



ye

Tratamiento con Oxigenación Hiperbárica en quemaduras producidas por uso inadecuado del láser

Eugenio Doria, Jorge Elías Rivadeneira, Álvaro Yépez
Segundo Yandún, Zoila Realpe
Hugo Pérez, Washington Suasti

Universidad Técnica del Norte
edoria@utn.edu.ec

RESUMEN

Se describen aspectos importantes del tratamiento de quemaduras producidas por uso inadecuado del láser y el mecanismo de respuesta del organismo al ser tratadas con Oxigenación Hiperbárica (OHB). El caso descrito, recibió veinte sesiones de cámara hiperbárica con una presión de entre 2 y 2,4 atmósferas absolutas (ATAs), al considerarse las quemaduras sufridas de segundo y tercer grado. Se redujo considerablemente el tiempo de cicatrización, el efecto bacteriostático y bactericida evitando infecciones, también la angiogénesis creando nuevos vasos y capilares sanguíneos, estimulando a las células fibroblásticas formadoras de colágeno, favoreciendo la reparación tisular. Las quemaduras consideradas hipóxicas, tratadas con OHB, produjeron hiperoxia con vasoconstricción, disminuyendo el edema y evitándose la extravasación de líquido desde los capilares. En un período relativamente corto se observó la restauración completa de la dermis y la epidermis, no pudiéndose restaurar el hipoquiquio del tercer dedo del pie izquierdo. Se evitó la infección y se impidió el corte de la falange distal del tercer dedo necrosado.

Palabras Claves: OXIGENACIÓN HIPERBÁRICA (OHB); EFECTO BACTERIOSTÁTICO; ANGIOGÉNESIS; CÉLULAS FIBROBLÁSTICAS; COLÁGENO; MEGAWATT (MW). ATMS. ATMÓSFERAS ABSOLUTAS.

ABSTRACT

Treatment with Hyperbaric Oxygenation in burns caused by improper use of the laser

It describes essential aspects of the burns treatment produced by improper laser use and the organism response mechanism when treated with Hyperbaric Oxygenation (HBO). The described case received twenty hyperbaric chamber sessions with a pressure between 2 and 2.4 absolute atmospheres (ATMs), at considering the burns suffered at a second and third degree. It reduced, considerably, the healing time, the effect bacteriostatic and bactericidal avoiding infections, also angiogenesis at creating new blood vessels and capillaries, stimulating the fibroblastic cells that form collagen, favoring the tissue repair. The burns considered hypoxic, treated with HBO produced hyperoxia with vasoconstriction, decreasing the edema and avoiding the extravasation of fluid from the capillaries. In a relatively short period, the complete restoration of the dermis and epidermis was observed, being unable to restore the Hyponiquio in the third left toe. The infection was avoided, and the distal phalanx of the necrotic third finger was prevented from cutting.

Keywords: HYPERBARIC OXYGENATION (OHB); BACTERIOSTATIC EFFECT; ANGIOGENESIS FIBROBLASTIC CELLS; COLLAGEN MEGAWATT(MW). ATMS.

Introducción

El manejo del paciente con quemaduras críticas producidas por el uso indebido de rayos láser y la aplicación del tratamiento complementario con oxigenación hiperbárica, se produce cuando el paciente ingresa a un habitáculo cerrado, respira oxígeno de forma constante o intermitente al 100%, en un ambiente presurizado a 1.4 atmósferas absolutas (ATAs), pudiendo alcanzar en algunos casos, las 3 ATAs. Los efectos fisiológicos y terapéuticos producidos, están fundamentados en el aumento del transporte de oxígeno plasmático junto a una mejor disponibilidad tisular y, aplicados a estados patológicos fundamentados en la hipótesis terapéutica, consistente, en un calificativo común, la hipoxia tisular, o reducción del aporte de oxígeno, pudiendo tener indicaciones preferentes, complementarias, y experimentales (Posadas Calleja, J. y col, 2006).

Basada en el cumplimiento de la ley universal de los gases, considerando los tres parámetros fundamentales *presión* (P), *volumen* (V) y *temperatura* (T). ésta se comporta manteniendo uno de los tres parámetros constante, en este caso la temperatura (Boyle-Mariotte, 1662).

