

Oxigenacion Hiperbarica

<http://www.portalesmedicos.com/publicaciones/articles/2516/1/Oxigenacion-Hiperbarica.html>

Autor: Dr. Argelio Díaz Ortiz

Publicado: 13/10/2010

La oxigenoterapia hiperbárica (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. En situaciones excepcionales como en el tratamiento de la enfermedad descompresiva, se pueden utilizar mezclas de gases como el nitrógeno o helio. La aplicación local de oxígeno no es OHB, pues para cumplir la definición el Oxígeno debe llegar por vía respiratoria. El efecto directo de la hiperoxia es el incremento del aporte plasmático de O₂, no ligado a hemoglobina, ajeno a limitaciones reológicas o metabólicas, que accede a los tejidos por capilaridad y transferido a favor de gradiente en territorios hipóxicos por difusión simple, suficiente para mantener por sí mismo las necesidades del organismo.

Oxigenacion Hiperbarica .1

Oxigenación Hiperbárica.

Dr. Argelio Díaz Ortiz. Especialista de segundo grado de Medicina Intensiva y Emergencias. Misión Médica Cubana en Venezuela. Barrio Adentro. ASIC "Manuela Sáenz"

Alain Díaz Campos. Estudiante de cuarto año de Medicina.

RESUMEN.

La oxigenoterapia hiperbárica (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. En situaciones excepcionales como en el tratamiento de la enfermedad descompresiva, se pueden utilizar mezclas de gases como el nitrógeno o helio. La aplicación local de oxígeno no es OHB, pues para cumplir la definición el Oxígeno debe llegar por vía respiratoria. El efecto directo de la hiperoxia es el incremento del aporte plasmático de O₂, no ligado a hemoglobina, ajeno a limitaciones reológicas o metabólicas, que accede a los tejidos por capilaridad y transferido a favor de gradiente en territorios hipóxicos por difusión simple, suficiente para mantener por sí mismo las necesidades del organismo.

De esta situación vascular y tisular de hiperoxia se derivan una serie de efectos indirectos. Las indicaciones aceptadas de la oxigenoterapia hiperbárica (OHB), según los dictámenes de la Undersea and Hiperbaric Medical Society (UHMS), serían aquellas en las que existen suficientes trabajos experimentales y clínicos que avalen su empleo: Embolismo Gaseoso, Enfermedad descompresiva, Intoxicación por Monóxido de carbono, Intoxicación de Cianuro, Retardo de la cicatrización en territorios hipóxicos (Pie Diabético), Traumatismos Graves de Miembros (Síndrome de aplastamiento, fracturas abiertas), Injertos de difícil viabilidad, Lesiones radioinducidas

(osteorradiación, Cistitis y Proctitis Actínicas), mionecrosis clostridial Tóxica (Gangrena gaseosa), Otras lesiones necrotizantes de partes blandas (Fascitis Necrotizante), Osteomielitis Crónica Refractaria, Actinomicosis, Anemias agudas intransfundibles, Quemaduras térmicas y Absceso intracraneal.

Palabras Clave: Oxigenación Hiperbárica, terapia con oxígeno hiperbárico.

Concepto. Fundamento fisiológico. Efectos terapéuticos Indicaciones en Cuidados Intensivos. Contraindicaciones. Efectos indeseables. Técnica. Dosis.

La oxigenoterapia Hiperbárica (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. En situaciones excepcionales como en el tratamiento de la enfermedad descompresiva, se pueden utilizar mezclas de gases como el nitrógeno o helio. La aplicación local de oxígeno no es oxigenoterapia hiperbárica (OHB), pues para cumplir la definición el Oxígeno debe llegar por vía respiratoria.

Esto se consigue mediante la utilización de la cámara hiperbárica (C.H.) que consiste en un recipiente que puede ser presurizado, con aire y O₂, hasta una presión determinada. Las C.H. se clasifican en monoplazas si solo tienen capacidad para un paciente y C.H. multiplazas con posibilidad de tratar a más de un paciente.

Efectos fisiológicos

Dos son los efectos fisiológicos de la oxigenoterapia hiperbárica (OHB) sobre el organismo:

1) Derivados del aumento de la presión ambiental: según la ley de Boyle-Mariotte, el incremento de la presión reduce el volumen de los espacios aéreos cerrados en el interior del organismo, sean cavidades orgánicas o burbujas introducidas o formadas en su interior.

2) Derivados del aumento de la presión parcial de oxígeno: según la ley de Henry, al respirar oxígeno hiperbárico, se disuelve en el plasma sanguíneo una cantidad progresivamente elevada de oxígeno (O₂) y por tanto se produce un aumento paralelo de la presión parcial de dicho gas. En condiciones terapéuticas se pueden alcanzar cifras superiores a 2000 mm Hg. con 6,8 ml/100 ml de O₂ disuelto en plasma.

