un patrón de flujo sanguíneo, generalmente bifásico y monofásico distal, sin evidencia de estenosis crítica alta. La histopatología de la herida mostró inflamación supurativa aguda y necrotizante.

Dada la cronicidad de la herida y la respuesta de cicatrización inadecuada, el paciente fue hospitalizado y se le realizó una amputación del primer dedo del pie izquierdo. Tras el alta, fue evaluado en nuestra clínica, donde se inició el uso de *dressings* antimicrobianos, junto con terapia de miel. La herida tenía un tamaño promedio de 10×3×2 cm y se mostraba significativamente esfacelada (fig. 1).



Fig. 1 - Herida inicialmente esfacelada.

Después de un mes de desbridamiento quirúrgico y *dressings* antimicrobianos, se decidió comenzar la terapia de oxígeno hiperbárico local con un dispositivo de oxígeno de difusión continua. El cultivo más reciente de la herida fue negativo. Al reevaluar al paciente en el séptimo día de tratamiento (indicación del dispositivo), se observó un tejido de granulación sustancial, aunque los bordes de la herida estaban macerados y había presencia de secreción de leve a moderada. Una nueva muestra de cultivo identificó la presencia de *Staphylococcus aureus*. Como resultado, se aplicó el dispositivo por un máximo de cuatro días (fig. 2).



Fig. 2 - Inicio del tratamiento con el dispositivo.

En los días siguientes, la herida mostró una mejora significativa, con un 95 % de granulación tras 21 días de terapia. Después de 31 días de tratamiento, fue suspendida, ya que la lesión había mejorado notablemente, y se evidenció tejido de hipergranulación incipiente. Tras un período de 30 días después de la suspensión del tratamiento, se observó una disminución notable del tamaño de la lesión, con las dimensiones reducidas a 4×1×0 cm. El paciente fue monitoreado, con una reducción notable del tamaño de la herida y tejido saludable, y mostró avances hacia la epitelización (fig. 3).



Fig. 3 - Estado actual de la herida.

Discusión

Las úlceras diabéticas del pie (UDP) son una preocupación significativa para la salud de las personas con diabetes, ya que, a menudo, conducen a complicaciones graves como amputaciones menores o mayores, lo que resulta en cargas tanto físicas como psicológicas. Estas úlceras son frecuentemente difíciles de tratar y suponen un riesgo de infección, mala cicatrización y deterioro subsecuente de la calidad de vida del paciente.^(2,7)

En este caso, se pudo observar una mejora notable en el lecho de la herida, con una clara reducción en el tamaño y la formación de áreas de tejido de granulación saludable, lo cual es consistente con investigaciones previas, que también describieron una disminución significativa en el tamaño de la lesión,^(8,9)

especialmente un estudio de 2022 de la aplicación local y directa sobre la lesión de oxígeno hiperbárico en úlceras de pie diabético, en el cual el 55,5 % de los pacientes incluidos logró una reducción del 50 % en el área de la lesión durante el período de estudio.⁽⁵⁾

Se aplicó el dispositivo de oxigenación y se mantuvo en su lugar durante cuatro días, después de lo cual fue retirado, debido a factores observados, como el aumento del crecimiento bacteriano y la humedad excesiva, que contribuyeron a la maceración en los bordes de la herida.⁽⁶⁾ Aunque estos hallazgos fueron preocupantes, se tomó en consideración ajustar el enfoque del tratamiento para optimizar los resultados del paciente y evitar complicaciones adicionales. Es importante destacar que, en menos de un mes, más del 90 % de la úlcera había granulado, lo que significó un avance sustancial hacia la curación. Una evaluación posterior, solo 10 días después, reveló una reducción significativa en el tamaño de la úlcera, lo que respaldó aún más el impacto positivo de la terapia.^(6,10)

Este caso destaca el potencial de la terapia de oxígeno hiperbárico local como un complemento prometedor para promover la cicatrización de las heridas, especialmente en pacientes con úlcera de pie diabético. Al proporcionar un aumento en el suministro local de oxígeno, la TOHB puede estimular la regeneración de tejidos, mejorar la actividad de los factores de crecimiento y reducir la respuesta inflamatoria general en el área afectada.^(6,11) En el contexto de la úlcera diabética, donde la circulación comprometida a menudo dificulta la curación natural, la terapia de oxigenación directa y local ofrece una herramienta valiosa para reducir la necesidad de amputaciones y mejorar los resultados en nuestros pacientes.^(12,13,14)

Conclusiones

Los hallazgos de este artículo respaldan firmemente la efectividad de la oxigenación como terapia adjunta en el tratamiento de las úlceras diabéticas, especialmente cuando se utiliza junto con terapias convencionales. El estudio demuestra que la biodisponibilidad de oxígeno, cuando se aplica de manera local, desempeña un papel significativo en la promoción de un proceso acelerado de granulación. Esto, a su vez, facilita una cicatrización más rápida de la herida y su cierre. Al mejorar el suministro local de oxígeno, la terapia parece crear un ambiente más favorable para la regeneración celular y la reparación de tejidos, lo que puede conducir a mejores resultados para los pacientes. Este caso destaca los posibles beneficios de incorporar la terapia de oxigenación local y directa sobre la

lesión en los regímenes de tratamiento estándar para optimizar la curación de heridas y brindar una mejor atención a las personas que padecen complicaciones relacionadas con la diabetes.

