

Uso terapéutico de Oxigenación Hiperbárica para quemaduras especiales

Therapeutic use of Hyperbaric Oxygenation for special burns

Andrés Garone¹, Laura Marín¹, Ricardo Murias¹, Anahí Crocenzi¹, Mercedes Portas¹

¹Médicos cirujanos. Departamento de Cirugía plástica Hospital de Quemados de Buenos Aires, Argentina. Autor para correspondencia: Mercedes Portas, Av. Pedro Goyena 369, 1424 Buenos Aires, Argentina e-mail: mportas84@gmail.com

Resumen

Introducción. El tratamiento de oxigenación hiperbárica (TOHB) consiste en respirar concentraciones altas de oxígeno en un ambiente presurizado y está indicado en algunos casos de quemaduras. Existe poca evidencia de este tratamiento coadyuvante en quemaduras diferentes a las quemaduras térmicas. Estas quemaduras son menos frecuentes que las producidas por calor, pero poseen alta morbilidad. **Objetivo** describir la experiencia del uso terapéutico de TOHB en quemaduras especiales. **Materiales y Métodos.** Se incluyeron las quemaduras térmicas que recibieron TOHB a 1,45 ATA \approx 100%O₂ en un centro de referencia de quemados. El tratamiento convencional consiste en tratamientos quirúrgicos reconstructivos. **Resultados** Se reportan y describen 2 casos de quemaduras eléctricas, 1 caso de quemaduras por congelamiento y 2 casos de quemaduras por radiación. **Discusión.** Si bien se necesitan más estudios, TOHB podría ser útil en este tipo de quemaduras.

Palabras claves Quemaduras, Oxigenación Hiperbárica, Radiolesiones

Introducción

Las quemaduras constituyen un problema de salud pública. Los costos que generan son altísimos, por lo que es necesario elaborar pautas de diagnóstico y tratamiento que permitan atenuar los efectos sobre la Salud Pública desde el punto de vista médico, social y económico^{1,2}. En cuanto a su incidencia a nivel mundial, afectan a un enorme número de personas, y pueden causar la muerte de hasta 265.000 personas al año³.

Las quemaduras más frecuentes son las causadas por el calor denominadas quemaduras térmicas. Sin embargo, se debe tener en cuenta que otros agentes pueden originar lesiones en la piel que se consideran quemaduras por la destrucción tisular. En este caso el agente puede ser el frío, la electricidad, agentes químicos e incluso diferentes tipos de radiaciones (ionizantes y no ionizantes).

Cuando los tejidos blandos, como la piel y músculos, son afectados por quemaduras, el flujo sanguíneo en el área dañada se reduce considerablemente. Como se mencionó anteriormente, las quemaduras causan una lesión localizada que suele estar rodeada de tejido normal, incluyendo la piel y tejido subcutáneo³.

La reducción del flujo causa un área de edema e inflamación que irradia en todas las direcciones, incluso hacia tejidos alejados no afectados por la quemadura. La hinchazón puede extenderse profundamente y afectar músculos y piel periférica, causando un daño aún mayor que la lesión inicial.

El tratamiento de oxigenación hiperbárica (TOHB) consiste en un tratamiento en el que el paciente respira altas concentraciones de oxígeno dentro de una cámara con una presión superior a la presión al nivel del mar, normalmente superior a 1,4 ATA⁴. El oxígeno es diluido en los líquidos corporales y puede ejercer una acción sinérgica con el tratamiento convencional de las quemaduras. La hiperoxia generada favorece la cicatrización e impide la ocurrencia de infecciones y el deterioro de los elementos dérmicos. Induce la angiogénesis, síntesis de colágeno, produce vasoconstricción periférica hiperóxica y previene las infecciones e injuria por isquemia-reperusión mejorando el éxito de implantes y colgajos.

TOHB está indicada en quemaduras con más del 20% de Superficie Corporal Quemada o que involucren manos, cara o perineo. También se indica para radiolesiones o heridas no cicatrizantes, por lo que en quemaduras radioinducidas también puede utilizarse como tratamiento coadyuvante^{4,5}.