Existen controversias a nivel científico sobre el tratamiento con Oxigenación Hiperbárica (OHB) en quemaduras pro-

ducidas por el uso indebido del láser. Autores como Tovar Brandán, (2,000), Durand, Alfaro, (2,005) y Salcedo Espinosa (2,010), coinciden en los beneficios del efecto presión (efecto desarrollado en todos los gases que interactúan con el cuerpo humano), y el efecto del aumento de la presión tisular de oxígeno, consecuencia del anterior.

En el oxígeno, al aumentar la presión atmosférica aumenta su poder de disolución en plasma según ley de Henry, ocasionando un aumento de la presión parcial de oxígeno en sangre.

De acuerdo a la literatura consultada, el oxígeno disuelto a nivel del mar posee las siguientes equivalencias: 0.3 vol%; a 1 atmósfera; 3.0 vol%; a 2 atmósferas; 4.5vol%; a 3 atmósferas 6vol% (Tovar, Brandar y col, 2000, p. 11). En el caso que describimos, la técnica de irradiación de la terapia láser blanda recibida por la paciente, fue puntual <láser rojo>: en contacto directo con la zona enferma de micosis. La distancia entre puntos fue de entre 1 y 3 cm. a bajas dosis de energía, entre 3 y 5 MW de potencia de salida.

Algunas consideraciones a tener en cuenta en la aplicación del láser son: color de la piel, estado de la micosis, calibración del equipo, tipo de piel y origen étnico (Aboites, 1991).



Foto 1: paciente de 64 años con micosis, una hora después de ser tratada por láser. (foto cortesía del autor de acuerdo a la historia clínica de la Unidad hiperbárica de investigación “Miguel Naranjo Toro”) Enero, 2018

La presión parcial de Oxígeno (PpO_2) en sangre arterial es de unos 90 mm de Hg. Cuando respiramos oxígeno puro en la cámara hiperbárica, llega hasta 2,000 – 2,400 mm de Hg a 3 ATAs. El aumento del transporte de oxígeno se consigue en áreas con hipoxia (Luna, 2010).

La Oxigenación Hiperbárica, acelera el tiempo de cicatrización, mejora la inmunidad, potencializa la acción antioxidante de la vitamina C regenerando la piel; dermis y epidermis, acompañado de neovascularización.



Foto 2: paciente con 24 horas de sufrir quemaduras con láser, de esta forma ingresa a la Unidad Hiperbárica “Miguel Naranjo Toro” de la UTN.

En las quemaduras térmicas se distinguen tres zonas diferentes, cada una con sus características diferentes:

- Una zona central de necrosis por coagulación, rodeada por,
- Una zona de edema, que a su vez

está rodeada por una tercera zona, donde el edema está recién en formación.

Observando a la paciente gravemente quemada en los 3 dedos de pie izquierdo, se nota que una quemadura considerada “de espesor parcial”, a partir de la siguiente hora se transforma en una quemadura de “espesor total”, aun cuando la paciente hubo de recibir la cantidad suficiente de líquido y el tratamiento local del área afectada. (Abergel y col, 1986). Esta progresión de la necrosis de los tejidos está íntimamente vinculada con el grado de formación del edema, y diferentes casos han sido reportados por: (Centro de oxigenación hiperbárica de Buenos Aires, 2018, p. 1).

El edema escindió la circulación provocando trombosis capilar, siendo el punto final la hipoxia tisular, isquemia y muerte celular (necrosis). El factor clave en el daño endotelial producido y en la cascada inflamatoria, (activación del complemento, coagulación, activación de los glóbulos blancos, etc.) fue la hipoxia o falta de oxígeno (Rivadeneira, 2018, p. 3).



Foto 3. Paciente con quemaduras por láser en plena recuperación. Foto archivo de la Unidad hiperbárica de investigación “Miguel Naranjo Toro”. UTN. 30 de enero 2018.

Métodos; Terapéuticos

- Limpieza con sablón y desbridamiento (retiro de la piel y tejido muertos del área quemada).
- Antibióticos orales (eritromicina) por tres meses evitando el desarrollo de una infección. Evitar la exposición a los rayos de sol.
- Colocar óxido de zinc en la quemadura 3 veces al día.



