

LA OXIGENACIÓN HIPERBÁRICA EN ANGIOLOGÍA

Dr. José A. Álvarez Sánchez¹

RESUMEN: La Sociedad de Medicina Hiperbárica y Subacuática es una organización científica internacional que rige el uso del O₂ altas presiones como modalidad terapéutica en la práctica médica. Entre las indicaciones para el tratamiento con oxigenación hiperbárica (OHB) están los retardos en la cicatrización de las heridas, especialmente el pie diabético; los injertos y colgajos de piel comprometidos, la gangrena gaseosa, las infecciones necrosantes de tejidos blandos, la isquemia aguda traumática, el síndrome compartimental y las lesiones por aplastamiento, todas relacionadas con la práctica angiológica. El costo-beneficio del tratamiento con OHB es ostensible en la mayoría de estas afecciones, aunque el éxito de este depende en gran medida del trabajo multidisciplinario y coordinado de los diferentes especialistas, entre ellos el médico hiperbarista.

Descriptores DeCS: OXIGENACION HIPERBARICA; COLGAJOS QUIRURGICOS; GANGRENA GASEOSA; PIE DIABETICO/terapia; INFECCIONES DE LOS TEJIDOS BLANDOS/terapia.

La Sociedad de Medicina Hiperbárica y Subacuática (*Undersea and Hyperbaric Medical Society*) radicada en Maryland es una institución científica que rige la práctica de la Medicina Subacuática e Hiperbárica a nivel internacional. Esta recomienda el uso de la oxigenación hiperbárica (OHB) en una enfermedad determinada (el paciente respira una concentración de O₂ al 100 % con una presión en la cámara de tratamiento mayor que la atmosférica), después de evaluar los protocolos de tratamiento donde fue demostrada su efectividad. Esta sociedad ha aprobado una serie de indicaciones para el uso de la OHB en la práctica médica, que puede ser como tratamiento coadyu-

vante o indicación absoluta. Entre las relacionadas con la angiología tenemos: las lesiones y heridas con problemas de cicatrización, donde el pie diabético tiene un papel preponderante; los injertos y colgajos de piel comprometidos por la isquemia o la infección, las infecciones necrosantes del tejido blando, la isquemia aguda postraumática, los síndromes compartimentales y las lesiones por aplastamiento.

Es importante que se conozcan las indicaciones y el costo-beneficio de esta modalidad terapéutica en Angiología, que es lo que presentaremos a continuación, sin entrar en detalles con relación al número de sesiones, ni con las presiones de tratamiento usadas.

¹ Especialista de II Grado en Fisiología Normal y Patológica. Investigador Titular. Doctor en Ciencias Médicas.

Lesiones con problemas de cicatrización

El pie diabético es considerado en el mundo como un problema principal de salud por su alta mortalidad, morbilidad e impacto financiero.¹

Se reportan cada año 60 000 amputaciones en Estados Unidos y la mortalidad asociada a esta es alta; el 10 % después de cada amputación; además, el 22 % de los pacientes sufre una reamputación ipsilateral y si se agrega que son necesarios entre 6 a 9 meses de rehabilitación para lograr la capacidad máxima y habilidad para caminar, el costo es enorme al presupuesto de salud del país y al paciente. Por ejemplo, el costo de una amputación primaria en Boston fue de \$26 999² en 1984. Se considera que en Estados Unidos el costo total de las amputaciones primarias sobrepasa el billón de dólares en cuidados de salud al año,³ con un gasto adicional de 750 millones de dólares en un período de los 2 años siguientes.

Los pacientes diabéticos con neuropatía periférica sufren con frecuencia traumas en sus extremidades inferiores por la pérdida de la sensibilidad, lo que lleva a lesiones que son difíciles de curar. También la presencia de insuficiencia arterial en estos produce lesiones que son rebeldes al tratamiento. En el paciente diabético, se agrega el compromiso inmunológico por las alteraciones bioquímicas con la disminución de la actividad leucocitaria,^{4,5} la hipoxia local y la gran incidencia de infecciones polimicrobianas llevan a úlceras y lesiones que no curan y a una amputación que puede ser a cualquier nivel de la extremidad inferior.

El tratamiento con oxígeno hiperbárico promueve los siguientes eventos que fa-

vorecen la curación y cicatrización de úlceras y lesiones:

1. Eliminar la hipoxia tisular.
2. Los organismos anaerobios pueden ser inhibidos directamente.⁶
3. Promueve la explosión oxidativa de los polimorfonucleares con restauración de la capacidad para matar bacterias.⁷
4. Aumenta la proliferación de fibroblastos y la formación de colágena.^{8,9}
5. Aumenta la angiogénesis.¹⁰
6. Refuerza la acción de algunos antibióticos: los aminoglucósidos, la vancomicina y las sulfonamidas.^{6,11,12}

Es bueno también señalar que la OHB tiene efecto vasoconstrictor lo que actúa de forma favorable sobre la hipervascularización del pie diabético con trastornos neurovegetativos. El efecto vasoconstrictor no reduce el aporte de oxígeno, pues la presión parcial de O₂ en el plasma es muy elevada, y además evita que la sangre vaya a través de los canales no preferenciales.

*Davis*¹³ reportó un éxito del 70 % en los pacientes diabéticos tratados con OHB que presentaban lesiones refractarias al tratamiento y que tenían riesgo de ser amputados.

*Baroni*¹⁴ logró el 89 % de curación en los pacientes tratados con OHB comparado con el 10 % del grupo control que no recibió OHB. En ese mismo centro de salud, en un estudio retrospectivo se encontró un 40 % de amputaciones en los pacientes con pie diabético infectado durante el período de 1979 a 1981, antes del uso de la OHB, y disminuyó al 11 %, entre 1982 y 1984, con el uso de la OHB.

Oriani y otros.¹⁵ reportaron una tasa de amputación del 5 % en pacientes con pie diabético grado 3 ó 4 de la clasificación de Wagner cuando recibieron OHB y del 33 % en el grupo que no la recibió.

Wattel y otros¹⁶ reportaron en un estudio retrospectivo un 87 % de curación con un 13 % de tasa de amputación.

Cianci y otros² calcularon el costo del tratamiento de 39 pacientes con lesiones severas de los miembros inferiores refractarias al tratamiento convencional, entre los que había un 49 % de pacientes diabéticos. El promedio del costo de los pacientes diabéticos fue de \$ 34, 370 incluyendo la OHB; en 13 pacientes con amenaza de pérdida de la extremidad el costo se elevó a \$40,696 y cuando se incluyó la cirugía vascular subió a \$ 43,217. El promedio del costo del tratamiento en los 39 pacientes entre diabéticos y no diabéticos fue de \$ 36,706 con la OHB entre las medidas terapéuticas.

Si consideramos que el costo de una amputación primaria oscila entre \$ 26,000 y \$30,000 y que cuando se usó la OHB el costo promedio fue de \$36,706 con salvación de la extremidad en el 90 % de los pacientes, es un resultado muy favorable al uso de la OHB; pues también se necesita un gasto adicional de \$17,330 con una media de 22 días de hospitalización para la rehabilitación de la amputación en la primera etapa, con una segunda etapa de rehabilitación con un costo que oscila para la terapia física y de rehabilitación entre \$8,500 y los \$10,500. Además, una prótesis cuesta \$3,000 con un costo adicional de \$2,000 por ajustes. Entonces el costo de la rehabilitación de una amputación primaria puede llegar a \$ 40, 000. Cuando se trata de un paciente geriátrico, el costo de la amputación primaria y la rehabilitación alcanza entre \$50, 000 y \$70, 000, sin que estas medidas garanticen una adecuada calidad de vida.

El tratamiento del pie diabético debe ser agresivo y combinar el debridamiento radical, la antibioterapia, el uso tópico de factores de crecimiento, la OHB y la cirugía vascular cuando sea necesario.^{17,18} Además, se ha reportado que el paciente diabético

bajo tratamiento con OHB reduce sus necesidades de insulina con disminución de la glucosa en sangre y aumenta las cifras de glucagón, péptido C y STH.

