





Terapia de Oxigenación Hiperbárica: Método multipropósito eficaz


Hyperbaric Oxygen Therapy: An Effective Multipurpose Method

Kowalsky Aaron Tobar Escudero ^{1*} 

Ines María Pluas Mejía ² 

Consuelo Isamar Gaibor Barahona ³ 

Dagmar Andrea Espin Guerrero ⁴ 

Wendy Cristina Chico Yépez ⁴ 

¹ Centro de Salud de Salud tipo A Progreso. Ecuador.

² Hospital General del IESS. Babahoyo. Ecuador.

³ Centro Médico Medilink. Babahoyo. Ecuador.

⁴ Hospital General del IESS. Babahoyo. Ecuador.

* Autor de la correspondencia. Correo electrónico: tobarescuk@gmail.com

Recibido: 25/01/2022.

Aprobado: 09/06/2022.

Resumen

La Terapia de Oxigenación Hiperbárica es una modalidad de tratamiento que genera una serie de cambios favorables en el organismo. Varias especialidades médicas aprovechan sus ventajas con la finalidad de estabilizar o recuperar a pacientes de enfermedades con bases isquémicas, que requieren esta modalidad terapéutica como tratamiento primario o adyuvante. Sus beneficios son el resultado de la variación de presión y acción directa del oxígeno sobre la sangre, células y tejidos. La misma requiere de recursos que no siempre están disponibles, aunque los beneficios que aporta en cuanto a la recuperación de los pacientes a mediano y largo plazo hacen que este tipo de tratamiento sea económicamente sostenible. Para el desarrollo de esta revisión se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica en las bases de datos y metabuscadores: Google Académico, ScienceDirect, Cochrane Plus, Scielo e Infomed. Este trabajo tiene como objetivo difundir los beneficios terapéuticos de la Oxigenación Hiperbárica sobre la base de su fundamento científico y mecanismo de acción.

Abstract

Hyperbaric Oxygen Therapy is a treatment modality that generates a series of favorable changes in the human body. Several medical specialties take advantage of its benefits in order to stabilize or recover patients with ischemic based diseases, which require this therapeutic modality as a primary or adjuvant treatment. Its benefits are the result of the pressure variation and direct action of oxygen on blood, cells and tissues. It requires resources that are not always available, although the benefits it brings in terms of patient medium and long term recovery make this type of treatment economically sustainable. For the development of this review, a bibliographic search was carried out in the following databases and meta search engines: Google Scholar, ScienceDirect, Cochrane Plus, Scielo and Infomed. The aim of this work is to disseminate the therapeutic benefits of Hyperbaric Oxygenation based on its scientific basis and mechanism of action.

Keywords: Hyperbaric oxygenation, wound healing, wound infection, neurological rehabilitation, coronavirus infections

Palabras claves: Oxigenación hiperbárica, cicatrización de heridas, infección de heridas, rehabilitación neurológica, infecciones por coronavirus

Introducción

La Oxigenación Hiperbárica (OHB) es una modalidad de tratamiento que se realiza en cámaras que garantizan un ambiente presurizado a por lo menos 1.4 atmósferas absolutas (ATA) en el que se respira oxígeno al 100%. Tiene su fundamento principal en leyes físicas de los gases: Ley de Henry, Ley de Boyle y Ley de Dalton, las cuales permiten comprender que el aumento de la presión en un entorno controlado con hiper oxigenación promueve la cicatrización, aumenta la capacidad bactericida del neutrófilo y reduce el edema por la vasoconstricción de la arteriola. Las complicaciones y los efectos adversos han sido poco reportados en la literatura científica.⁽¹⁾ La hiperoxia y especies reactivas del oxígeno generan una serie de cambios favorables en el organismo que son aprovechados por varias especialidades médicas con la finalidad de estabilizar o recuperar al paciente. Los resultados que se obtienen en la cicatrización de heridas, enfermedades inflamatorias, afecciones pulmonares y neurológicas se han alcanzado mediante el desarrollo de cámaras seguras y con profesionales capacitados.⁽²⁾

Por sus beneficios, la OHB es considerada una terapéutica que mejora la calidad de vida del paciente, acelera el proceso de recuperación tras una infección y disminuye los días de hospitalización. Este método resulta económicamente sustentable debido a que sus beneficios justifican los gastos que genera.⁽³⁾

El trabajo que se presenta tiene como objetivo difundir los beneficios terapéuticos de la Oxigenación Hiperbárica sobre la base de su fundamento científico y mecanismo de acción.

Método

Para el desarrollo de esta revisión se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica a través de los descriptores en ciencia de la salud seleccionados (DeCS/MeSH). Las bases de datos y metabuscadores consultados fueron: Google Académico, ScienceDirect, Cochrane Plus, Scielo e Infomed. Durante la búsqueda, los artículos escogidos fueron publicados en el periodo

comprendido entre el año 2010 y el 2022. No obstante, cinco de los artículos pertenecen a un periodo anterior y no fueron desestimados por considerarse relevantes para la revisión.