Foto 4. La paciente recibiendo tratamiento con óxido de zinc en las zonas afectadas. Foto archivo de la Unidad hiperbárica de investigación "Miguel Naranjo Toro". UTN. 30 de enero, 2018.

Clínico

- Tratamiento con oxigenación hiperbárica (cámara), 20 sesiones.

Protocolo

- El protocolo de tratamiento fue de 20 sesiones de 60 minutos de 2 a 2,4 ATAs en la cámara hiperbárica, cinco veces por semana.

- La paciente se sometió a la OHB siempre en las primeras horas de la mañana, entre 06h:00 y 07h:00, con el objetivo de un mayor control de la temperatura exterior e interior.

- Antes de cada sesión se introdujo, un bote de 200 cc de suero fisiológico con vitamina C, a 15 gotas por minuto. Reportes de investigaciones de (BioBárica Medical Hyperbaric Systems, 2018), recomiendan no colocar a chorro, ya que se considera que el organismo utiliza mejor la vitamina C espaciándola por lo menos en 2 horas.

- Se realizó el seguimiento de la paciente hasta su completa cicatrización, con indicaciones de 10 sesiones más de OHB de ser necesario.

Resultados

Se evidenció la producción de colágeno, acelerando el tiempo de curación de la piel.

Se redujo el tiempo de cicatrización de las quemaduras en un 60%.

Se evitaron las infecciones en las zonas afectadas, dado los efectos antibacterianos por la mayor difusión de oxígeno en plasma, aumentando 22 veces el mismo.

Sus efectos antiinflamatorios disminuyeron el dolor en la paciente.

El efecto de la OHB a altas presiones, produjo angiogénesis; es decir, se crearon nuevos vasos y capilares sanguíneos.

Hubo estimulación de las células que producen colágeno, favoreciendo la reparación de los tejidos.



Foto 5. La paciente dentro de la cámara recibiendo tratamiento OHB en una de las sesiones. Foto archivo de la Unidad hiperbárica de investigación "Miguel Naranjo Toro". UTN. 10 de febrero, 2018.

Discusión

El colágeno como proteína que sostiene la piel, y siendo la proteína más compleja del tejido conectivo, tiene su producción asociada de forma total al sistema nervioso, por lo que primero debe estabilizarse el terminal neuronal de la paciente y después atacar las quemaduras. El aumento del gradiente de O_2 en los entornos de las quemaduras aumentó la producción de fibroblastos lo que generó un aumento de los depósitos de colágeno y un aumento en la fibronectina, ayudando a la neovascularización.

En el complejo proceso de la cicatrización intervinieron diferentes tipos de células y mediadores químicos. Desarrollándose el mismo de la siguiente manera:

Las plaquetas, son las primeras en llegar a la zona lesionada, y posteriormente migran los macrófagos y los fibroblastos. Una vez en la zona, se organizan y co-

mienzan a producir citoquinas (factores de crecimiento, interleucinas e interferón). Seguidamente se produjo un aumento de la síntesis de colágeno y angiogénesis, apareciendo el tejido de granulación para lograr finalmente la cicatriz (CMH. Centro de medicina hiperbárica. Unidad de oxigenación tisular cicatrización y control de infecciones. Hospital La Luz, Barcelona. 2017).

El tratamiento con oxigenación hiperbárica a altas presiones <entre 2 y 2,4 ATMs> jugó un papel muy importante en el caso tratado. Estas variaciones de presión interfirieron en la proliferación de fibroblastos, afectando la producción de las citoquinas, encargadas de estimular el crecimiento celular. La producción de colágeno por los fibroblastos e incorporación al proceso de cicatrización, dependieron también de la hidroxilación de la prolina y la lisina, siendo fundamental para que esto ocurra la presencia de altas presiones en el proceso de OHB.