Dado su potencial terapéutico, se recomienda la terapia de oxígeno local aplicada directamente a la lesión merece una investigación profunda a través de estudios rigurosos. Generar evidencia sólida contribuirá a su validación científica y facilitará su integración en los protocolos clínicos estandarizados, para beneficiar a una amplia gama de pacientes que necesitan soluciones avanzadas para la cicatrización de heridas.

Referencias bibliográficas

1. Ercan E, Aydin G, Erdoğan B, Özçelik F. The effect of hyperbaric oxygen therapy on hematological indices and biochemical parameters in patients with diabetic foot. *Medicine (Baltimore)*. 2024;103(12):e37493. DOI: <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000037493>
2. Srivastava SP, Upadhyay P, Das S, Tiwari N, Mishra S, Tripathi SM. Managing Diabetic Complications with Alternative Therapeutic Strategies. *Curr Diabetes Rev*. 2024;20(5):e070923220791. DOI: <https://doi.org/10.2174/1573399820666230907112430>
3. Health Quality Ontario. Hyperbaric Oxygen Therapy for the Treatment of Diabetic Foot Ulcers: A Health Technology Assessment. *Ont Health Technol Assess Ser*. 2017 [acceso 25/01/2025];17(5):1-142. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28572866/>
4. Gianchandani R, Wei M, Demidowich A. Management of Hyperglycemia in Hospitalized Patients. *Ann Intern Med*. 2024 Dec;177(12):ITC177-ITC192. DOI: <https://doi.org/10.7326/ANNALS-24-02754>
5. Pasek J, Szajkowski S, Oleś P, Cieślar G. Local Hyperbaric Oxygen Therapy in the Treatment of Diabetic Foot Ulcers. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 24;19(17):10548. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph191710548>
6. Frykberg RG. Topical Wound Oxygen Therapy in the Treatment of Chronic Diabetic Foot Ulcers. *Medicina (Kaunas)*. 2021 ;57(9):917. DOI: <https://doi.org/10.3390/medicina57090917>

7. Armstrong DG, Tan TW, Boulton AJM, Bus SA. Diabetic Foot Ulcers: A Review. JAMA. 2023;330(1):62-75. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2023.10578>
8. Klakeel M, Kowalske K. The Role of Hyperbaric Oxygen Therapy for the Treatment of Wounds. Phys Med Rehabil Clin N Am. 2022;33(4):823-32. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2022.06.008>
9. Vulakh GM, Hingorani AP, Ascher E, Marks N. Adjunctive topical oxygen therapy for wound healing in patients with peripheral arterial disease. Vascular. 2023;31(4):737-40. DOI: <https://doi.org/10.1177/17085381221080270>
10. Pasek J, Szajkowski S, Travagli V, Cieślar G. Topical Hyperbaric Oxygen Therapy Versus Local Ozone Therapy in Healing of Venous Leg Ulcers. Int J Environ Res Public Health. 2023;20(3):1967. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph20031967>
11. Liao C, Zhu M, Ding H, Li Y, Sun Q, Li X. Comparing the traditional and emerging therapies for enhancing wound healing in diabetic patients: A pivotal examination. Int Wound J. 2024;21(3):e14488. DOI: <https://doi.org/10.1111/iwj.14488>
12. Pasek J, Szajkowski S, Cieślar G. Quality of Life in Patients with Venous Leg Ulcers Treated by Means of Local Hyperbaric Oxygen Therapy or Local Ozone Therapy-A Single Center Study. Medicina (Kaunas). 2023;59(12):2071. DOI: <https://doi.org/10.3390/medicina59122071>
13. Pasek J, Szajkowski S, Cieślar G. Application of Topical Hyperbaric Oxygen Therapy and Medical Active Dressings in the Treatment of Arterial Leg Ulcers-A Pilot Study. Sensors (Basel). 2023;23(12):5582. DOI: <https://doi.org/10.3390/s23125582>
14. Jebril W, Nowak M, Palin L, Nordgren M, Bachar-Wikstrom E, Wikstrom JD. Topical oxygen treatment relieves pain from hard-to-heal leg ulcers and improves healing: a case series. J Wound Care. 2022;31(1):4-11. DOI: <https://doi.org/10.12968/jowc.2022.31.1.4>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.