Úlceras por insuficiencia arterial

Las úlceras motivadas por una insuficiencia arterial crónica presentan dificultades para su curación debido a la hipoxia tisular local, sobre todo si es severa. Lo primero es la revascularización y, si la úlcera persiste a pesar de una buena operación, el paciente puede ser candidato a tratamiento con OHB.

Con oxígeno hiperbárico como tratamiento coadyuvante, se ha logrado mejorar o curar úlceras por insuficiencia arterial que son refractarias al tratamiento convencional en el 55 al 82 % de los pacientes.¹⁹

Cuando la insuficiencia arterial es menos severa e involucra solamente la circulación distal, la OHB proporciona una oxigenación adecuada para la cicatrización.

Úlceras por estasis venoso

Este tipo de úlcera, en general, responde al tratamiento local y la terapia de compresión. Se ha reportado una reducción del 35,7 % en el tamaño de la úlcera en los pacientes no diabéticos que recibieron OHB en comparación con el 2,7 % en pacientes que no la recibieron.²⁰ Se reserva el tratamiento con OHB en pacientes que son seleccionados para el injerto de piel y se necesita la granulación del lecho ulceroso.

Injertos y colgajos de piel

El oxígeno hiperbárico se usa generalmente en los injertos y colgajos comprome-

tidos; sin embargo, puede tenerse en cuenta en aquellos pacientes en los que se conoce la existencia de una hipoxia local y con un estado físico comprometido. La OHB ha sido muy útil para quienes el injerto ha fallado anteriormente y sobre zonas irradiadas o con compromiso vascular.^{21,23} Se ha usado con éxito en las úlceras del diabético, venosas y en el paciente con arteriosclerosis obliterante con el objetivo de apoyar la cicatrización del injerto o colgajo de piel.

El reporte del Comité de la UHMS de 1989 señala que el costo del fracaso de un injerto fue de \$20,000 a \$30,000.

Gangrena gaseosa

Es una infección severa que puede llevar a la muerte en pocas horas debido a la propagación sumamente rápida de la infección y a la acción de las endotoxinas producidas por el clostridium. La OHB detiene la producción de la alfa toxina y tiene efecto bacteriostático sobre el germen a altas presiones.

La mortalidad de la gangrena gaseosa fue reportada por *Mandell*²⁴ entre el 40 y 60 % y puede ser mayor en los casos de afectación abdominal; *Cecil*²⁵ reporta una mortalidad del 25 % y la Enciclopedia Medico-Chirurgical²⁶ da una cifra entre el 35 y 40 %.

En los centros que cuentan con servicios de oxigenación hiperbárica, se ha alcanzado reducir la mortalidad por debajo del 20 % y se logra una disminución de la tasa de amputación así como de su nivel en estos pacientes.²⁷ El tratamiento consiste en la combinación de antibioticoterapia, cirugía y OHB.

Infecciones necrosantes de tejidos blandos

Las infecciones de los necrosantes de los tejidos blandos son: la celulitis anaeróbica

crepitante, la gangrena bacteriana progresiva, la fascitis necrosante, la mionecrosis no clostridial y la enfermedad de Fournier.

Las infecciones necrosantes de tejidos blandos son producidas por una flora mixta (aerobia y anaerobia) y ocurren por lo general en las heridas traumáticas, quirúrgicas o alrededor de cuerpos extraños. Afecta a pacientes con un estado general comprometido por diabetes mellitus, insuficiencia vascular o ambas. En este tipo de infección hay hipoxia tisular local, que se puede incrementar por la endarteritis oclusiva debido a la infección.^{28,29} La hipoxia afecta la función de los polimorfonucleares y reduce el potencial redox, lo que favorece el crecimiento de gérmenes más agresivos.

