

Oxigenoterapia hiperbárica

Mayor M.C. Luis Alfredo Pérez Bolde-Hernández*

1/er Regimiento de Transportes, México, D.F.

RESUMEN

La oxigenoterapia hiperbárica es una modalidad de tratamiento que se basa fundamentalmente en la obtención de tensiones elevadas de oxígeno, lo cual se logra por medio del uso de cámaras hiperbáricas. En la actualidad no existe adecuado conocimiento de esta terapéutica por parte de la comunidad médica, lo que limita la referencia de pacientes a los centros de medicina hiperbárica.

Esta modalidad de tratamiento se basa en las leyes de los gases (ley de Henry, Boyle y Dalton, principalmente), produciendo efectos en el organismo, tales como aumento de la capacidad bactericida de los neutrófilos, efecto directo sobre algunos microorganismos, disminución del edema por vasoconstricción arteriolar, aumento de la capacidad de cicatrización. Estos efectos se obtienen por el aumento de la presión ambiental y la hiperoxigenación de los tejidos en el organismo.

Esta alternativa médica no es una panacea y debe ser aplicada en pacientes adecuadamente valorados, asimismo el manejo de estos pacientes deberá ser efectuado por personal médico capacitado en el manejo de la cámara.

Palabras clave: oxigenoterapia, hiperbárica, tratamiento.

Antecedentes históricos

El primer reporte escrito que se tiene sobre el empleo de las cámaras hiperbáricas en Medicina, data de 1662 por Henshaw, en el Reino Unido, llamando a esta cámara como "Domicilium".² En Norteamérica su aplicación se remonta a mediados del siglo XIX, en 1861, Corning, en New York, construye la primera cámara para tratamiento de "desórdenes nerviosos".² Durante los siguientes años surgen nuevas y estrafalarias indicaciones y novedades, tales como los "Bain

Hyperbaric oxygen therapy

SUMMARY

Hyperbaric oxygen therapy is a treatment modality based fundamentally on the obtaining of high tensions of oxygen, which is achieved through of the use of hyperbaric chambers. Currently, there is not adequate knowledge of this technique by medical community, being limited the patient reference to hiperbaric centers.

This treatment modality is based on the gas laws (law of Henry, Boyle and Dalton, mainly), producing effects in the organism, such as increase the neutrophil bactericidal capacity, direct effect on some microorganisms, decrease of the edema for arteriolar vasoconstriction, increase of the scarring capacity. Those effects are obtained by the increase of the environmental pressure and the hyperoxygenation of body tissues.

This prescribed alternative is not a panacea, and it should be applied in properly evaluated patients, likewise the management of these patients must be made by trained and qualified personnel.

Key words: Oxygen therapy, hyperbaric, treatment.

d'air comprimé".² En 1833 nace Paul Bert, considerado el padre de la medicina de aviación. Publica en 1877 "La presión barométrique-recherches de physiologic experimentale",² es Paul Bert el primero en describir los efectos de la aplicación de oxígeno a altas presiones, así como la evolución de burbujas de nitrógeno en el torrente sanguíneo en animales. En 1905, John Scott Haldane describe la enfermedad causada por el nitrógeno disuelto en los tejidos, asimismo, crea el primer modelo de tablas de descompresión para buceos a 204 Ft (62.17 m).² Actualmente, el modelo descri-

* Diplomado en Medicina Hiperbárica y Subacuática. Facultad de Medicina, Universidad de Barcelona y C.R.I.S.U.T.H. (Centro de Recuperación o Investigación Subacuática, Unidad de Terapéutica Hiperbárica) España.

to por Haldane sigue siendo utilizado para efectuar cálculos de saturación de nitrógeno en los tejidos durante el buceo o trabajo a altas presiones.

Durante mucho tiempo el uso de las cámaras hiperbáricas quedó confinado al tratamiento de accidentes descompresivos en buzos y trabajadores sometidos a altas presiones (construcciones de puentes, diques, etc.).