En el hospital de quemados de Buenos Aires, centro de referencia nacional, las quemaduras especiales constituyen un % de las quemaduras totales. Las quemaduras eléctricas se dan principalmente en niños por accidentes domésticos y en general afectan manos.

En cuanto a las quemaduras por radiaciones, el Comité de Radiopatología que funciona en el hospital ha tratado 465 pacientes con quemaduras radiológicas, de los 4 grados del Score de gravedad. Las lesiones radioinducidas se caracterizan por tener una gran dificultad en su resolución y una alta tendencia a la cronificación, con el consiguiente uso de múltiples terapéuticas y fracasos reiterados.

La introducción de la terapia de oxigenación hiperbárica (TOHB) ha brindado una nueva herramienta para el tratamiento de este tipo de lesiones como coadyuvante de las terapias tradicionales y brindando una opción alternativa en aquellos pacientes en quienes las intervenciones quirúrgicas se encuentran contraindicadas por el daño tisular y posibilidad de falla de éxito.

Objetivo:

Realizar un estudio descriptivo observacional de la utilización del tratamiento de oxigenación hiperbárica en quemaduras especiales tratadas en el hospital de quemados

de Buenos Aires.

Materiales y Métodos

Se incluyeron todas las quemaduras especiales tratadas con oxigenación hiperbárica desde el año 2018 hasta 2020 en el hospital de quemados de Buenos Aires.

Los pacientes recibieron el tratamiento convencional que consistió en reconstrucción quirúrgica con diferentes tipos de injertos y colgajos, plasma rico en plaquetas, papaína, antibióticos, colagenasas. Entre las técnicas quirúrgicas se realizaron escarectomía, fasciotomía según corresponda.

El tratamiento de oxigenación hiperbárica se realizó con cámaras *Revitalair* 430 a 1,45 ATA $\approx 100\%O_2$, con sesiones de 60 minutos de duración. Los esquemas variaron desde 3 o 4 sesiones cuando se utilizaron como preacondicionamiento de colgajos hasta 40 sesiones en el caso de las lesiones más comprometidas.

Resultados

En el período indicado se trataron 2 quemaduras eléctricas, 1 quemadura por congelamiento, 9 quemaduras radio inducidas por radioterapia y 1 quemadura por radiación UV con TOHB.

Caso 1: Quemadura eléctrica: Femenino de 2 años que ingresó 48 hs después de la quemadura eléctrica por contacto. Presentaba necrosis del pulgar de la mano derecha con 0,2% de SCQ (0,1% tipo AB y 0,1% tipo B). (Figura 1A, 1B). Se realizó escarectomía, colgajo autólogo con 6 sesiones de TOHB y la amputación se limitó a la primera falange del dedo pulgar recuperando la funcionalidad del mismo (Figura 1 C) (reporte de caso publicado previamente)⁶.

Caso 2: Quemadura eléctrica: Femenino de 17 años que ingresa por quemadura eléctrica de contacto en la mano admitida 5 días posteriores a la lesión (Figura 1D, 1E). En este caso el enfoque terapéutico se realizó con plasma rico en plaquetas, heteroinjerto de piel porcina y un injerto parcial de piel autóloga. Todas estas terapéuticas con TOHB como coadyuvante recibiendo la paciente un total de 4 sesiones y con resultados estéticamente y funcionalmente aceptables (Figura 1F, 1G) (reporte de caso en prensa)⁷

Caso 3: Quemadura por congelamiento. Masculino, 28 años que consulta a la guardia por quemaduras por rotura de calzado por frío durante deporte de montaña. De 48 hs de evolución en ambos pies (0,5% tipo AB) derivado de otro centro con indicación de probable amputación.(Figura 2A, 2B) Se indica sulfadiazina de plata y después de 3 sesiones de TOHB se resuelve el compromiso isquémico y evita la amputación. (Figura 2C, 2D)