Se ha reportado una disminución de la morbilidad y la mortalidad en estas infecciones con el uso de la OHB. La mortalidad por estas infecciones cuando no se usaba la OHB variaba del 33 al 67 %, mientras que después del uso de esta como tratamiento coadyuvante se reporta del 12,5 al 25 %.³⁰⁻³³

Se recomienda el uso de la OHB en todos los pacientes comprometidos con este tipo de infección. En aquellos con estado inmunológico y nutricional normal, se usa en los que presentan gangrena bacteriana progresiva y la mionecrosis no clostridial.

Isquemia postraumática, síndrome compartimental y lesiones por aplastamiento

La OHB produce una disminución del edema postraumático y de las presiones compartimentales por la vasoconstricción que se produce y, además, aumenta en diez veces la oxigenación de los tejidos,³⁴ por tanto, aumenta la viabilidad de los tejidos.³⁵ El éxito mayor se produce cuando se usa en las primeras horas después del accidente,

sobre todo cuando el daño es severo.³⁵⁻³⁷

La OHB se ha usado también en las úlceras por hipertensión,³⁸ en la intoxicación por ergotamina³⁹ y en la isquemia de la mano producida por inyección intraarterial.⁴⁰

Es muy importante señalar que solamente el trabajo multidisciplinario y coordinado entre los diferentes especialistas en los que se encuentra el médico hiperbarista, puede llevar a un tratamiento exitoso. A veces se amputa un paciente o se toma una decisión terapéutica sin tener en cuenta la opinión del médico hiperbarista después de recibir el paciente el tratamiento con OHB. Otro de los problemas que se presentan es el no pensar en esta modalidad terapéutica o tomarla como el último recurso cuando ya se han agotado todas las otras posibilidades, en lugar de considerarlo antes que el proceso de afectación sea incurable, motivado por los cambios bioquímicos, metabólicos y estructurales.

La aceptación del paciente para que

reciba el tratamiento con OHB se realiza en el servicio de OHB; se debe atender las indicaciones, contraindicaciones y el resultado de las pruebas realizadas. La evaluación del flujo arterial y la perfusión de los tejidos es muy importante en la evaluación del paciente antes del tratamiento,⁴¹ porque la apariencia general de la úlcera crónica no se considera un factor útil para predecir el éxito de tratamiento con OHB.⁴² En servicios donde se cuente con un oxímetro transcutáneo, se usa esta prueba para seleccionar los pacientes que podrían beneficiarse del tratamiento con OHB.^{43,44} También se atienden los valores de los índices de presiones pierna/brazo,⁴⁴ aunque no proveen de un estimado del oxígeno disponible para la curación.

Recomendamos al especialista en Angiología que considere la OHB como una modalidad importante en su arsenal terapéutico y que trabaje en estrecha relación con el médico hiperbarista.

SUMMARY: The Society of Hyperbaric and Underwater Medicine is an international scientific organization that controls the use of O₂ at high pressures as a therapeutic modality in medical practice. Hyperbaric oxygenation (HBO) is indicated to treat delays in wound cicatrization, specially of the diabetic foot, compromised skin grafts and flaps, gas gangrene, necrotizing infections of the soft tissues, acute traumatic ischaemia, compartment syndrome and the lesions caused by crushing, all of them related to angiological practice. The cost-benefit of the hyperbaric oxygen therapy is remarkable in most of these affections, eventhough its success depends mostly on the muldisciplinary and coordinated work of the different specialists, including the hyperbaric oxygenation specialist.

Subject headings: HYPERBARIC OXYGENATION; SURGICAL FLAPS; GAS GANGRENE; DIABETIC FOOT/therapy; SOFT TISSUE INFECTIONS/therapy.

Referencias bibliográficas

1. Simanonok JP, Matos LA. The diabetic foot. An overview. *Pressure* 1993;22:1-3.
2. Cianci P, Petrone G, Drager S, Leuders H, Lee H, Shapiro R. Slavage of the problem wound and potential amputation with wound care and adjunctive hyperbaric oxygen therapy: an economic analysis. *J Hyperbaric Med* 1988;3:127-47.
3. Levin ME. the diabetic foot. Preventing its morbidity and mortality. *Med Times* 1988;116:23-31.
4. Maggiori P, Echols RM. Infections in the diabetic foot. En: Jahss M, ed. *Disorders of the foot and ankle*. Philadelphia: WB Saunders, 1991:1937-1957.