El renacimiento de la terapia con oxígeno hiperbárico se realiza en Holanda con una publicación hecha por el Dr. Ite Boerema, en 1960, llamada "life without blood", dicho trabajo consistió en exanguinar cerdos, manteniéndolos con vida dentro de la cámara sólo con aporte de líquidos, con lo cual Boerema demostró que no es necesaria la hemoglobina mientras el animal se encuentra dentro de la cámara, ya que con el oxígeno disuelto en el plasma es suficiente para mantener con vida al animal.³ Asimismo, fueron publicados otros artículos por Churchill-Davidson y Boerema.³⁻⁵

En 1967 es fundada la Undersea Medical Society (UMS), actualmente llamada Undersea and Hyperbaric Medical Society (UHMS). En México, el empleo de la oxigenoterapia hiperbárica (OHB) se utiliza por primera vez en 1968 en el Hospital "20 de Noviembre" del ISSSTE. La Asociación Mexicana de Medicina Hiperbárica y Subacuática (AMMHS) se funda en 1987 y se afilia a la UHMS en 1989. En 1993 se forma el Capítulo Latinoamericano de la UHMS.

Definición

Se define como oxigenoterapia hiperbárica o terapia con oxígeno hiperbárico el recurso terapéutico en donde se somete el cuerpo entero a una presión mayor que la atmosférica (arriba de 1.5 atmósferas absolutas) y el paciente respira oxígeno al 100%.¹ Para poder aplicar esta modalidad terapéutica es preciso contar con una cámara hiperbárica.

Tipos de cámaras

Genéricamente existen dos tipos de cámaras: Monoplaza y multiplaza.

Monoplaza: Son cámaras para un solo paciente, se presurizan con oxígeno al 100% y el paciente respira libremente del ambiente de la cámara.

Multiplaza: Se emplean para tratar más de un paciente a la vez, se presuriza con aire y el paciente respira a través de una mascarilla, escafandra o tubo endotraqueal.

Mecanismos de acción

Los mecanismos de acción primarios de la OHB se encuentran estrechamente relacionados con las leyes de los gases.

1. Reducción proporcional del volumen de un gas al aumentar la presión a que es sometido (ley de Boyle).

2. El efecto de hiperoxigenación (ley de Henry), que se obtiene cuando al aumentar la presión se incrementa la solubilidad del oxígeno en los tejidos perfundidos.

Cuadro 1. Muestra los valores de presión arterial de oxígeno (PaO₂) y del volumen plasmático a diferentes presiones absolutas (ATA).

Medio respiratorio	PaO ₂ (mmHg)	O ₂ plasmático (%)
Aire 1 ATA	98	0,3
Oxígeno 1 ATA	573	2,0
Oxígeno 2 ATA	1,433	3,8
Oxígeno 3 ATA	2,193	16,8

Cuando se respira oxígeno al 100% a dos atmósferas absolutas (ATA), se disuelve suficiente cantidad de oxígeno para mantener los requerimientos basales.^{3,6,7}

Existe un incremento de 15 veces en la cantidad de oxígeno disuelto en plasma, a tres ATA se tiene 6.8 vol % de oxígeno disuelto¹⁰ (Cuadro 1). La hiperoxigenación aumenta la distancia de difusión del oxígeno del espacio vascular hacia el tejido, directamente proporcional a la presión utilizada.

La hiperoxigenación origina varios efectos, entre los que se incluyen:

1. *Vasoconstricción no hipoxemiante:* Reducción de 15-30% del influjo arteriolar, sin modificación del eflujo venular.^{8,9} Esto reduce el edema y mejora la microcirculación, al haber vasoconstricción no se produce efecto hipoxemiante en virtud de contener gran cantidad de oxígeno disuelto en el plasma, se describe un efecto llamado Robin Hood, el cual se presenta, sobre todo, cuando existe un estado de hipoxia local (Sx compartamentales, vasculopatías periféricas, etc.), el territorio hipóxico es beneficiado por el volumen plasmático "robado" a los territorios sanos.¹⁰