Ante esta marcada hiperoxia, el organismo se protege produciendo radicales libres oxigenados, sobre cuyo efecto la oxigenoterapia hiperbárica (OHB) actúa como modulador y experimenta una vasoconstricción con la disminución de flujo que conlleva. A pesar de esta disminución de aporte, la hiperoxia logra mantener un saldo de O₂ favorable: se trata pues, de una vasoconstricción no hipoxemiante.

La producción de Dióxido de Carbono (CO₂) es casi constante sea cual sea la presión. Su eliminación durante la oxigenoterapia hiperbárica (OHB) no podrá realizarse por combinación con la hemoglobina, ya que la sangre venosa también está saturada de oxígeno. Se eliminará a través de sistemas buffers y del plasma sanguíneo, sin repercusiones metabólicas.

Efectos terapéuticos

El efecto directo de la hiperoxia es el incremento del aporte plasmático de O₂, no ligado a hemoglobina, ajeno a limitaciones reológicas o metabólicas, que accede a los tejidos por capilaridad y transferido a favor de gradiente en territorios hipóxicos por difusión simple, suficiente para mantener por sí mismo las necesidades del organismo. De esta situación vascular y tisular de hiperoxia se derivan una serie de efectos indirectos.

Disminución del volumen de burbujas.

El aumento de la presión ambiental disminuye de forma proporcionalmente inversa el volumen de las burbujas vasculares y tisulares formadas o introducidas en el organismo. Además, el aumento de la presión parcial de O₂ y la disminución a cero de la del nitrógeno, acelera la reabsorción de los émbolos gaseosos.

Reducción de la toxicidad del monóxido de carbono.

El uso de la oxigenoterapia hiperbárica (OHB) en la intoxicación por CO, disminuye la vida media de la carboxihemoglobina a 23 minutos, aporta O₂ libre a los tejidos desintoxicando la miocardioglobina y citocromo oxidasa aa₃, al tiempo que disminuye la peroxidación lipídica y tiene un marcado efecto antiedema cerebral.

Inhibición de la producción de toxinas por anaerobios.

La alta mortalidad de la Mionecrosis Clostridial (Gangrena Gaseosa), es debida fundamentalmente al shock tóxico hemolítico inducido por la alfa toxina. El único fármaco capaz de inhibir su producción es la oxigenoterapia hiperbárica (OHB).

Acción directa sobre gérmenes anaerobios.

La OHB tiene un efecto bactericida sobre gérmenes anaerobios, como el *Clostridium perfringens* y bacteriostáticas sobre algunos como *Bacteroides fragilis*, *Actinomyces*, *Rhizopus* y otros. Este efecto en sí mismo tendría menor importancia en la actualidad, con el excelente arsenal antimicrobiano del que se dispone.

Reactivación de la capacidad fagocítica de los polimorfonucleares.

Es bien conocido desde hace años, que la hipoxia es responsable de la disminución o abolición de la producción de radicales libres intralisosomiales y por tanto de la supresión del poder bactericida oxígeno dependiente de los polimorfonucleares. Esta situación es reversible con la restauración de las presiones tisulares de O₂, como lo demuestran concluyentes estudios experimentales. Además, en esta situación de hipoxia, la oxigenoterapia hiperbárica (OHB) tiene un poder sinérgico con determinados antibióticos como la ampicilina o tobramicina.

Oxigenacion Hiperbarica .2

Este efecto es de gran importancia en el tratamiento de infecciones necrotizantes de partes blandas, así como en el de los retardos de cicatrización en territorios isquémicos, como el pie diabético. En esta situación, la falta de cicatrización se ve agravada por la infección perpetuada por la hipoxia.

Estímulo a la cicatrización en heridas hipóxicas.

Si bien la existencia de una hipoxia aguda es el principal factor estimulante de los mecanismos de la cicatrización, la presencia de una hipoxia generalizada y mantenida paraliza o ralentiza la formación de neocapilares, fibroblastos y colágeno (24), así como la actividad de osteoclastos y osteoblastos. El establecimiento de amplios gradientes de presión entre tejido hipóxico y límites sanos mediante la oxigenoterapia hiperbárica (OHB), devuelve la capacidad de neovascularización, producción de fibroblastos y colágeno estable, así como la actividad de osteoclastos y osteoblastos. De esta forma se obtiene un tejido de granulación exuberante sobre territorios hipóxicos, difícil de observar fuera de la terapia hiperbárica, que llega a invadir incluso tejidos nobles.

Efecto antiedema.

La oxigenoterapia hiperbárica (OHB) tiene un efecto vasoconstrictor en territorio normóxico, con reducción de un 20% del flujo. Sin embargo el incremento de la cantidad de O₂ disuelto en plasma conserva un saldo favorable en el aporte de O₂ a los tejidos. Es decir, se trata de una vasoconstricción no hipoxemiante. Como el sistema venoso permanece inalterable ante la hiperoxia, en territorios edematosos el uso de oxigenoterapia hiperbárica (OHB) aumenta el drenaje reduciendo el edema de forma significativa además de corregir la hipoxia.

Efectos en tejidos hipóxicos (efecto Robin Hood).

Los tejidos hipóxicos crónicos están ya vasodilatados de forma irreversible como mecanismo compensador. El efecto vasoconstrictor en territorio sano produce un desvío de flujo hacia la zona hipóxica. Es decir, el uso de la oxigenoterapia hiperbárica (OHB) produce no solo aumento de O₂ liberado, sino un aumento de flujo sanguíneo en el territorio hipóxico.

Efecto hemorreológico.

Durante el tratamiento con oxigenoterapia hiperbárica (OHB) los hematíes aumentan su capacidad de deformabilidad, lo que permite una mejor difusión a través de los capilares (33). También se ha observado un efecto antiagregante plaquetario.

Efecto sobre la peroxidación lipídica.

La peroxidación lipídica se considera una de las principales causas del daño tisular ocasionado en situaciones de hipoxia/isquemia transitoria. La peroxidación lipídica es absolutamente oxígeno dependiente, pero paradójicamente la oxigenoterapia hiperbárica (OHB) puede tener un efecto protector.

Indicaciones

En la actualidad existe una serie de patologías en las que se ha observado la utilidad del oxígeno hiperbárico en su tratamiento, bien como terapia de primera elección o coadyuvante con otros medios terapéuticos, y de las que casi un 50% están en el ámbito de la Medicina Intensiva.

Las indicaciones aceptadas de la oxigenoterapia hiperbárica (OHB), según los dictámenes de la Undersea and Hyperbaric Medical Society (UHMS), serían aquellas en las que existen suficientes trabajos experimentales y clínicos que avalen su empleo.

- Embolismo Gaseoso.
- Enfermedad descompresiva.
- Intoxicación por Monóxido de carbono.
- Intoxicación de Cianuro.
- Retardo de la cicatrización en territorios hipóxicos (Pie Diabético)
- Traumatismos Graves de Miembros (Síndrome de aplastamiento, fracturas abiertas)
- Injertos de difícil viabilidad.
- Lesiones radioinducidas (Osteorradionecrosis, Cistitis y Proctitis Actínicas)
- Mionecrosis Clostridial Tóxica (Gangrena gaseosa)
- Otras lesiones necrotizantes de partes blandas (Fascitis Necrotizante)
- Osteomielitis Crónica Refractaria.
- Actinomicosis.
- Anemias agudas intransfundibles..
- Quemaduras térmicas.
- Absceso intracraneal.

A efectos puramente didácticos, se establece una diferenciación entre indicaciones:

1) Aquellas en las que debe usarse la oxigenoterapia hiperbárica (OHB) si se dispone de ella y podría incurrirse en mala praxis en caso contrario por las graves repercusiones a corto plazo, como en los accidentes descompresivos de buceo y otros embolismos gaseosos, intoxicaciones graves por monóxido de carbono y mionecrosis clostridial tóxica (gangrena gaseosa).

2) Enfermedades en las que conviene el uso de la oxigenoterapia hiperbárica (OHB), probado clínica y experimentalmente, ya que mejora la evolución, acorta el tiempo de ingreso hospitalario y en resumen mejora la calidad de vida del paciente. Sería el caso de los retardos de cicatrización en territorios isquémicos, como el pie diabético, lesiones radioinducidas de hueso y partes blandas, traumatismos graves de miembros (síndrome de aplastamiento, fracturas abiertas complicadas), injertos de difícil viabilidad e infecciones necrotizantes de partes blandas.

3) Aquellas indicaciones en las que existe una hipótesis razonable para el uso de la oxigenoterapia hiperbárica (OHB) y puede utilizarse en el seno de un estudio experimental controlado, aunque no exista evidencia experimental ni clínica en la actualidad.

En el terreno que nos ocupa en este capítulo, las indicaciones que corresponden al ámbito de la urgencia pertenecen al grupo 1 y no debería ser razonablemente discutido su uso sistemático, si el traslado del paciente no supone un riesgo superior al beneficio esperado.

Existen otras indicaciones con criterios de urgencia que, si bien no tienen suficientemente demostrada su utilidad según los criterios actuales de evidencia científica, en cambio existe una hipótesis más que razonable para su empleo y comunicaciones clínicas que lo apoyan, teniendo en cuenta las escasas alternativas de tratamiento. Se trata de encefalopatías anóxicas, sordera súbita, retinopatías oclusivas o intoxicación por cianhídrico.