5. Hohn DC, McKay RD, Halliday B, Junt TK. Effect of O₂ tension on microbicidal function of leukocytes in wounds and in vitro. *Surg Forum* 1976;27:18-20.
6. Knighton DT, Halliday B, Hunt TK. Oxygen as an antibiotic. The effect of inspired oxygen on infections. *Arch Surg* 1984;119:199-204.
7. Mader JJ, Adams KR, Sutton TE. Infectious diseases: pathophysiology and mechanism of hyperbaric oxygen. *J Hyperbaric Med* 1987;2:133-8.
8. Hunt TK, Pai MP. The effect of varying ambient oxygen tensions on wound metabolism and collagen synthesis. *Surg Gynecol Obstet* 1972;135:561-7.
9. Hunt TK. The physiology of wound healing. *Ann Emerg Med* 1988;17:1265-73.
10. Meltzer T, Myers B. The effect of hyperbaric medicine on the bursting strength and rate of vascularization of skin wound in the rat. *Am Surg* 1986;52:659-62.
11. Keck PE, Gottlieb SF, Conley J. Interaction of increased pressures of oxygen and sulfonamides on the in vitro and in vivo growth of pathogenic bacteria. *Undersea Biomed Res* 1980;7:95-106.
12. Adams KR, Mader JT. Aminogluco-side potentiation with adjunctive hyperbaric oxygen therapy in experimental Ps. aeruginosa osteomyelitis. *Undersea Biomed Res* 1987;14(Suppl 2):37-8.
13. Davis JC. The use of adjuvant hyperbaric oxygen in the treatment of diabetic foot. *Clin Pediatr Med Surg* 1987;4:429-37.
14. Baroni G, Porro T, Faglia E, Pizzi G, Mastropasqua A, Oriani G, et al. Hyperbaric oxygen therapy in diabetic gangrene. *Diabetes Care* 1987;10:81-6.
15. Oriani FE, Meazza D, Favales F. Hyperbaric oxygen therapy in diabetic gangrene. *J Hyperbaric Med* 1990;5:171-5.
16. Wattel FE, Mathieu DM, Fossati P, Nevriere RR, Coget JM. Hyperbaric oxygen in the treatment of diabetic foot lesions. *J Hyperbaric Med* 1991;6:263-8.
17. Levin ME. Prevention and treatment of diabetic foot wounds. *J Wound Ostomy Continence Nurs* 1998;25:129-46.
18. Faggia E, Favales F, Aldeghi A, Calia P, Quaranteillo A, Oriani G, et al. Adjunctive systemic hyperbaric oxygen therapy in the treatment of severe prevalent ischemic diabetic foot ulcer. A randomized study. *Diabetes Care* 1999;20:1207-8.
19. Wattel FE, Mathieu DM, Coget JM. Hyperbaric oxygen therapy in chronic vascular wounds management. *Angiology* 1990;41:59-65.
20. Hammarlund C, Sundberg T. Hyperbaric oxygen reduced size of chronic leg ulcers: a randomized double blind study. *Plast Reconstr Surg* 1994;93:829-934.
21. Perrins DJ. Hyperbaric oxygenation of skin flaps. *Br J Plast Surg* 1966;19:110-2.
22. Champion WM, McSherry CK, Goulian D. Effective hyperbaric oxygen on the survival of pedicle skin flaps. *J Surg Res* 1967;583-6.
23. Kaelin CM, Im MJ, Myers RA, Manson PN, Hoopes JE. The effects of hyperbaric oxygen on free flaps in rats. *Arch Surg* 1990;125:607-9.
24. Gorbach SL. Clostridium myonecrosis species. En: Mandell GI, ed. Principles and practice of infectious diseases. 2. ed. New York: Wiley, 1979:1359.
25. Bartlett JC. Clostridial myonecrosis and other clostridial diseases. En: Wyngaarden JB, Smith LLH Jr, editors. Cecil. Textbook of Medicine. 18 ed. Philadelphia: WB Saunders, 1988: 1629-31.
26. Egretau JP, Tanguy RL, Michaud A. Les gangrènes gazeuses, *Encycl Med Chir Paris: Urgences*, 1985:1-7.
27. Desola J, Escolá, Moreno E. Tratamiento combinado de la gangrenagaseosa con oxigenoterapia hiperbárica, cirugía y antibióticos. *Med Clin* 1990;94:640-50.
28. Silver IA. Tissue po₂ changes in acute inflammation. *Adv Exp Med Biol* 1978;94:769-74.
29. Donoda A, Mackawa, Arau T, Kwahara H. Spontaneous gangrene of the scrotum and penis (Fournier's gangrene). *J Dermatol* 1980;7:371-6.
30. Bakker DJ. Pure and mixed aerobic and anaerobic soft tissue infections. *Hyperbaric Oxigen Rev* 1985;6:65-95.
31. Gozal D, Ziser A, Shupak A. Necrotizing fasciitis. *Arch Surg* 1986;121:233-5.
32. Riegels-Nielsen P, Hesselfeldt-Nielsen J, Ganz-Jensen E, Jacobsen E. Fournier's gangrene: 5 patients treated with hyperbaric oxygen. *J Urol* 1984;132:918-20.
33. Zanetti CL. Necrotizing soft tissue infection and adjunctive hyperbaric oxygen. *Chest* 1988;92:670-1.
34. Bird AD, Telfer ABM. Effect of hyperbaric oxygen on limb circulation. *Lancet* 1965;1:355-7.
35. Fitzpatrick DT, Murphy PT, Bryce M. Adjunctive treatment of compartment syndrome with hyperbaric oxygen. *Mil Med* 1998;163:577-9.