2. *Estimulación de fibroblastos:* Promueve la migración y la producción de colágena (hidroxilación de la prolina y lisina), con lo cual se forma un tejido exuberante de granulación (tejidos irradiados, pie diabético, enfermedad de Chron, etc).¹¹

3. *Efecto de neovascularización.*¹² Sólo afecta el tejido isquémico, tiene una distribución centrípeta y es eficaz hasta en tejido irradiado, manteniendo permanentemente esta vascularidad.¹³

4. *Macrófagos y polimorfonucleares (PMN):* La actividad lítica se ve afectada con tensiones de oxígeno bajas, por lo tanto, restaura la lisis oxidativa de éstos.^{14,15}

5. *Osteoblasto y osteoclasto:* Al haber disminución de la tensión de oxígeno, se afecta la actividad del osteoclasto y osteoblasto, al aumentar la tensión local de oxígeno se favorece la actividad, lo que es condicionante para la remodelación ósea, sobre todo en problemas de osteomielitis e inclusive en osteorradionecrosis.¹⁴⁻¹⁷

6. *Efecto como antibiótico:* El oxígeno hiperbárico funciona como antibiótico¹⁸ y potencializa el efecto de medicamentos que son oxígeno-dependientes como los amino-glucósidos, sulfonas y anfotericina B (requieren transporte activo dependiente de oxígeno).¹⁷ La acción bactericida se observa, sobre todo, en algunos gérmenes de tipo anaerobio no esporulados, en especial sobre *Rhizopus*, *Bacterioi-*

des fragilis y *Actinomyces*,¹⁰ siendo útil cuando la aplicación de antibióticos ha fallado como en pacientes con mucormicosis rinocerebral.

7. *Inhibición de producción de toxinas*: Especialmente en infecciones por *Clostridium*, en donde la principal actividad hemolítica de la Alfa-leucitinas provoca alta mortalidad, la producción de toxinas está condicionada a bajos potenciales de oxidación-reducción, al aumentar la cantidad de oxígeno es frenada esta producción.^{19,20}

8. *Eliminación rápida de carboxihemoglobina*: En las intoxicaciones agudas por monóxido de carbono, al ser la molécula de hemoglobina 210 veces más afín al monóxido de carbono, es más rápida la desaturación de la hemoglobina, la vida media de la carboxihemoglobina en aire ambiente es de 520 minutos, si se aplica oxígeno normobárico (a la presión atmosférica de no más de 1 ATA, la desaturación tarda entre 80 y 90 minutos, pero si el paciente es tratado con oxigenoterapia hiperbárica a 3 ATA, se reduce a 23 minutos, con lo que se logra también la reducción de las secuelas secundaria.^{19,20}

Actualmente en algunos lugares se utiliza con dudosa eficacia lo que llaman "TOPOX". Es un artefacto cilíndrico de acrílico o plástico (en ocasiones como férula neumática) en el cual es introducida la extremidad afectada, con el fin de que por medio tópico sea captado el oxígeno para efectuar con esto la "curación" de las lesiones, esto no se puede considerar como oxigenoterapia hiperbárica, en virtud de que el paciente no se encuentra a cuerpo entero respirando oxígeno al 100% a más de 1.5 ATA, además de no tener nada que ver con las leyes de los gases.

Condiciones aceptadas (UHMS)²¹

1. Embolia aérea o por gas.
2. Intoxicación por monóxido de carbono, cianuro e inhalación por humo.
3. Mionecrosis clostrídica (gangrena gaseosa).
4. Herida por aplastamiento, síndrome compartimental y otras isquemias traumáticas agudas.
5. Enfermedad por descompresión.
6. Heridas con problemas de cicatrización.
7. Anemia por pérdida sanguínea aguda.
8. Infecciones necrotizantes de tejidos blandos (tejido subcutáneo, músculo y fascia).
9. Osteomielitis (refractaria).
10. Lesión por radiación ósea y de tejidos blandos.
11. Injertos y colgajos de piel (comprometidos).
12. Quemaduras térmicas.

Existen otras escuelas como la europea, la cual contempla entre otras indicaciones la aplicación en: Sx por descongelamiento, esclerosis múltiple, síndrome de sordera súbita, enfermedad de Crohn, mucormicosis, Sx del gran quemado, intoxicación por tetracloruro de carbono.¹⁹

La escuela cubana trata inclusive enfermedades tales como el herpes zoster y retinitis pigmentaria.

En México existe poca experiencia, el servicio hiperbárico del Hospital Ángeles del Pedregal atiende una gran cantidad de pacientes por múltiples padecimientos con excelentes

resultados, actualmente se encuentran tratando neonatos con enterocolitis necrotizante, pacientes con esclerosis múltiple y algunos otros padecimientos.

Efectos secundarios

Los efectos secundarios que con mayor frecuencia se relacionan con la OHB son los ocasionados por el aumento de la presión, lo que da por consecuencia los llamados barotraumatismos, éstos pueden ocurrir en cavidades que contienen aire, como lo son: oídos, senos paranasales, así como pulmones, normalmente esto no es muy frecuente, siempre y cuando se efectúe una adecuada valoración por el médico bárico para evitar estos problemas. Cuando se administra oxígeno a más de 3 ATA, se puede presentar el efecto Paul Bert, que es un cuadro de irritación cortical, el cual se manifiesta con crisis convulsiva, cediendo inmediatamente al suspender el aporte de oxígeno,¹⁹ otro efecto por la administración de oxígeno, pero éste por exposiciones continuas de más de 10 horas ininterrumpidas es el efecto Lorrain-Smith que es disminución de la capacidad vital.¹⁹ Se puede presentar un trastorno transitorio llamado miopía hiperbárica, el efecto sobre la función visual no es un trastorno verdadero de refracción, siendo éste transitorio, en algunos casos cuando el paciente presenta hipermetropía, esto se interpreta como un logro terapéutico, los pacientes de edad avanzada con cataratas suelen empeorar. El total de los efectos secundarios es menor de 1% del total de tratamientos hiperbáricos.

El tratamiento consiste de 90 a 120 minutos dentro de la cámara a presiones que oscilen entre 1.5 a 3.0 ATA. El tratamiento puede ser aplicado hasta cuatro veces al día, esto depende del padecimiento; por lo que respecta a enfermedades inherentes al buceo (enfermedad disbárica, aeroembolia, Sx de hiperpresión intratorácica) los tiempos de permanencia pueden variar desde 135 min hasta 18 horas y la presión puede variar de 1.8 a 5 ATA. El costo promedio para el paciente por hora de tratamiento es de \$203.00 dls.²²

Conclusión

La oxigenoterapia hiperbárica es conocida desde hace más de 300 años, solamente se ha utilizado con propiedad desde hace 40 años. Actualmente en la literatura médica se encuentran varios miles de publicaciones con trabajos controlados científicamente, la OHB ya no es considerada como "medicina alternativa", ahora es considerada una alternativa médica, se fundamenta en bases sólidas y bien establecidas (leyes de los gases), su acción terapéutica se basa en el transporte y transferencia del oxígeno disuelto en el plasma, cuando se respira a más de 1.5 ATA y el cual puede llegar a lugares donde el oxígeno ligado a la hemoglobina no puede, es empleado en enfermedades que cursan con hipoxia tisular.

La OHB no es una panacea, pero sí es una alternativa para el tratamiento de trastornos perfectamente bien defini-

dos, en algunos es el tratamiento de elección y en otros es tratamiento coadyuvante. Actualmente las sociedades médicas hiperbáricas mantienen una constante expectativa para las nuevas indicaciones, realizando estudios cada vez más complejos y más controlados, cada día son más los médicos de diferentes especialidades que se apoyan en el tratamiento con OHB; por otro lado, existen lugares donde se ofrece tratamientos de cosmetología y rejuvenecimiento, cura del cáncer, etc., por tal motivo, en muchas ocasiones se le resta credibilidad a dicha terapéutica médica.

Referencias

1. Myers RAM. Hyperbaric oxygen therapy: A Committee Report. Undersea and Hyperbaric Medical Society, Inc. Bethesda, Maryland, 1986.
2. Haux Gerhard FK. History of hyperbaric chambers. Best Publishing Company 2000.
3. Boerema I, Meije NG, Brummelkamp WH, Bouma S, Mensh MH, Kamermans F, Hanf S, Van Aalderen A. Life without blood. *J Cardiovasc Surg* 1960; 182: 133-146.
4. Churchill-Davidson I, Sanger C, Thomlinson RH. High pressure oxygen and radiotherapy. *Lancet* 1955; 1: 1091.
5. Boerema I, Kroll JA, Meijne NG, Lokin E, Kroon B, Huisjes JW. High atmospheric pressure as an aid to cardiac surgery. *Arch Chir Neerl* 1956; 8: 193.
6. Lambertsen CJ, Krough RH, Cooper DY, Emmel GL, Loeschcke HH, Schmidt CF. Oxygen toxicity. Effect in man of oxygen inhalation at one and 3.5 atmosphere upon blood gas transport, cerebral circulation and cerebral metabolism. *J Appl Physiol* 1953; 5: 471-86.
7. Lambertsen CJ. Physiological effects of oxygen inhaled at high partial pressure. In: *Fundamental of hyperbaric medicine*. Washington, D.C., National Academy of Sciences, National Research Council, Publication No. 1298, 1966: 33.
8. Nylander G, Lewis D, Nordstrom H, Larsson J. Reduction of post-ischemic edema with hyperbaric oxygen. *Plast Reconstr Surg* 1985; 76z(4): 596-603.
9. Bird AD, Telfer ABM. Effect of hyperbaric oxygen on limb circulation. *Lancet* 1965; 1: 355-6.
10. Desola Ala J. Bases y fundamento terapéutico de la oxigenoterapia hiperbárica. *Jano* 1996; 1260: 48-51.
11. Hunt TK, Pai MP. The effect of varying ambient oxygen tensions on wound metabolism and collagen synthesis. *Surg Gynecol Obstet* 1972; 135: 561-7.
12. Hunt TK, Zederfelt BH, Goldstick TK. Oxygen and healing. *Am J Surg* 1969; 118: 521-6.
13. Marx RE, Ehler WJ, Tayapongsak P, Pierce LW. Relationship of oxygen dose to angiogenesis induction in irradiated tissue. *Am J Surg* 1990; 160: 519-24.
14. Mader JT, Brown GL, Guckian JC, Wills CH, Reinartz JA. A mechanism for amelioration by hyperbaric oxygen of experimental staphylococcal osteomyelitis in rabbits. *J Infect Dis* 1980; 142(6): 915-22.
15. Mader JT. Phagocytic killing and hyperbaric oxygen: Antibacterial mechanisms. *HBO Rev* 1981; 2(1): 37-49.
16. Niinikoski J, Hunt TK. Oxygen tensions in healing bone. *Surg Gynecol Obstet* 1972; 134: 746-50.
17. Strauss MB. Chronic refractory osteomyelitis: Review and role of hyperbaric oxygen. *HBO Rev* 1980; 1(4): 231-55.
18. Burke J. The physiology of wound infection. In: Hunt TK (ed). *Wound healing and wound infections: Theory and surgical practice*. New York; Appleton-Century Crofts; 1980, p. 242-53.
19. Desola AJ y cols. Indicaciones y contraindicaciones de la oxigenoterapia hiperbárica. *Jano* 1996; 1260: 61-6.
20. Vann Unnik AJM. Inhibition of toxin production of *Clostridium perfringens in vitro* by hyperbaric oxygen. *Antonie Van Leeuwenhoek* 1965; 31: 181-6.
21. Sánchez EC, Myers RAM. Panorama de la Medicina Hiperbárica en Norteamérica y en MIEMSS (1971-1991). Conferencia dentro del II Congreso Panamericano de Medicina Hiperbárica y Actividades Subacuáticas. Buenos Aires, Argentina, 07-08, 1992.