Casos 4 Quemadura radioinducida:Femenino de 52 años ingresó presentando cuadro de dehiscencia y extrusión de prótesis mamaria en mama izquierda. Antecedentes medicoquirúrgicos de cáncer en mama izquierda con diagnóstico de 5 años tratada con cuadrantectomía de cuadrante mamario afectado y 25 sesiones de radioterapia. El año anterior a la consulta presentó recidiva por lo que se realizó mastectomía simple. El mismo año en plan reconstructivo se le colocó prótesis mamaria. Como otros antecedentes la paciente era hipotiroidea e hipertensa. El tratamiento inicial consistió en la extracción de prótesis extruida, toma de biopsia de tejido blando y óseo de costilla subyacente y cierre por primera intención de la herida dehiscente. En el postoperatorio evolucionó con nueva dehiscencia de herida y formación de seroma. Se realizó drenaje del seroma, tratamiento antibiótico dirigido por cultivo y curaciones de herida dehiscente sin éxito de cierre. El resultado de anatomía patológica informó necrosis ósea y radiodermatitis (Figura 3A). Se ingresó al protocolo terapéutico de TOHB con sesiones diarias de 1 hora de duración con cámara hiperbárica de 1,45 ATA. Con un número total de 40 sesiones se logró el cierre de la herida (Figura 3B).Se realizó la derivación al servicio de cirugía plástica del otro centro hospitalario de Buenos Aires

para realizar tratamiento reconstructivo de la mama con tejido autólogo. Se decide la realización de colgajo abdominal de perforante de arteria epigástrica profunda (DIEP). Procedimiento realizado con éxito, continuó curaciones y seguimiento en dicha institución. (Figura 3C)

Caso 5 Quemadura por radiación UV (Figura 3D). Masculino 50 años de profesión cirujano que consulta en la institución por lesiones compatibles con quemaduras oculares por rayos ultravioletas. La exploración oftalmológica evidencia con fluorocromo evidencia daño corneal por quemadura UV en el ojo izquierdo (Figura 3E) Se indican 10 sesiones de TOHB revirtiendo el daño por completo sin secuelas oftalmológicas.

Discusión

El paso del oxígeno a nivel alveolar-capilar depende tanto de la concentración de oxígeno como de la presión atmosférica en la que se encuentre el individuo. Inhalar este gas al 100% sumado a que el individuo se encuentre a presiones mayores a la atmosférica permite el arribo de mayor cantidad de oxígeno al capilar con mayor eficacia que en las condiciones normobáricas^{4,5}. Se produce un aumento de especies reactivas del oxígeno y nitrógeno que inducen la activación de factores de transcripción inducibles por hipoxia que a su vez aumentan la producción de factor de crecimiento endotelial vascular, factor de crecimiento de fibroblastos y factor de crecimiento transformante β^8

Existe evidencia que a nivel inmunológico el oxígeno hiperbarico potencia la función fagocitica y el arribo de macrófagos a la herida, de esta manera la eficiencia de eliminación de bacterias y restos celulares que puedan enlentecer la cicatrización⁹, lo que presenta especial relevancia en pacientes con sistema inmunológico comprometido (diabéticos inmunosuprimidos o pacientes en tratamiento inmunosupresor).

En contraparte los puntos negativos de esta terapéutica que más preocupan; la intoxicación por oxígeno, se ve con baja frecuencia llevando los tiempos terapéuticos estipulados. En nuestro centro no tenemos hasta la fecha reportes de pacientes con convulsiones o miopía por intoxicación de oxígeno, siendo estas las manifestaciones clásicas, aunque poco frecuentes, de la toxicidad del oxígeno¹⁰. Otras dificultades en la terapéutica como la claustrofobia o susceptibilidad a lesiones por barotrauma deben ser evaluadas previo el inicio de sesiones. Utilizamos la TOHB no como única vía terapéutica sino como un complemento más que nos brinda un gran soporte para la mejora de lesiones de difícil resolución.

TOHB está indicada en quemaduras que comprometen 20%o más de SCQ, o manos cara o perineo, siendo más frecuentemente usada en quemaduras térmicas^{4,5}. Los estudios realizados demuestran que la oxigenación hiperbárica acelera los tiempos de cicatrización, induce angiogénesis, previene infecciones y sepsis e incluso disminuye la neuroinflamación en grandes quemados^{11,12}

Sin embargo, existen pocos reportes del uso de este tratamiento en quemaduras diferentes a las quemaduras térmicas debido a la baja frecuencia de las mismas y al limitado acceso al tratamiento en centros de referencia.

En este estudio exponemos nuestra experiencia con la coadyuvancia de la oxigenación hiperbárica en quemaduras diferentes a las quemaduras térmicas.