Se tuvieron en cuenta como criterios de inclusión los trabajos que abordan el tratamiento con oxigenación hiperbárica, sus beneficios, indicaciones y contraindicaciones. Se incluyeron artículos originales, revisiones bibliográficas y libros que incluyen la temática referida. Se excluyeron los artículos con resultados poco significativos, así como aquellos cuyo idioma no fuese el inglés o el español.

Definición:

La OHB es una modalidad terapéutica en la cual los pacientes reciben en el interior de una cámara hiperbárica presurizada presiones superiores a la que se genera a nivel del mar —1 atmósfera absoluta (ATA)—, y respiran oxígeno al 100% de manera intermitente. Las presiones iguales o superiores a 1.4 ATM son aplicadas con fines clínicos. Sin embargo, la Sociedad de Medicina Hiperbárica y Subacuática (UHMS) excluye la aplicación de modalidades similares de este tratamiento en partes aisladas del cuerpo.^(1,2,4)

Generalidades

La presión barométrica, por encima del nivel del mar, se mide usualmente en milímetros de mercurio (mm Hg); también en «atmósferas» (atm), Torricellis (Torr), libras por pulgada cuadrada, pulgadas de mercurio, entre otras. En medicina hiperbárica, el modo más utilizado para expresar la presión es en atmósferas absolutas (ATA).⁽¹⁾

La composición del aire que respiramos está usualmente constituida por un 78% de Nitrógeno, 21% de Oxígeno y el resto por otros gases. La Ley de Dalton describe que la suma de las presiones parciales de estos gases es igual a la presión total ejercida por ellos. Esto permite que, al cambiar el aire ambiental por oxígeno al 100% en una cámara hiperbárica, se produce mayor intercambio hemato-alveolar.^(1,4,5,6) Por su parte, la ley de Fick,⁽⁵⁾ describe el aumento de la difusión del gas a través de la membrana alveolar engrosada.

La Ley de Henry establece que un gas pasa al estado líquido si la presión ambiental aumenta y que el gas disuelto en el plasma tenderá a formar burbujas al recobrar su estado gaseoso normal si la presión disminuye. Estas variaciones pueden ser favorecidas por cambios de

temperaturas y coeficientes de solubilidad. Dicha ley nos ayuda a comprender la fisiopatología de la Enfermedad por Descompresión de los buceadores.^(1,2,7)

Por otro lado, la Ley de Boyle plantea que, mientras la temperatura es constante, el volumen de un gas contenido en un recipiente es inversamente proporcional a la presión. Esto permite entender lo que sucede en las cavidades del organismo al existir un aumento de las presiones. Una aplicación práctica de dicha ley es el tratamiento de la embolia arterial de gas, ya que al aumentar la presión del ambiente disminuye el volumen de esta en el torrente circulatorio.⁽¹⁾

Mecanismo fisiológico básico del transporte de oxígeno

La combinación de un ambiente presurizado y rico en oxígeno condiciona dos tipos de efectos volumétricos: el originado por el aumento de la presión ambiental y el efecto provocado por el aumento de la presión parcial de O₂. Respirar este gas vital al 100% en una cámara hiperbárica provoca una elevación de la presión arterial, venosa y tisular del mismo, motivo fundamental para los beneficios terapéuticos que condiciona.⁽⁸⁾

El oxígeno es transportado en la sangre por dos mecanismos: mediante la hemoglobina (Hb) — transporte químico— y disuelto en el plasma. En el primero se considera que 1 g de Hb se une con 1,39 ml de oxígeno, por lo que un nivel de Hb en sangre de 15 g/dL resultaría en una saturación de oxígeno proporcional al 97%.^(1,7) En el segundo, el O₂ disuelto en el plasma (3% equivalente a 0.3 ml) puede acceder a las células por capilaridad, transferido a favor de gradiente por difusión simple.⁽⁸⁾

Efectos terapéuticos la OHB en el organismo

Los tejidos corporales en reposo y con una perfusión normal extraen aproximadamente entre 5 y 6 ml de oxígeno por 100 ml de sangre. El aumento de la presión en un medio hiperoxigenado a 1.45 ATA eleva la concentración de O₂ en plasma sin afectar su transporte en la Hb. El incremento considerable de este gas disuelto en el plasma y el radio de penetración del O₂ desde los capilares a los tejidos favorece el suministro a través de la difusión y penetración a todas las células y tejidos isquémicos.^(1,2)

Otra de las ventajas que ofrece la terapia con OHB es que permite modular la respuesta inflamatoria y los niveles de citoquinas.^(5,9) Wu et al mostraron que el tratamiento suprime la activación de microglía/macrófagos después de una lesión por quemadura y promueve la regeneración de las heridas.⁽⁹⁾ Esta variante terapéutica tiene un efecto antitrombótico,

antioxidante y disminuye los receptores Toll like (TLR), el factor de necrosis tumoral alfa (TNF alfa), las interleuquinas 1 (IL-1),6 (IL-6) y aumenta la interleuquina 10 (IL-10).^(6,10) La actividad de enzimas antioxidantes se incrementa incluyendo la primera línea de defensa como el superóxido dismutasa y catalasa.⁽¹¹⁾

Los síndromes de isquemia reperusión logran ser prevenidos con la OHB, debido al estímulo de la síntesis de óxido nítrico, desencadenando la formación de antioxidantes que contrarrestan el estrés oxidativo.⁽³⁾ Los tejidos hipóxicos carecen de capacidad de cicatrización y se favorecen con este procedimiento debido al estímulo de la angiogénesis y a la formación de tejido de granulación.⁽¹²⁾ En el tejido óseo, la OHB estimula al osteoclasto y osteoblasto, promueve la neovascularización y potencializa el efecto de algunos aminoglucósidos.⁽¹⁾

La hiperoxigenación en una cámara presurizada colabora con la ruptura del ciclo de hipoxia–infección–necrosis–hipoxia debido a la activación del mecanismo dependiente de oxígeno de la leucodiapédesis de los granulocitos polinucleares.⁽¹³⁾ Además, contribuye con la epitelización de forma permanente e interfiere en el mecanismo de formación de la lesión radioinducida.⁽³⁾ Por otro lado, el estado de hiperoxia mejora la funcionalidad mitocondrial y estimula la mitofagia de las mitocondrias dañadas.⁽¹⁴⁾

La vasoconstricción periférica compensatoria es un mecanismo de defensa de los tejidos sanos ante la presencia de un estado de hiperoxia marcada. En los tejidos hipóxicos, este fenómeno no ocurre, por lo que el flujo sanguíneo es mayor en esta área. A este mecanismo se le suele denominar «Efecto Robin Hood».⁽⁸⁾

La fagocitosis de los neutrófilos es oxígeno dependiente, por lo que la OHB potencializa el tratamiento de las infecciones crónicas por gérmenes como el *Staphylococcus aureus* y *Pseudomona aeruginosa*. Su acción sobre los gérmenes anaerobios no esporulados es bacteriostática y frente a bacterias anaerobias esporuladas tiene un efecto bactericida.⁽⁸⁾

Efectos tóxicos

La interacción entre radicales libres de O₂ y componentes celulares son las causas atribuibles de toxicidad.⁽¹⁾ De acuerdo con las terapias farmacológicas, la OHB debe superar el umbral mínimo necesario para cumplir las funciones vitales de las células aerobias, sin superar el techo

de concentración para evitar los efectos tóxicos relacionados con una producción excesiva de especies reactivas del O₂ (ERO).⁽²⁾

Las principales manifestaciones de toxicidad por O₂ se presentan a nivel del sistema nervioso central y respiratorio. La aparición de convulsiones se vincula con presiones mayores a 3 ATA, a esta manifestación se le denomina «efecto Bert».⁽¹⁾ Otros síntomas asociados pueden ser las palpitaciones, alucinaciones, tinnitus, sudoración y palidez facial. Las manifestaciones respiratorias descritas son: sensación quemante retroesternal, opresión en el pecho, tos y disnea.⁽¹⁾ Los tratamientos actuales de OHB se realizan con presiones y tiempos que evitan estas complicaciones. La administración intermitente del O₂, retarda la aparición de estas.⁽¹⁾

Generalidades de las cámaras Hiperbáricas

Las cámaras hiperbáricas son receptáculos condicionados para soportar presiones mayores a la atmosférica. Sus modalidades son las monoplasas y las multiplasas. En estas se pueden tratar pacientes críticos que requieren apoyo ventilatorio y soluciones que se administran por medio de bombas de infusión especialmente diseñadas para estos fines. Estas cámaras permiten monitorizar los signos vitales del paciente. Una de las características que diferencia a las multiplasas, además de la cantidad de pacientes que permite tratar por sesión, es que la presurización se realiza con aire y se respira el oxígeno mediante una mascarilla, escafandra o tubo endotraqueal, en dependencia de la condición del paciente.^(1,8)

Indicaciones de tratamiento con OHB

En la actualidad la terapia de OHB tiene más de 100 indicaciones entre las que se consideran absolutas las que cursan con hipoxemias, un ejemplo puede ser las complicaciones respiratorias asociadas al mal de altura ocasionada por hipoxia hipobárica.^(2,6)

Esta modalidad de tratamiento constituye la terapia de elección en afecciones tales como la enfermedad por descompresión, el embolismo gaseoso, la intoxicación aguda por monóxido de carbono, el síndrome de hiperpresión intratorácica (SHI), así como la mionecrosis clostridial y la necrosis de tejidos blandos. También se indica de manera alternativa en afecciones en las que tiene un efecto beneficioso de modo complementario: la osteomielitis crónica refractaria, los retardos en la cicatrización, el síndrome compartimental y lesiones radioinducidas crónicas, entre otras.⁽³⁾

A continuación, se describen con más detalles algunas de las indicaciones de esta modalidad terapéutica:

Intoxicación con monóxido de carbono

La OHB resulta una importante terapia adyuvante en el manejo de la lesión respiratoria secundaria a la inhalación de humo, especialmente cuando dicha lesión es complicada por la inhalación de tóxicos químicos tales como CO y cianhídricos. La poca accesibilidad de esta modalidad de tratamiento da paso a la utilización del oxígeno al 100% normobárico para tratar estas intoxicaciones, a pesar de que está demostrado que este método no es efectivo para disminuir las secuelas neurológicas a largo plazo.⁽²⁾

La administración de oxígeno hiperbárico acelera la eliminación de la carboxihemoglobina acortando cinco veces el tiempo en comparación con la administración de oxígeno al 100% a presión atmosférica.⁽¹⁵⁾

COVID-19

La hipoxia sistémica y la hipoxemia son algunos de los efectos letales de la enfermedad por coronavirus, los que ocasionan en los pacientes deterioro de la ventilación-perfusión e inflamación alveolar y disminuyen la probabilidad de supervivencia.^(6,16) La saturación capilar periférica de oxígeno (SpO₂) menor a 90% suele estar asociada a una elevada probabilidad de complicaciones y muerte.⁽¹⁷⁾ Jordá et al sugieren en su estudio que el suplemento adicional con oxígeno que garantiza la terapéutica con OHB favorece a la mejoría de la SpO₂ en enfermos con hipoxemia severa.⁽⁶⁾ Estos beneficios pueden estar asociados a los efectos antioxidante, antifibrinolítico y antiinflamatorio, entre otros, que proporcionan esta modalidad terapéutica.^(18,19)

Varias series de casos reportan la supervivencia de pacientes que han padecido de la enfermedad de COVID-19 y su asociación con el tratamiento de hiperoxigenación hiperbárica, el cual ha logrado reducir los marcadores inflamatorios, mejorar la taquipnea e incluso evitar la ventilación mecánica ^(6,20,21); todo ello con una modalidad de terapia segura y con escasos efectos adversos.⁽⁶⁾

Embolia Gaseosa

El término embolia gaseosa está relacionado con la existencia de burbujas de aire o de gas en la circulación. Los grandes volúmenes de gas superiores a 3 ml/kg pueden causar muerte súbita

por obstrucción de la arteria pulmonar, mientras que volúmenes menores son causas de hipoxemia, arritmias e hipotensión.⁽¹⁷⁾ La OHB disminuye el volumen de la concentración de nitrógeno y favorece la oxigenación tisular en los territorios isquémicos.⁽¹⁷⁾

Gangrena Gaseosa

El efecto beneficioso de la OHB en el tratamiento de la mionecrosis clostridial tiene su base principal en el aumento de los potenciales de oxidación reducción que inhibe la producción de toxinas y en su acción bactericida sobre gérmenes anaerobios esporulados como las del género *Clostridium*.⁽⁸⁾ La aplicación de esta terapia tendrá resultados beneficiosos siempre y cuando esté asociada al uso de antibióticos y al tratamiento quirúrgico. Es aconsejable su empleo precoz siempre que las condiciones del paciente lo permitan, ya que ayuda a discriminar el tejido sano del comprometido y disminuye la producción de toxina con la mejora del estado hemodinámico del enfermo.⁽⁸⁾

Infecciones del sitio quirúrgico

Las infecciones del sitio quirúrgico son una complicación postoperatoria en la cual la OHB contribuye con la terapia convencional, aumentando la actividad bactericida de antibióticos y disminuyendo las probabilidades de resistencia antimicrobiana. Se ha demostrado que esta modalidad terapéutica favorece la recuperación de los pacientes en mediastinitis y osteomielitis.^(2,18)

Heridas crónicas

El denominador común en heridas que evolucionan a la cronicidad es la hipoxia tisular, por lo que el éxito de la cicatrización guarda relación con una adecuada oxigenación del tejido en la zona lesionada. Las heridas crónicas suelen estar asociadas a una serie de enfermedades, razón por la cual es común denominar estas heridas por su etiología más probable.⁽¹⁹⁾

Pie diabético

El desarrollo de úlceras en los pies en pacientes diabéticos suele estar relacionado con una enfermedad vascular periférica asociada o no a neuropatía. El cuidado de estas heridas crónicas puede resultar costoso y prolongado y con una tasa elevada de recaída en cinco años; la amputación puede terminar siendo el tratamiento definitivo.⁽¹⁹⁾

La OHB está indicada en heridas de pie diabético que cumplen con la clasificación Wagner grado 3 o superior, con características de la úlcera que penetra el tendón, hueso o articulación, con presencia de absceso o gangrena y sin signos mensurables de curación. Este tratamiento beneficia la calidad de vida de los pacientes, disminuye el número de ingresos hospitalarios y evita la amputación.⁽²⁾

Úlceras arteriales

Son heridas que se desarrollan en presencia de una insuficiencia arterial. Aparecen como resultado de un deterioro de la perfusión en las extremidades inferiores y se consideran un signo clínico de la arteriosclerosis. La aparición de estas úlceras arteriales se asocia con una fase avanzada de la enfermedad vascular. Las medidas terapéuticas convencionales tienen como objetivo promover la cicatrización a través de una cirugía de bypass. La asociación con OHB ha demostrado resultados favorables en la evolución de este grupo de pacientes.⁽¹⁹⁾

Úlceras por presión

Conocidas también como úlceras de decúbito, pueden presentarse en diferentes regiones del cuerpo y en varios grados, con compromiso de diferentes tejidos. Su etiología radica fundamentalmente en la presión o la fricción mantenida, siendo los sitios corporales más frecuentes los lugares con prominencias óseas. Son factores de riesgo el aumento de la edad, la reducción de la movilidad y la malnutrición. El tratamiento con OHB permite una recuperación progresiva en los pacientes que sufren de esta afección.⁽¹⁹⁾

Enfermedad de Crohn

La presencia de afección perianal conomita usualmente con la Enfermedad de Crohn. Se le atribuye a la isquemia local y a la infección por gérmenes anaeróbicos el que no siempre se logre el objetivo deseado con los tratamientos farmacológicos.⁽⁸⁾ La modalidad terapéutica de OHB, al hiperoxigenar las zonas hipóxicas de la región perianal, favorece la curación y la cicatrización.⁽²⁰⁾ La combinación de diferentes modalidades de tratamiento con la OHB durante 90 min en cámara hiperbárica a 2,5 ATM ha beneficiado a pacientes con fístulas perianales en cuanto a su remisión en esta afección.^(21,22)

Enfermedades reumáticas

El tratamiento de enfermedades con base inflamatoria que afectan al sistema osteomioarticular se favorece con la aplicación de la OHB. Yildiz et al. describieron resultados prometedores en cuanto al alivio del dolor en estos pacientes.⁽²³⁾ En general los enfermos que padecen de neuralgias, síndromes de dolor regional, cefaleas, fatiga e insomnio describen mejoría de los síntomas con la aplicación de esta modalidad terapéutica.^(2,23) Por su parte, Efrati et al., indican que la perfusión cerebral puede ser inadecuada en pacientes que sufren de fatiga crónica, Lupus eritematoso sistémico y fibromialgia.⁽²⁴⁾

La artritis reumatoide es una enfermedad incapacitante, caracterizada por el deterioro en la calidad de vida de los pacientes, siendo el dolor el síntoma más frecuente. La hiperoxigenación en una cámara hiperbárica propicia el alivio de los síntomas y logra disminuir la inflamación articular modificando la respuesta inmune.^(2,25) Por otra parte, la inhibición que ocasiona este tratamiento en la acción de citoquinas proinflamatorias mejora el componente inflamatorio y, por ende, la disfunción cognitiva.^(2,25)

Afecciones del sistema nervioso central

En el encéfalo, la OHB ocasiona vasoconstricción, por lo que la presión intracraneal disminuye, lo cual resulta beneficioso para el tratamiento de la migraña, ya que previene la cefalea y alivia significativamente los síntomas en las crisis agudas.^(2,26)

Efrati et al describen los beneficios que ofrece la oxigenación hiperbárica en el tratamiento de los accidentes cerebrovasculares y las lesiones cerebrales secundarias a traumatismos, pues reduce el edema cerebral y favorece la reparación de axones y la integridad de la barrera hematoencefálica. Este resultado tiene su origen en la neuroprotección cerebral resultante de los efectos antiinflamatorios y la preservación de la integridad mitocondrial a nivel de la corteza cerebral, entre otros.⁽²⁷⁾ La rehabilitación neurológica de este grupo de pacientes se logra por la neuroplasticidad resultante de la neurogénesis, neuroprotección y angiogénesis. Se logra atenuar los déficits motores, prevenir trastornos circulatorios cerebrales y la regresión de lesiones ateroscleróticas al promover las defensas antioxidantes.⁽²⁸⁾

Por otro lado, la reversión de la hipoperfusión y la hipoxia cerebral que se logra en pacientes con autismo y neonatos con encefalopatía isquémica que reciben oxigenación hiperbárica tiene su manifestación final en beneficios en la función motora, neuropsicológica, cognitiva y comunicativa a largo plazo.^(2,29,30)

Enfermedades oncológicas

Los beneficios que ofrece la OHB en pacientes oncológicos están relacionados con los tratamientos de radioterapia (RT) y quimioterapia, los cuales se potencializan al mejorar su efecto sobre los tejidos hipóxicos, disminuyen la resistencia y aumentan la sensibilidad celular de los tumores.^(2,31) La evolución favorable depende en gran medida de las características del proceso tumoral como pueden ser el tipo histológico, la hipoxia, lugar de implantación, grado de vascularización y crecimiento tumoral.⁽³²⁾ Los tumores de cabeza y cuello se caracterizan por ser hipóxicos, por lo que se recomienda la oxigenación hiperbárica teniendo en cuenta los resultados alcanzados.^(2,32)

La RT puede ocasionar lesiones a los tejidos como necrosis de tejido óseo, tejidos blandos, intestino, vejiga entre otros.⁽²⁾ Estos efectos no deseados pueden detectarse en meses posteriores al tratamiento. Se ha comprobado que estas radio lesiones presentan mejoría con la aplicación de la OHB y esto se le atribuye a la inducción de la angiogénesis y a la reducción de la fibrosis.⁽³³⁾

Quemaduras

El estudio realizado por Wu et al demostró la eficacia de la OHB en la recuperación de lesiones por quemaduras y neuroinflamación, mejorando además el dolor neuropático.⁽⁹⁾ La reducción en el número de intervenciones y la disminución de la tasa de infecciones son otros de los resultados favorables registrados.⁽³⁴⁾

Efectos adversos de la OHB

Han sido reportados escasos eventos de pacientes que han sufrido efectos adversos ocasionados por los cambios de presión y los efectos tóxicos del oxígeno.^(1,3,8) Dolor de oído, molestias en senos paranasales, incremento transitorio del déficit visual son los síntomas que usualmente se describen. Las convulsiones han sido reportadas y asociadas a irritación cortical secundaria a la hiperoxia.⁽³⁾ La vasodilatación periférica que condiciona la OHB puede ser la causa de edema en algunos pacientes.⁽¹⁾ Estos efectos indeseados son infrecuentes y se asocian con un tiempo del tratamiento mayor al requerido o a presiones más altas a la habitual.⁽⁸⁾

Contraindicaciones

Las contraindicaciones se organizan en absolutas y relativas. Ejemplo de las primeras son la presencia de neumotórax no tratado o bullas pulmonares.⁽²⁾ Entre las segundas pueden mencionarse los pacientes que sufren claustrofobia en los que el tratamiento debe incluir sedación.⁽¹⁾ Otros ejemplos son los pacientes con perforación timpánica, marcapasos con tecnología antigua, episodios convulsivos, enfermedades de la vía aérea superior y toracotomías.^(1,3) Algunos tratamientos médicos deberán ser interrumpidos como en el caso de los pacientes que se medican con Doxorubicina, Disulfiram, Cisplatino y/o acetato de mafenida.^(1,2)

Costos–beneficios

La modalidad de tratamiento en cámara hiperbárica requiere de recursos que no siempre están disponibles y pueden ser inaccesibles para diferentes instituciones de salud por los elevados costos para su adquisición. Múltiples estudios han demostrado que los beneficios al utilizar la OHB superan los gastos, lográndose incluso la rentabilidad como lo muestra el caso del análisis realizado por Harrison et al sobre la aplicación de esta modalidad terapéutica en el tratamiento de pacientes con úlceras de pie diabético en el sistema de salud canadiense.⁽³⁵⁾ Las probabilidades de amputaciones disminuyen considerablemente en esta afección, el tiempo de recuperación es menor y, por ende, todos los gastos asociados a este tratamiento.⁽³⁶⁾ Los centros que disponen de servicios de oxigenación hiperbárica, reducen en más de un 20% la mortalidad asociada a infecciones necrotizantes como la gangrena gaseosa, fascitis necrotizantes y gangrena de Fournier.⁽³⁷⁾

Conclusiones

La oxigenación hiperbárica beneficia a pacientes que presentan enfermedades con bases isquémicas y requieren esta modalidad terapéutica como tratamiento primario o adyuvante. El procedimiento requiere de recursos que no siempre están disponibles y pueden ser un tanto inaccesibles para diferentes instituciones de salud por los elevados costos. Sin embargo, los altos beneficios que aporta en cuanto a la recuperación de los pacientes a mediano y largo plazo hacen que este tipo de tratamiento sea económicamente sostenible.

Referencias Bibliográficas

1. Gottlieb J, Capetian P, Hamsen U, Janssens U, Karagiannidis C, Kluge S, et al. German S3 Guideline: Oxygen Therapy in the Acute Care of Adult Patients. *Respiration*. 2022[citado 13/08/2022];101(2):214-252. Disponible en:
<https://www.karger.com/Article/PDF/520294>
2. Cannellotto M, Romero Feris D, Mercedes Pascuccio MM, Jordá Vargas L. Aplicaciones médicas de las cámaras de oxigenación hiperbárica de nueva generación. *AMA* 2018 [citado 17/08/2022];131(4):12-20. Disponible en:
https://www.ama-med.org.ar/uploads_archivos/1497/Rev-4-2018-Pag-12-20-Cannellotto.pdf
3. Leung JK, Lam RP. Hyperbaric oxygen therapy: its use in medical emergencies and its development in Hong Kong. *Hong Kong Med J*. 2018 [citado 15/08/2022];24(2):191-9. Disponible en:
<https://www.hkmj.org/abstracts/v24n2/191.htm>
4. Endoh M, Oizumi H, Kato H, Suzuki J, Watarai H, Hamada A, et al. Hyperbaric oxygen therapy for postoperative ischemic bronchitis after resection of lung cancer. *J Thorac Dis*.2018 [citado 19/08/2022];10(11):6176-6183. Disponible en:
<https://jtd.amegroups.com/article/viewFile/24912/pdf>
5. Kirby JP. Hyperbaric Oxygen Therapy as an Elective Treatment. *Mo Med*. 2019 [citado 02/09/2022];116(3):184-187. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6690302/>
6. Jordá Vargas L. Eficacia y seguridad de la terapia de oxigenación hiperbárica en hipoxemia severa por COVID 19: ensayo clínico controlado aleatorizado multicéntrico [Tesis]. [Buenos Aires,Argentina]: Instituto Universitario Hospital Italiano;2021. 66p. Disponible en:
<https://trovare.hospitalitaliano.org.ar/greenstone/collect/tesisytr/index/assoc/D1588.dir/tesis-jorda-vargas-liliana.pdf>

7. Mitchell SJ. Diving and hyperbaric medicine in the SARS-CoV-2 pandemic. *Diving Hyperb Med.* 2020 [citado 10/09/2022];50(2):90-91. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7481120/pdf/DHMJ-50-90.pdf>

8. Rubio Silveira N, García Paneca K, Echevarría del Risco C, Pacheco Téllez F. Utilidad de la oxigenación hiperbárica en cirugía general. *AMC.* 2004[citado 24/08/2022];8(6):134-143.

Disponible en:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552004000600014&lng=es&nrm=iso&tlng=es

9. Wu ZS, Lo JJ, Wu SH, Wang CZ, Chen RF, Lee SS, et al. 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 [citado 11/09/2022];19(8):2195.

Disponible en: <https://www.mdpi.com/1422-0067/19/8/2195>

10. Liu YF, Ni PW, Huang Y, Xie T. Therapeutic strategies for chronic wound infection. *Chin J Traumatol.* 2022 [citado 02/09/2022];25(1):11-16. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1008127521001152?via%3Dihub>

11. Godman CA, Joshi R, Giardina C, Perdrizet G, Hightower LE. Hyperbaric oxygen treatment induces antioxidant gene expression. *Ann N Y Acad Sci.* 2010[citado 02/09/2022];1197(1):178-183. Disponible en:

<https://nyaspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1749-6632.2009.05393.x>

12. Boughanmi F, Ennaceur F, Korbi I, Chaka A, Noomen F, Zouari K. Fournier's gangrene: its management remains a challenge. *Pan Afr Med J.* 2021 [citado 02/09/2022];38:23. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7955597/>

13. Daly S, Thorpe M, Rockswold S, Hubbard M, Bergman T, Samadani U, et al. Hyperbaric Oxygen Therapy in the Treatment of Acute Severe Traumatic Brain Injury: A Systematic Review. *J Neurotrauma.* 2018 [citado 03/09/2022];35(4):623-629. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6909681/>

14. Tezgin D, Giardina C, Perdrizet GA, Hightower LE. The effect of hyperbaric oxygen on mitochondrial and glycolytic energy metabolism: the caloristasis concept. *Cell Stress Chaperones*. 2020[citado 02/09/2022];25(4):667-677. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7332662/>

15. Lin CH, Su WH, Chen YC, Feng PH, Shen WC, Ong JR, et al. Treatment with normobaric or hyperbaric oxygen and its effect on neuropsychometric dysfunction after carbon monoxide poisoning: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Medicina*. 2018 [citado 02/09/2022];97(39). Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6181555/>

16. Chen N, Zhou M, Dong X, Qu J, Gong F, Han Y, et al. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *Lancet*. 2020 [citado 07/09/2022];395(10223):507-513. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673620302117>

17. Xie J, Covassin N, Fan Z, Singh P, Gao W, Li G, et al. Association Between Hypoxemia and Mortality in Patients With COVID-19. *Mayo Clin Proc*. 2020 [citado 05/09/2022];95(6):1138-1147. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7151468/>

18. De Wolde SD, Hulskes RH, Weenink RP, Hollmann MW, Van Hulst RA. The Effects of Hyperbaric Oxygenation on Oxidative Stress, Inflammation and Angiogenesis. *Biomolecules*. 2021 [citado 07/07/2022];11(8):1210. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8394403/pdf/biomolecules-11-01210.pdf>

19. Callejón Peláez EG, Baragaño Ordóñez ME, Martínez Izquierdo A, Viqueira Caamaño A, Pujante Escudero A, Callejón Peláez E. Experiencia del Servicio de Medicina Hiperbárica en el tratamiento con oxigenoterapia hiperbárica de pacientes COVID-19. *Sanid Mil*. 2020 [citado 28/08/2022];76(2):57-63. Disponible en:

https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1887-85712020000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=en

20. Thibodeaux K, Speyrer M, Raza A, Yaakov R, Serena TE. Hyperbaric oxygen therapy in preventing mechanical ventilation in COVID-19 patients: a retrospective case series. *J Wound Care*. 2020[citado 07/09/2022];29(Sup5a):4-8. Disponible en:

<https://www.magonlinelibrary.com/doi/abs/10.12968/jowc.2020.29.Sup5a.S4#>

21. Dayya D, O'Neill OJ, Feiertag TD, Tuazon Boer R, Sullivan J, Perez L, et al. The use of oxygen hoods in patients failing on conventional high-flow oxygen delivery systems, the effects on oxygenation, mechanical ventilation and mortality rates in hypoxic patients with COVID-19. A Prospective Controlled Cohort Study. *Respir Med*. 2021 [citado 07/09/2022];179:106312. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0954611121000184>

22. Morán E, Simón CM, Tejerizo García A, de la Torriente CB, Belmonte S, Cubo A, et al. Embolias gaseosas y terapia por oxigenación Hiperbárica durante la gestación. *Clin Invest Ginecol Obstet*. 2003 [citado 03/09/2022];30(9):307-314. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0210573X03772785>

23. Litwinowicz R, Bryndza M, Chrapusta A, Kobielska E, Kapelak B, Grudzień G. Hyperbaric oxygen therapy as additional treatment in deep sternal wound infections – a single center's experience. *Kardiochir Torakochirurgia Pol*.2016 [citado 03/09/2022];13(3):198-202. Disponible en: <https://www.termedia.pl/Hyperbaric-oxygen-therapy-as-additional-treatment-in-deep-sternal-wound-infections-a-single-center-s-experience,40,28407,1,1.html>

24. Kranke P, Bennett MH, Martyn-St James M, Schnabel A, Debus SE, Weibel S. Hyperbaric oxygen therapy for chronic wounds. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2015 [citado 24/08/2022];2015(6). Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7055586/>

25. García García de Paredes A, Ferre Aracil C, Rodríguez de Santiago E, Aguilera Castro L, López-San Román A. Un enfoque práctico para el manejo de la enfermedad perianal de Crohn compleja. *Enfer Inflat Intest Día*.2017 [citado 04/09/2022];16(1):37-43. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1696780116300689>

26. Boscá MM, Alós R, Maroto N, Gisbert JP, Beltrán B, Chaparro M, et al. Recomendaciones del Grupo Español de Trabajo de Enfermedad de Crohn y Colitis Ulcerosa (GETECCU) para el tratamiento de las fístulas perianales de la enfermedad de Crohn. *Gastroenterol Hepatol*. 2020 [citado 04/09/2022];43(3):155-168. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0210570519302596#bib1075>

27. Fahad H, Dulai PS, Shen B, Kochhar GS. Hyperbaric Oxygen Therapy Is Effective in the Treatment of Inflammatory and Fistulizing Pouch Complications. *Clin Gastroenterol Hepatol*. 2021 [citado 04/09/2022];19(6):1288-1291. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1542356520308405>

28. Yildiz S, Uzun G, Kiralp MZ. Hyperbaric oxygen therapy in chronic pain management. *Curr Pain Headache Rep*. 2006 [citado 06/09/2022];10(2):95-100. Disponible en:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11916-006-0019-x>

29. Efrati S, Golan H, Bechor Y, Faran Y, Daphna-Tekoah S, Sekler G, et al. Hyperbaric oxygen therapy can diminish fibromyalgia syndrome--prospective clinical trial. *PLoS One*. 2015 [citado 06/09/2022];10(5). Disponible en:

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0127012>

30. Barilaro G, Francesco Masala I, Parracchini R, Iesu C, Caddia G, Sarzi-Puttini P, et al. The Role of Hyperbaric Oxygen Therapy in Orthopedics and Rheumatological Diseases. *Isr Med Assoc J*. 2017 [citado 06/09/2022];19(7):429-434. Disponible en:

<https://air.unimi.it/handle/2434/640502?mode=complete>

31. Bennett M, Feldmeier J, Smee R, Milross C. Hyperbaric oxygenation for tumour sensitisation to radiotherapy: A systematic review of randomised controlled trials. *Cancer Treat Rev*. 2008 [citado 08/09/2022];34(7):577-591. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305737208000029?via%3Dihub>

32. Moen I, Stuhr LEB. Hyperbaric oxygen therapy and cancer-a review. Target Oncol. 2012 [citado 08/09/2022];7(4):233-242. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3510426/>

33. Feldmeier JJ. Hyperbaric oxygen therapy and delayed radiation injuries (soft tissue and bony necrosis): 2012 update. Undersea Hyperb Med. 2012 [citado 08/09/2022];39(6):1121-1139. Disponible en:

<https://www.proquest.com/openview/5bdb1fdf761d8c0444f899bbfa248a85/1?pq-origsite=gscholar&cbl=48053>

34. Cianci P, Slade JB, Sato RM, Faulkner J. Adjunctive hyperbaric oxygen therapy in the treatment of thermal burns. Undersea Hyperb Med. 2013;40(1):89-108.

35. Nik Hisamuddin NAR, Wan Mohd Zahiruddin WN, Mohd Yazid B, Rahmah S. Use of hyperbaric oxygen therapy (HBOT) in chronic diabetic wound - A randomised trial. Med J Malaysia. 2019 [citado 24/09/2022];74(5):418-424. Disponible en:

<http://www.e-mjm.org/2019/v74n5/hyperbaric-oxygen-therapy.pdf>

36. Everett E, Mathioudakis N. Update on management of diabetic foot ulcers. Ann N Y Acad Sci. 2018 [citado 21/09/2022];1411(1):153-165. Disponible en:

<https://nyaspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/nyas.13569>

37. Shaw JJ, Psinos C, Emhoff TA, Shah SA, Santry HP. Not Just Full of Hot Air: Hyperbaric Oxygen Therapy Increases Survival in Cases of Necrotizing Soft Tissue Infections. Surg Infect (Larchmt). 2014 [citado 23/09/2022];15(3):328-335. Disponible en:

<https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/sur.2012.135>



Esta obra está bajo [una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).