En una lesión crónica existe hipoxia e isquemia, lo que impide se concrete el proceso de cicatrización. De acuerdo con las observaciones de Hunt y col. 2014, una lesión infectada y bien perfundida es relativamente hipóxica ya que la infección aumenta los requerimientos de oxígeno. En una lesión, por el proceso de cicatrización, se requiere una gran cantidad de energía debido a la actividad que hay en ella. Cuando en las quemaduras <como en el caso descrito> la tensión de oxígeno es inferior a 30 mm Hg, la síntesis de colágeno se ve seriamente alterada, al igual que la migración de los fibroblastos. Esta hipoxia genera en la zona lesionada un aumento de metabolitos tóxicos como el amonio, alterando aún más la microcirculación y produciendo una mayor hipoxia (Goodson WH, Hunt TK. 2015).

El aporte de oxígeno en forma masiva tal como se produce con la OHB, eleva el transporte y aumenta la presión parcial de oxígeno en los tejidos, por otro lado, si bien el oxígeno es un potente vasoconstrictor periférico no actúa como tal en te-

jididos hipóxicos lo que facilita el transporte de oxígeno. Este aumento de la PpO₂ (presión absoluta en ATMs) tisular estimuló la síntesis de colágeno, la producción de fibroblastos y la neoformación vascular lo que trajo aparejado un aumento de la velocidad de cicatrización (Dezola, 2014).

Los efectos antiinflamatorios en la paciente fueron inmediatos; de igual forma casos reportados por hiperbarica.ec/terapias/ durante los años 2015, 2016 y 2017, infieren en la activación de los procesos biosintéticos y reparativos que incluyen la angiogénesis capilar, la proliferación de fibroblastos, la formación de colágeno y la neovascularización. Similares tratamientos son informados por Feldmeier JJ, et al, en Hyperbaric oxygen 2003, donde dan cuenta del mejoramiento del tejido lesionado con la normalización bioenergética tisular y una atenuación bien fuerte de los daños por reperfusión.

Reportes con resultados similares a los nuestros, han sido informados por los doctores Carlos Mateos/Guioimar López del Instituto Español de Medicina Hiperbárica, (2017), donde refieren que la oxigenoterapia hiperbárica estimuló la angiogénesis o formación de nuevos vasos sanguíneos, en pacientes tratados en esa clínica con patologías del pie diabético y quemaduras producidas por ácidos, así como la formación de colágeno. Además, la apreciación de sus propiedades bactericidas y bacteriostática, mejorando todos los casos tratados que presentaban el fenómeno de hipoxia tisular.

Boerema I, Meyne NG, Brummelkamp WK, et al. reportan en estudios realizados en el 2015, el proceso de estimulación de las células que producen colágeno. De igual forma, en nuestro caso tratado-describido declaramos la reparación de los tejidos de la paciente a través de una gran estimulación de sus células que a la vez llevaron a cabo la producción de colágeno.

Conclusiones

La producción de colágeno fue evidente en el caso tratado y referenciado, acelerando el tiempo de cicatrización de las quemaduras y por ende de curación de la piel.

Se evitaron las infecciones en las zonas afectadas, dado los efectos antibacterianos logrados con mayores presiones de oxígeno. A su vez los efectos antiinflamatorios en las zonas afectadas redujeron el dolor en la paciente

El efecto de la Oxigenación Hiperbárica a altas presiones, produjo angiogénesis; es decir, se crearon nuevos vasos y capilares sanguíneos, hubo una estimulación de las células productoras de colágeno, favoreciendo esto la reparación de los tejidos. La oxigenación hiperbárica puede parecerles a muchos un tratamiento “exótico” y fuera de sus posibilidades, pero, como puede leerse, es una de las herramientas médicas más efectivas y seguras que pueden evitar la amputación de extremidades de pacientes con quemaduras graves.