Las quemaduras eléctricas son poco frecuentes pero se caracterizan por presentar destrucción de tejidos, necrosis, compromiso neurológico periférico. TOHB ha sugerido como coadyuvante para el tratamiento de estas quemaduras dentro del esquema terapéutico multidisciplinario^{5, 6, 13}. Esto es debido a que en su mayoría se incluyen injertos colgajos y cirugías reconstructivas donde la oxigenación hiperbárica puede

disminuir la isquemia reperfusion y mejorar el éxito de la recuperación del tejido en la herida¹⁴.

El tratamiento por congelación con TOHB se sugiere debido al beneficio inmediato que resulta del aumento del oxígeno disuelto en plasma, lo que estimula la neovascularización y angiogénesis. Además de disminuir la inflamación y mejorar la supervivencia del tejido post-isquémico, se ha demostrado que puede mitigar el daño por reperfusion, inhibiendo las integrinas β_2 de neutrófilos y estimulando la acción de enzimas antioxidantes y proteínas antiinflamatorias.

Ghumman y cols¹⁵ reportaron la aplicación de TOHB en 22 casos de quemaduras por congelamiento. Con la oxigenación hiperbárica se notó mayor mejoría en pacientes menos severos, que presentaban lesiones menores. Por lo que sugieren que el éxito del tratamiento es proporcional al grado de injuria. Se han reportado numerosos casos de congelación por frío tratados con oxigenación hiperbárica^{16, 17}, por lo que TOHB debe ser considerado en el rescate de los miembros expuestos a este tipo de quemaduras, para mejorar la microcirculación y disminuir las probabilidades de amputaciones.

TOHB está indicada como recomendación absoluta en radiolesiones^{4,5}. Dentro de estas radiolesiones, las radiodermatitis crónica son probablemente las más frecuentes y la oxigenación hiperbárica puede revertir la hipoxia, la necrosis y desencadenar la cicatrización que se encuentra estancada o refractaria al tratamiento convencional.

La fibrosis crónica en este tipo de pacientes es difícil de tratar. Bui y cols¹⁸ reportaron que los efectos adversos de la radioterapia en la piel podían ser tratados con oxigenación hiperbárica y disminuye el grado de toxicidad en el 57%, y en 36% se obtuvo una respuesta muy marcada.

Teguh y cols¹⁹ reportaron en 57 mujeres con radiodermatitis tratadas con TOHB una mejora en calidad de vida con el cuestionario específico European Organization for Research and Treatment of Cancer (EORTC) QLQ-BR23 donde se registran diferencias significativas en el dolor de hombro y brazo, hinchazón de la mano, dolor en el área afectada y dermatitis en la piel.

El efecto de la oxigenación hiperbárica en el tratamiento de las quemaduras radioinducidas son los mismos efectos reparadores que se reportan en otros tipos de quemaduras. La neovascularización reparación de la necrosis, disminución de la fibrosis e inflamación y osteogénesis (si hay presencia de osteonecrosis), son los efectos que desencadenan una cicatrización reparación tisular de la piel, hueso y otros órganos involucrados y disminución del dolor de manera significativa^{18, 20, 21}. Más aún, la reparación del tejido dañado irradiado puede contribuir a la cicatrización de dehiscencias quirúrgicas que se realizan en colgajos o implantes para la cirugía reconstructivas en los pacientes oncológicos²², e incluso contribuir a la recuperación de heridas infectadas refractarias al tratamiento convencional, incluso cuando existe compromiso óseo²³.

En este estudio también se reporta un caso de quemadura ocular por radiación UV. Este tipo de radiación puede producir daño corneal, por lo que se podría considerar la oxigenación hiperbárica en la recuperación de este tipo de lesiones. Cuando existe compromiso de vasos oculares, la recuperación tisular del oxígeno hiperbárico también induce cicatrización a nivel de las quemaduras oculares. Este tipo de quemaduras puede

dañar la conjuntiva e incluso puede dañar la córnea y producir perforación en la córnea^{24, 25, 26}, por lo que, si bien se necesitan más estudios, TOHB podría ser considerada en accidentes por larga exposición a la lámparas UV en diferentes tipos de trabajadores.

Este estudio descriptivo reporta la experiencia de la incorporación en el esquema multidisciplinario de TOHB en casos de quemaduras especiales. El uso de cámara hiperbárica dentro de la institución permite el acceso y la combinación de este tratamiento coadyuvante con las diferentes estrategias quirúrgicas reconstructivas y favorece el éxito de los implantes y colgajos muy frecuentemente usados en el tratamiento de heridas complejas. La emergencia de cámaras portátiles más accesibles al manejo e instalación²⁷, como la que se utiliza en nuestra institución, pronostica un aumento de su utilización y surgimiento de evidencia científica de mejor calidad para la evaluación de esta metodología en diferentes tipos de heridas y quemaduras.

Conclusión: Si bien se necesitan estudios adicionales, nuestra experiencia sugiere que TOHB podría ser efectiva en el tratamiento de quemaduras distintas a quemaduras térmicas.

Referencias bibliográficas

1. Oryan A, A.E., Moshiri A., Burns treatment strategies and future directions. *J Wound Care* 2017; 26(1): 5-19.
2. Smolle, C., et al., Recent trends in burn epidemiology worldwide: A systematic review. *Burns*, 2017; 43(2): 249-57.
3. Dogra, B.B., Initial Management of Burns. *Medical Journal Armed Forces India*, 2004; 60(3): 277-80.
4. Weaver LK and Undersea and Hyperbaric Medical Society. *Hyperbaric Oxygen Therapy Indications: 13th Edition* 2014. Florida, USA. Best Publishing Company. Florida Durham.
5. Mathieu D, Marroni A, Kot J,. Tenth European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine: recommendations for accepted and non-accepted clinical indications and practice of hyperbaric oxygen treatment. *Diving Hyperb Med*. 2017; 47(1):24-32.
6. Marín L, Fioravanti G, Cristaldo E, Sereday CE, Merbilhaá O, Portas M Hyperbaric oxygen therapy for a pediatric electrical burn: A case report. *Burns Open* 2020; 4: 137-9.
7. Murias, R, Court Y, Merbilháa O, Fariña G, Pace EL, Biglia A, Igoillo MC, Echezuri J, Garone A, Crocenzi A, Portas M. Therapeutic Approach to electric burn with platelet rich plasma, grafts and hyperbaric oxigenation. *Medicina (Bs As)*, 2020; 80 En prensa.
8. Thom, S.R., Hyperbaric oxygen—its mechanisms and efficacy. *Plastic and reconstructive surgery*, 2011; 127(1): 131S.
9. Memar MY, Yekani M, Alizadeh N, Baghi HB. Hyperbaric oxygen therapy: Antimicrobial mechanisms and clinical application for infections. *Biomed Pharmacother*. 2019;109:440-47.
10. Heyboer M, S.D., Santiago W, McCulloch N, Hyperbaric Oxygen Therapy: Side Effects Defined and Quantified. *Adv Wound Care*, 2017; 6(6): 210-24.

11. Cianci P, S.J., Sato RM, Faulkner J., Adjunctive hyperbaric oxygen therapy in the treatment of thermal burns. *Undersea Hyperb Med.*, 2013. 40(1): 89-108.
12. Wu ZS, Lo JJ, Wu SH, Wang CZ, Chen RF, Lee SS, Chai CY, Huang SH. Early Hyperbaric Oxygen Treatment Attenuates Burn-Induced Neuroinflammation by Inhibiting the Galectin-3-Dependent Toll-Like Receptor-4 Pathway in a Rat Model. *Int J Mol Sci.* 2018; 27;19(8):2195.
13. Cimşit M, Aktaş S. Adjunctive hyperbaric oxygen therapy contributes healing in electrical injury: a case report of high voltage electrical injury. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg.* 2005; 11(2):172-7.
14. Francis, A. and R.C. Baynosa, *Hyperbaric Oxygen Therapy for the Compromised Graft or Flap.* *Adv Wound Care (New Rochelle)*, 2017. 6(1): 23-32.
15. Ghumman A, St Denis-Katz H, Ashton R, Wherrett C, Malic C. Treatment of Frostbite With Hyperbaric Oxygen Therapy: A Single Center's Experience of 22 Cases. *Wounds.* 2019 Dec;31(12):322-25.
16. Higdon B, Youngman L, Regehr M, Chiou A. Deep Frostbite Treated With Hyperbaric Oxygen and Thrombolytic Therapies. *Wounds.* 2015 ;27(8):215-23.
17. von Heimburg D, Noah EM, Sieckmann UP, Pallua N. Hyperbaric oxygen treatment in deep frostbite of both hands in a boy. *Burns.* 2001 Jun;27(4):404-8.
18. Bui QC, Lieber M, Withers HR, Corson K, van Rijnsoever M, Elsaleh H. The efficacy of hyperbaric oxygen therapy in the treatment of radiation-induced late side effects. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2004 1;60(3):871-8.
19. Teguh DN, Bol Raap R, Struikmans H, Verhoef C, Koppert LB, Koole A, Huang Y, van Hulst RA. Hyperbaric oxygen therapy for late radiation-induced tissue toxicity: prospectively patient-reported outcome measures in breast cancer patients. *Radiat Oncol.* 2016; 29;11(1):130.
20. Pasquier D, Hoelscher T, Schmutz J, Dische S, Mathieu D, Baumann M, Lartigau E. Hyperbaric oxygen therapy in the treatment of radio-induced lesions in normal tissues: a literature review. *Radiother Oncol.* 2004; 72(1):1-13..
21. Ashamalla HL, Thom SR, Goldwein JW. Hyperbaric oxygen therapy for the treatment of radiation-induced sequelae in children. The University of Pennsylvania experience. *Cancer.* 1996;77(11):2407-12.
22. Korambayil PM, Ambookan PV, Pillai S, Karangath RR, George D. Role of Hyperbaric Medicine for Osteoradionecrosis and Post Irradiation Wounds: an Institutional Experience. *Indian J Surg Oncol.* 2020; 11(3):469-474.
23. Enomoto M, Yagishita K, Okuma K, Oyaizu T, Kojima Y, Okubo A, Maeda T, Miyamoto S, Okawa A. Hyperbaric oxygen therapy for a refractory skin ulcer after radical mastectomy and radiation therapy: a case report. *J Med Case Rep.* 2017; 4;11(1):5.
24. Schmid-Kubista KE, Kellner L, Maier H, Felke S, Wanka A, El Modeir A, Schmidt JB, Cabaj A, Schmalwieser A, Rohn H, Stadelmann H, Spiess J, Fischer W, Hönigsmann H, Binder S. Effect of work-related ultraviolet exposure and ophthalmic changes in Austrian farmers: the SVB-UV study. *Ophthalmic Res.* 2010; 43(4):201-7.
25. Funnell C, Watson K, Stewart O, Dua G. Corneal perforation secondary to UV

radiation from a tanning lamp. *Cornea*. 2006 Dec;25(10):1224-6. Zaffina S, Camisa V, Lembo M, Vinci MR, Tucci MG, Borra M, Napolitano A, Cannatà V. Accidental exposure to UV radiation produced by a germicidal lamp: case report and risk assessment. *Photochem Photobiol*. 2012; 88(4):1001-4.

26. Cannellotto M, Romero-Feris D, Pascuccio MM, Jordá-Vargas L Aplicaciones médicas de las cámaras de oxigenación hiperbárica de nueva generación. *Asoc Med Arg*. 2019; 131 (4):12-20

Leyendas

Figura 1. Quemadura eléctrica de femenino, 2 años antes (1A, 1B) y después del tratamiento con injerto autólogo y TOHB (1C). Quemadura eléctrica, femenino, 17 años antes (1D, 1E) y después de tratamiento con injerto porcino y parcial autólogo y TOHB (1F, 1G)



Figura 2. Quemadura por congelamiento, masculino 28 años antes (2A, 2B) y después del tratamiento con sulfadiazina de plata y TOHB (2C, 2D)



Figura 3. Quemadura radioducida femenino, 52 años con dehiscencia quirúrgica en tejido irradiado (3A), luego de TOHB (3B) y luego de reconstrucción mamaria (3D). Quemadura, masculino, 50 años con quemaduras oculares por radiación UV antes de recibir TOHB (3E, 3F).