36. Wattel F, Mathieu D, Neviere R, Bocquillon N. Acute peripheral ischaemia and compartment syndrome: a role for hyperbaric oxygenation. *anaesthesia* 1999;53 (Suppl 2):63-5.
37. Zonis Z, Weisz G, Ramon Y, Bar Joseph G, Torem S, Melamed Y, et al. Salvage of the severely injured limb in children: a multidisciplinary approach. *Pediatr Emerg Care* 1995;11:176-8.
38. Frada G, Di Chiara A, Niconsi G, Alleto M, Barbagallo G. Sobre un caso de úlcera de Martorell. Consideraciones sobre el empleo de la xogenoterapia hiperbárica. *Angiología* 1989;41:93.
39. Bakker DJ. The treatment of ergotamine-intoxication with hyperbaric oxygen. VIIth International Congress on Hyperbaric Medicine. Moscow, 1981.
40. Adir Y, Halpern P, Nachum Z, Bitterman H. Hyperbaric oxygen therapy for ischemia of the hand due to intraarterial injection of methadone and flunitrazepam. *Eur J Vasc Surg* 1991;5:677-9.
41. Manson TN, Im MJ, Myers RA, Hoopes JE. Improved capillaries by hyperbaric oxygen in skin flaps. *Surg Forum* 1980;31:564-6.
42. Kindwall EP, Gottlieb LJ, Larson DL. Hyperbaric oxygen therapy in plastic surgery: a review article. *last Reconstr Surg* 1991;88:898-908.
43. Brakora MJ, Sheffield J. Hyperbaric oxygen therapy for diabetic wounds. *Clin Podiatr Med Surg* 1995;12:105-17.
44. Roth RN, Weiss LD. Hyperbaric oxygen and wound healing. *Clin Dermatol* 1994;12:141-56.

Recibido: 30 de marzo del 2000. Aprobado: 22 de mayo del 2000.

Dr. *José A. Álvarez Sánchez*. Instituto Nacional de Angiología y Cirugía Vasculard (INACV). Calzada del Cerro No. 1551, esq. Domínguez, Cerro. Ciudad de La Habana, Cuba.