Referencias Bibliográficas

- Abergel RP, Lyons RF, Berki T. Biological effects of laser. *Clínica Laser*. 1986;3(1):7-14.
- Aboites V. El láser. La ciencia desde México. México DF: Fondo de Cultura Económica; 1991.p.36-9,90.
- Arieli R. The Laser Adventure. Versión en español por Requena A, Cruz C, Bastida A, Zúñiga J. *Computer in Physics (CIP)*. 2005;11(5):411-4.
- BioBárica Medical Hyperbaric Systems, 2018). En: <https://www.biobarica.com>
- Boerema I, Meyne NG, Brummelkamp WK, et al. Life without blood. A study of the influence of high atmospheric pressure. *J Card Surg* 2005;1:133-146.
- Boyle, R. (1662). Ley de Boyle para los gases. Recuperado en: www.educaplus.org/gases/ley_boyle.html(CMH). Centro de medicina hiperbárica. Unidad de oxigenación tisular cicatrización y control de infecciones. Hospital La Luz, Barcelona. 2017. Centro de oxigenación hiperbárica de Buenos Aires, 2018, Reportes clínicos. p. 1).
- Dezola, J. (2014). Bases y fundamentos terapéuticos de la Oxigenación Hiperbárica. CRIS. Unidad terapéutica hiperbárica clínica Cruz Rojas. Barcelona. 6 pp.
- Feldmeier, J. J., et al. Hyperbaric oxygen 2003, Indications and results: UHMS Hyperbaric oxygen therapy committee report. Undersea and Hyperbaric Medical Society, 2003.
- García T, Calzada S. Evaluación clínico-citológica del herpes labial tratado con láser. *Revista Cubana Estomatol*.2001;39:77-82.
- González H. Actualidades en láser de baja potencia. La Habana: Ciencias Médicas; 1996.p.9-12.
- Guiomar, López, & Mateos Carlos, del Instituto Español de Medicina Hiperbárica, (2017), En: <https://institutomedicinahyperbarica.es/nace-una-asociacion-difundir-la-medicina-hyperbarica/>
- Hernández A. El láser terapéutico en la práctica médica actual. La Habana: Editorial Científico-Técnica; 2007.p.12-5,46-9,66-70,77-80. Herre-
- ro C. Los efectos terapéuticos. CDL. Bol No. 15-16, cap. VI, Enero/1998. p.22-6.
- Henry, W. (1803). Referenciado por: Morcillo, Jesús (1989). *Temas básicos de Química* (2ª edición). Alhambra Universidad. p. 172.
- Hiperox Canarias. (2016). Qué enfermedades se pueden tratar con Cámara Hiperbárica. Disponible en: <http://www.hiperoxlanzarote.com/> Website by Novagestion Consulters.
- Hunt, T. K. (2014). Fundamentos de la oxigenación hiperbárica en tratamientos del pie diabético basado en evidencias. En:www.medigraphic.com/pdfs/medintmex/mim-2010/mim104i.pdf.
- Lipsky BA, et al. Infectious Diseases Society of America. Diagnosis and Treatment of diabetic foot infections. *Clin Inf Dis* 2004;39(7):885-910.
- Luna, Rodríguez. C. (2010). *Fundamento científico de la oxigenoterapia hiperbárica en el tratamiento del pie diabético infectado grave en medicina basada en evidencias*. *Med Int Mex* 2010;26(4):374-382. En: www.nietoeditores.com.mx
- Machín V, Turnes J, Menéndez S, Hernández A. Ozonoterapia y laserpuntura en el tratamiento de la sordera súbita. *Rev Cubana Cir*. 2004;43(3-4).
- Posadas, J. G., Ugarte, A. Domínguez, Cherit, G. (2006). El transporte y la utilización tisular de oxígeno de la atmósfera a la mitocondria. *Medigraf-Artemisa. Revista Neurología y cirugía del torax*. Vol. 65(2):60-67, 8 pp.
- Rivadeneira, J. E. & Doria de la Terga. E. (2018). Reportes clínicos de casos de quemadura por láser. Unidad hiperbárica de investigación “Miguel Naranjo Torres”. UTN.
- Tunér J, Christensen PhD. Low-level laser new possibilities in dentistry. *Dental Products Report Europe*. 2000 Nov-Dec:12-4.
- Valiente C, Garrigó M. Laserterapia y laser puntura para estomatología. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2007, p.11-21.
- Véliz M. Treatment of relapse en herpes simplex on labial & facial. *Revista Spie*. 1994;26:30-43.)

Anexos (fotos)

Antes del tratamiento con HBO:



Después del tratamiento con HBO:

