



Revisión

Estado actual del tratamiento con oxígeno hiperbárico de las enfermedades del aparato locomotor en medicina del deporte

Franchek Drobnic^{a,*} y Antonio Turmo^b

^a Departamento de Fisiología del Deporte del CAR y Servicios Médicos del FCBarcelona, GIRSANE (Grup d' Investigació en el Rendiment i la Salut de l'Alt Nivell Esportiu), Barcelona, España

^b UAPE-CAR-CST Consorci Sanitari Terrassa y Escuela de Medicina del Deporte Universidad de Barcelona, GIRSANE (Grup d' Investigació en el Rendiment i la Salut de l'Alt Nivell Esportiu), Barcelona, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 14 de agosto de 2009

Aceptado el 17 de septiembre de 2009

On-line el 22 de noviembre de 2009

Palabras clave:

Oxigenoterapia hiperbárica

Lesión deportiva

Tratamiento experimental

Rehabilitación

RESUMEN

La oxigenoterapia hiperbárica es una modalidad terapéutica que se fundamenta en la obtención de presiones parciales de oxígeno elevadas, al respirar oxígeno puro, en el interior de una cámara hiperbárica a una presión superior a la atmosférica. Se trata de un tratamiento farmacológico cuyo margen de aplicación está determinado por la presión máxima alcanzada, la duración de la inhalación y la frecuencia y el número total de exposiciones. Sus indicaciones están clasificadas según su utilidad en preferentes, complementarias o experimentales. Desde ciertos ámbitos privados se ha propuesto este tratamiento como útil en la mejora de enfermedades que, desde el punto de vista de la medicina hiperbárica, se clasificarían como experimentales o en el mejor de los casos como coadyuvantes. Eso ocurre en ciertas enfermedades agudas o crónicas que acontecen en el aparato locomotor y que evalúan diversos especialistas, internistas, reumatólogos, traumatólogos o médicos del deporte. En la presente revisión se desarrollan someramente las indicaciones de la oxigenoterapia hiperbárica, y se da una visión actualizada de su aplicación experimental sobre la evolución de la lesión muscular y el rendimiento físico. Por último, se ofrecen unas consideraciones respecto a lo mínimo que debe requerirse en caso de apoyarse en este tratamiento para mejorar el resultado de la orientación terapéutica que indica el especialista.

© 2009 Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Hyperbaric oxygen treatment of musculoskeletal disorders on the sports medicine. State of the art

ABSTRACT

Hyperbaric oxygen therapy (OHB) is a therapeutic modality based on the properties of partial pressure of oxygen, when breathing pure oxygen under hyperbaric conditions in a chamber designed for that purpose. Its indications in medicine are considered as primary, complementary or experimental depending on the evidence based effects. From different sectors of medicine, OHB has been recently proposed as a new tool for other pathologies, primarily in musculoskeletal disorders. In this paper, the state of the art of the influence from experimental studies is reviewed. Some considerations based on these studies are hypothesized as the minimum required to obtain good results when this therapy is decided to be used as co adjuvant to standard treatment.

© 2009 Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

Las técnicas y regímenes de rehabilitación en el deporte han evolucionado en estos últimos años. Los conocimientos provenientes de la medicina de la actividad física y del deporte no sólo han mejorado la consolidación de sus bases y referencias en este ámbito, sino que han aumentado la presencia de formas

alternativas de tratamiento con el objeto de mejorar el tiempo y la calidad de recuperación de la lesión deportiva. Uno de estos tratamientos es la utilización de oxígeno hiperbárico mediante oxigenoterapia hiperbárica (OHB), que se ha utilizado para promover la recuperación de lesiones ligamentosas y musculoesqueléticas, e incluso para mejorar aspectos inherentes al entrenamiento y al rendimiento deportivo.

La OHB es una modalidad terapéutica que se fundamenta en la obtención de presiones parciales de oxígeno elevadas, al respirar oxígeno puro, en el interior de una cámara hiperbárica a una presión superior a la atmosférica. Es un tratamiento

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: drobnic@car.edu (F. Drobnic).

Tabla 1

Indicaciones de la oxigenoterapia hiperbárica

Preferentes
<ul style="list-style-type: none"> ● Embolismo gaseoso ● Enfermedad por descompresión ● Síndrome de hiperpresión intratorácica ● Intoxicación aguda por monóxido de carbono ● Mionecrosis clostridial-gangrena gaseosa
Complementarias
<ul style="list-style-type: none"> ● Infecciones necrosantes de partes blandas no clostridiales ● Traumatismos agudos de partes blandas, síndrome de aplastamiento y síndromes compartimentales agudos ● Osteomielitis crónicas refractarias ● Retardos de cicatrización ● Lesiones radioinducidas de hueso, partes blandas y mucosas
Experimentales
<ul style="list-style-type: none"> ● Retinopatías oclusivas agudas ● Sordera súbita ● Encefalopatía hipoxicoisquémica ● Esclerosis múltiple ● Enfermedad de Crohn ● Patología tumoral de origen canceroso ● Otras

Las relacionadas a la medicina del deporte se consideran experimentales con un criterio clínico que puede considerarlas en su momento complementarias.

farmacológico cuyo margen de aplicación está determinado por la presión máxima alcanzada, la duración de la inhalación y la frecuencia y el número total de exposiciones. El efecto fisiológico de la OHB se basa en el aumento de la disolución del oxígeno en los tejidos al aumentar la presión ambiental de una forma artificial¹.

La OHB se usa de una forma aceptada y tiene unas indicaciones preferentes, complementarias o experimentales. Se entiende por *preferente* aquella utilización en enfermedades en las que la OHB constituye el único tratamiento eficaz, o bien posee un efecto esencial, junto con otras intervenciones terapéuticas. Es *complementaria* en aquellas enfermedades en las que la aplicación de la OHB no es imprescindible ni esencial pero donde, en cambio, posee una acción altamente beneficiosa, bien probada en estudios clínicos y experimentales; por último, la indicación *experimental* es para aquellas situaciones en las que la OHB puede tener un efecto terapéutico aceptable o interesante, en algún aspecto de la enfermedad, basado en una hipótesis terapéutica consistente, con un sistema de control y de evaluación de resultados definido y aplicable, y dentro del contexto de estudios controlados^{2,3} (tabla 1).

Efecto de la oxigenoterapia hiperbárica en la recuperación de la lesión

Cuando un sujeto se lesiona, la zona afectada tiene una disminución del aporte de oxígeno debido a los vasos lesionados propiamente, al efecto de la inflamación y a una alteración de la permeabilidad vascular. El objetivo principal del tratamiento con OHB es eliminar este débito de aporte de oxígeno a la lesión. La presión arterial de oxígeno (PaO₂) del tejido lesionado alcanza los 5–15 mmHg, bajo en comparación con la del tejido normal que se halla alrededor de 40–45 mmHg. En condiciones normales, a una atmósfera de presión (ATA), el 98,4% del oxígeno se une a la hemoglobina y la porción restante se disuelve en el plasma. En condiciones de tratamiento hiperbárico, a 2 y 3ATA, el oxígeno disuelto en el plasma es de un 3,8 y un 6,8%, respectivamente, y

Tabla 2

Valores de presión arterial de oxígeno, y volúmenes de oxígeno plasmático, respirando aire atmosférico, oxígeno puro normobárico o hiperbárico

Medio respiratorio	Presión (ATA)	PaO ₂ (mmHg)	O ₂ plasmático (vol%)
Aire atmosférico	1	102	0,32
Oxígeno al 100%	1	603	2,09
Oxígeno al 100%	2	1.433	4,44
Oxígeno al 100%	3	2.193	6,8

ATA: atmósfera de presión; O₂: oxígeno; PaO₂: presión arterial de oxígeno.

la PaO₂ es de 1.400 y 2.200 mmHg frente a los 40 de reposo⁴ (tabla 2). Durante la fase inflamatoria de la recuperación, la OHB reduce el edema y la inflamación alrededor del tejido lesionado. Se ha demostrado la preservación del ATP en el músculo postisquémico, con una reducción del edema en un 50% en un síndrome de aplastamiento experimental. También se ha establecido el efecto positivo de realizar este tratamiento en las primeras 48 h postisquemia en ese modelo de lesión parenquimatosa⁵.

La OHB promueve la neovascularización, aumenta la proliferación de fibroblastos y la formación de colágeno. En ese sentido, parece ser que estos vasos neoformados son mayores y de mejor calidad en aquellos sujetos tratados con OHB frente a los controles. Así, en un estudio muy interesante, se demuestra una mejora del tiempo de recuperación y de la calidad de los ligamentos sometidos a 2ATA en 6 sesiones durante 2 semanas frente a tratamientos a presiones inferiores, incluso de más duración⁶. A similares conclusiones llegan otros autores al evaluar la recuperación de lesiones agudas del tejido muscular^{7,8} y de lesiones cuyo origen es el ejercicio excéntrico también en animales de experimentación⁹, aunque hay que indicar que también existen otros estudios que no encuentran tan excelentes resultados^{10,11}, incluso usando los mismos modelos de trabajo excéntrico¹². La diferencia entre ambos grupos de trabajos se halla en el modelo de la lesión evaluada, la presión alcanzada en el tratamiento, la duración de éste y sobre todo en el período de tiempo que ocurre desde que se produce la lesión hasta que se inicia la primera sesión de tratamiento, aspecto este último de gran importancia. Desafortunadamente, debido a esas variables no hay excesivos estudios con el rigor preciso, y la mayoría de los estudios clínicos aceptables que evalúan la eficacia de la OHB y que tratan las lesiones de tejidos blandos son limitados en el número de casos, y en su metodología, sobre todo la referida a humanos^{13,14}.

Como se indicaba, el período de inicio del tratamiento poslesional debe ser corto, de pocas horas, con el objeto de limitar el proceso inflamatorio inmediato y su organización. Esta intervención de la OHB no está estudiada y es candidata de mayor detenimiento en el futuro dada la implicación de diversos modelos celulares en la recuperación de la lesión, desde la regeneración de la fibra muscular hasta el tejido de sostén, todos ellos susceptibles de verse modificados por variables externas diversas¹⁵. Por otra parte, la lesión tipo DOMS (del inglés *Delayed Onset Muscular Soreness*)¹⁶, una de las más estudiadas por su asociación a la lesión deportiva mínima y quizás génesis de las demás, a pesar de ser una lesión parenquimatosa limitada, no es la ideal para evaluar este tratamiento dada la importante e inmediata intervención humoral. Pero lo que parece claro, por los estudios referenciados, es que los tejidos con perfusión reducida, como el tendón o los ligamentos, se benefician más de la aplicación de la OHB cuando esta aplicación es rápida (<24 h) y la magnitud de la lesión no es exagerada^{17,18}.

Efecto de la oxigenoterapia hiperbárica en el rendimiento físico

También se ha propuesto su utilización en la recuperación de la fatiga. El hecho se fundamenta en que un aumento de la aportación de oxígeno al músculo en el estado de fatiga, o en el momento de la recuperación muscular, estimula la actividad celular, aumenta la síntesis de ATP y promueve el metabolismo y la eliminación de las sustancias que facilitan o provocan la sensación de fatiga. Existen autores que hablan excelencias de este método, sobre todo en enfermedades determinadas, como la fatiga crónica o la fibromialgia, incluso ediciones para el público general que son éxitos de ventas¹⁹, pero, también en este ámbito de aplicación de la OHB, los estudios en este sentido son ambiguos y con una metodología no muy académica cuando existe.

En un estudio experimental efectuado por nuestro grupo de trabajo y no publicado, evaluamos un trabajo muscular estandarizado realizado a 1ATA, fuera de la cámara hiperbárica, y a 3ATA; se observó una tendencia a la disminución del lactato durante y al final de las series de trabajo realizadas en la cámara, entre otros aspectos. Pero lo importante del estudio fue que nos permitió identificar la incomodidad y la dificultad para realizar un modelo de entrenamiento en esas condiciones (calor, humedad, tiempo precisado, dieta, etc.), además de otros problemas metodológicos de logística y seguridad que sin duda limitan la continuidad de una vía de investigación en este sentido, aunque en el futuro las medidas de control ambiental puedan ajustarse.

La OHB debe entenderse en medicina del deporte y en traumatología como un coadyuvante de otros tratamientos médicos. Es un tratamiento en experimentación y sólo se ha demostrado una disminución de la estancia hospitalaria y del índice de amputaciones, o reducción de éstas, y, en consecuencia, una disminución económica de los gastos²⁰ en tratamientos derivados en pacientes con heridas y pronósticos complicados asociados a traumatología de urgencias y de catástrofes; hecho real y alejado del tratamiento puntual de la fatiga del entrenamiento o de una lesión cuya evolución conocemos con cierta seguridad.

Mientras estos estudios no se realicen, es aconsejable que el tratamiento con OHB no se utilice de una forma innecesaria, es decir, para lesiones que tienen su proceso de recuperación establecido y no exista una razón clínica real que solicite una mejora de la perfusión del tejido afectado. Por una parte, el aumento de los niveles de oxígeno en sangre puede causar lesión tisular por oxidación y, aunque el sistema de compensación antioxidante del individuo se active²¹, no sabemos cómo puede repercutir en el potencial antioxidante asociado al ejercicio realizado²² ni hasta qué punto ni en qué modo ni momento podrá dañar al ADN celular²³. Por eso es necesario mantener un equilibrio de oxígeno óptimo, considerando factores como el tiempo de aplicación, la concentración y la presión, que pueden sólo administrarse desde un conocimiento profundo teórico y práctico de la medicina hiperbárica²⁴.

Conclusión

Parece que la OHB puede optimizar el proceso de recuperación del músculo, el ligamento o el tendón lesionado. Es, sin duda, un modelo de tratamiento con un potencial de aplicación interesante en las enfermedades del aparato locomotor; sin embargo, no existen en el momento actual estudios serios en humanos que puedan confirmar esta teoría demostrada en experimentación animal y en experiencias aisladas con trastornos muy determinados. En ese sentido, y con la experiencia de los estudios revisados, se puede hipotetizar que el tratamiento adecuado en el ámbito de la medicina de la actividad física debe gozar de ciertas características, las que se

Tabla 3

Criterios de tratamiento de la lesión deportiva de tejidos blandos con oxigenoterapia hiperbárica

- Diagnóstico preciso de la lesión
- Inicio del tratamiento el mismo día de la lesión (<24 h)
- Tratamiento >2ATA, (ideal 2,5-3ATA)
- Duración de la sesión: 60–90 min
- Duración del tratamiento: 1/día durante 2 semanas
- Reevaluación de la lesión *siempre*

ATA: atmósfera de presión.

Tabla 4

Advertencia para usuarios de oxigenoterapia hiperbárica (recomendaciones del CCCMH)

- La proliferación de listados de cámaras hiperbáricas ha sido causa de problemas importantes en no pocas ocasiones. Se deben recordar las siguientes observaciones.
- Lo que se necesita no es una cámara hiperbárica sino un centro de medicina hiperbárica que haga frente a todas las necesidades. Por otra parte, incluso en el caso de los centros de medicina hiperbárica de fiabilidad garantizada, las condiciones del servicio pueden variar temporalmente en función de circunstancias técnicas, laborales o tácticas. Aclarar toda esta confusión y evitar sus nefastas consecuencias fueron precisamente las razones principales que dieron lugar a la creación, en 1988, del CCCMH.
- En la actualidad, la información sobre medicina hiperbárica que puede obtenerse a través de Internet es desbordante y puede conducir fácilmente a situaciones de confusión. Abundan las páginas web elegantemente presentadas pero que contienen informaciones erróneas e incluso fraudulentas. No debemos olvidar que la medicina hiperbárica es una disciplina médica especializada y de alto nivel de capacitación, por lo que debe estar sometida a los mismos requerimientos que rigen en otros campos de la medicina. En consecuencia, y en su propio interés, rechace la información que obtenga de una página web que no ostente el sello de web médica acreditada u otro sistema de acreditación médica expedido por instituciones médicas de alto nivel, como facultades de Medicina o colegios de Médicos (<http://www.ccmh.com>).

CCCMH: Comité Coordinador de Centros de Medicina Hiperbárica.

indican en la tabla 3. Sin embargo, para asegurar el verdadero beneficio de este tratamiento en este ámbito de la medicina, se necesitan más trabajos, bien diseñados y en procesos bien conocidos para evaluar la posible repercusión en la habilitación del deportista lesionado antes de recomendar de una forma alegre este tipo de tratamientos. No debemos caer en la tentación de usar éste y otros métodos que auguren posibles efectos beneficiosos inmediatos sin una rigurosa valoración de los efectos reales positivos y los posibles efectos perniciosos en la salud del individuo. Sistemas complejos, caros y en este caso peligrosos en manos de inexpertos permiten a individuos sin escrúpulos, con y sin el título de médico especialista, vender ilusión y falsas esperanzas a pacientes confiados en los conocimientos científicos y en la persona a quien se consulta. En cualquier caso, y una vez que se haya demostrado su eficacia, nunca debe hacerse un tratamiento de este tipo sin la orientación y el seguimiento de un médico especialista en medicina hiperbárica, que debe estar y controlar el tratamiento y la aplicación de éste. En ese sentido, es conveniente atender las recomendaciones para el posible usuario de la OHB que ha emitido el Comité Coordinador de Centros de Medicina Hiperbárica (tabla 4).

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Desola J. Bases y fundamento terapéutico de la oxigenoterapia hiperbárica. *Jano*. 1998;1260:48–51.
2. Kindwall EP, Whelan HT. *Hyperbaric medicine practice*. Flagstaff AZ: Second Edition Best Publishing Company; 2004.
3. Jain KK. *Textbook of hyperbaric medicine*. Hogrefe & Huber Pub 2004.
4. Nylander G, Lewis D, Nordström H, Larsson J. Reduction of postischemic edema with hyperbaric oxygen. *Plast Reconstr Surg*. 1985;76:596–603.
5. Haapaniemi T, Nylander G, Sirsjö A, Larsson J. Hyperbaric oxygen reduces ischemia-induced skeletal muscle injury. *Plast Reconstr Surg*. 1996;97:602–7.
6. Ishii Y, Ushida T, Tateishi T, Shimojo H, Miyanaga Y. Effects of different exposures of hyperbaric oxygen on ligament healing in rats. *J Orthop Res*. 2002;20:353–6.
7. Best TM, Loitz-Ramage B, Corr DT, Vanderby Jr R. Hyperbaric oxygen in the treatment of acute muscle stretch injuries. *Am J Sports Med*. 1998;3:367–72.
8. Staples JR, Clement DB, Taunton JE, McKenzie DC. Effects of hyperbaric oxygen on a human model of injury. *Am J Sports Med*. 1999;5:600–5.
9. Bennett M, Best TM, Babul S, Taunton J, Lepawsky M. Hyperbaric oxygen therapy for delayed onset muscle soreness and closed soft tissue injury. *Cochrane Database Syst Rev*. 2005;19:CD004713.
10. Borromeo CN, Ryan JL, Marchetto PA, Peterson R, Bove AA. Hyperbaric oxygen therapy for acute ankle sprains. *Am J Sports Med*. 1997;25:619–25.
11. Staples J, Clement D. Hyperbaric oxygen chambers and the treatment of sports injuries. *Sports Med*. 1996;22:219–27.
12. Babul S, Rhodes EC, Taunton JE, Lepawsky M. Effects of intermittent exposure to hyperbaric oxygen for the treatment of an acute soft tissue injury. *Clin J Sport Med*. 2003;13:138–47.
13. Babul S, Rhodes EC. The role of hyperbaric oxygen therapy in sports medicine. *Sports Med*. 2000;30:395–403.
14. Drobnic F, Turmo A. Nuevos métodos de recuperación de la lesión. Hiperbaria e hiperoxia. En: *Fútbol Bases científicas para un óptimo rendimiento*. Madrid: Editorial Ergon; 2004. p. 263–66.
15. Gates CB, Karthikeyan T, Fu F, Huard J. Regenerative medicine for the musculoskeletal system based on muscle-derived stem cells. *J Am Acad Orthop Surg*. 2008;16:68–76.
16. Drobnic F. Las agujetas, una entidad clínica con nombre inapropiado. *APUNTS Medicina de l'Esport*. 1989;100:125–34.
17. Kanhai A, Losito JM. Hyperbaric oxygen therapy for lower-extremity soft-tissue sports injuries. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2003;93:298–306.
18. Mashitori H, Sakai H, Koibuchi N, Ohtake H, Tashiro T, Tamai K, et al. Effect of hyperbaric oxygen on the ligament healing process in rats. *Clin Orthop Relat Res*. 2004;423:268–74.
19. Harch GP, McCullough V. *The oxygen revolution: Hyperbaric oxygen therapy*. Long Island City, NY: Hatherleigh Press; 2007.
20. Wang J, Li F, Calhoun JH, Mader JT. The role and effectiveness of adjunctive hyperbaric oxygen therapy in the management of musculoskeletal disorders. *J Postgrad Med*. 2002;48:226–31.
21. Ferrer MD, Sureda A, Batle JM, Tauler P, Tur JA, Pons A. Scuba diving enhances endogenous antioxidant defenses in lymphocytes and neutrophils. *Free Radic Res*. 2007;41:274–81.
22. Urish KL, Vella JB, Okada M, Deasy BM, Tobita K, Keller BB, et al. Antioxidant levels represent a major determinant in the regenerative capacity of muscle stem cells. *Mol Biol Cell*. 2009;20:509–20.
23. Ishii Y, Miyanaga Y, Shimojo H, Ushida T, Tateishi T. Effects of hyperbaric oxygen on procollagen messenger RNA levels and collagen synthesis in the healing of rat tendon laceration. *Tissue Eng*. 1999;5:279–86.
24. Ishii Y, Deie M, Adachi N, Yasunaga Y, Sharman P, Miyanaga Y, et al. Hyperbaric oxygen as an adjuvant for athletes. *Sports Med*. 2005;35:739–746.