Contraindicaciones

La única contraindicación absoluta para la oxigenoterapia hiperbárica (OHB) sería la presencia de un neumotórax no tratado. Incluso en esta circunstancia, en caso de urgencia vital, podría realizarse la terapia colocando un drenaje pleural en el interior de la cámara para evitar la producción de un neumotórax a tensión.

También el uso concomitante de algunos fármacos se considera como una contraindicación. Así el Cisplatino, Adriamicina y Disulfiram pueden provocar efectos tóxicos durante el tratamiento y habría que sopesar riesgo-beneficio.

El embarazo no es en sí mismo una contraindicación e incluso en determinadas situaciones de urgencia como la intoxicación por CO, es una indicación preferente. Sin embargo requeriría una cuidadosa valoración en caso de proceso crónico.

Efectos indeseables

Clásicamente se describe el efecto de la hiperoxia en situación de estrés oxidativo, en los sistemas nervioso y respiratorio. Cuando se alcanza una presión de O₂ excesivamente elevada puede presentarse un cuadro de irritación cortical, que se manifiesta en forma de crisis jacksoniana ya descrito por Paul Bert en 1878.

Oxigenación Hiperbárica .3

Cede espontáneamente al interrumpir la administración de O₂ y no deja secuelas. En exposiciones muy prolongadas pueden presentarse efectos tóxicos sobre el aparato respiratorio, en forma de alveolitis extrínseca. Es el llamado efecto Lorrain-Smith, publicado en 1908. No está descrito

utilizando los protocolos habituales de tratamiento.

El aumento de la presión ambiente puede producir barotraumatismos, el más frecuente de los cuales es el timpánico. Puede ser evitado fácilmente con un mínimo de entrenamiento.

Es relativamente frecuente también la aparición de trastornos en la refracción visual como empeoramiento de la miopía y mejora de la presbicia, que desaparecen a las pocas semanas de finalizar el tratamiento.

Utilizando las pautas convencionales de tratamiento, con duración inferior a tres horas y una presión de 3ATA, la oxigenoterapia hiperbárica (OHB) es una modalidad segura y con un margen terapéutico muy amplio, pues la presentación de efectos secundarios es excepcional.

Técnica hiperbárica

Existen fundamentalmente dos tipos de cámaras: monoplaza y multiplaza. En las primeras, para un solo paciente, se realiza la compresión con oxígeno y el paciente lo respira directamente. Su uso está muy difundido en USA y mucho menos en Europa. La segunda opción permite el tratamiento de varios pacientes a la vez y la asistencia médica en su interior. La compresión se realiza con aire y el paciente respira el oxígeno a través de mascarilla, casco o intubación orotraqueal.

La cámara monoplaza tiene la ventaja de su menor costo inicial y asegurar la respiración de O₂ al 100%, al no necesitar aparataje de administración de O₂. Sin embargo es menos operativa, al tratar un solo paciente cada vez y menos segura, ya que aumentan los riesgos de deflagración por el volumen de O₂ a presión. Tampoco es nada despreciable la claustrofobia que provoca en pacientes, ya de por sí en situación de stress por su enfermedad.

A pesar de que los fabricantes aseguran que en las cámaras monoplaza pueden tratarse pacientes que precisen cuidados intensivos, es de consenso general que estos enfermos deben ser tratados en cámaras multiplaza, con personal médico y de enfermería en su interior, que permitan el abordaje directo y el seguimiento evolutivo en las medidas terapéuticas. En este sentido hay que recordar que prácticamente pueden instaurarse o continuarse todas las medidas durante el tratamiento con oxigenoterapia hiperbárica (OHB), con el conocimiento preciso de la técnica hiperbárica. Así, a modo de ejemplo, puede utilizarse la ventilación mecánica, con las modificaciones requeridas en cuanto a volumen y frecuencia. El respirador más utilizado es el Oxylog, volumétrico de transporte, por la amplia experiencia en su empleo. Otras modificaciones como en los neumotaponamientos de los tubos endotraqueales, rellenándolos con suero salino, el manejo de los envases de fluidos según sean de vidrio, semirrígidos o de plástico, el empleo de bombas de infusión en el interior de la cámara, están perfectamente documentados y son de uso rutinario.

Es de uso rutinario la determinación de la presión transcutánea de oxígeno (tcpO₂) como test pronóstico en el tratamiento de las lesiones refractarias.

También está estandarizado el uso de fármacos durante la oxigenoterapia hiperbárica (OHB) y las vías de administración. Es bien conocida la rápida metabolización de los curarizantes y psicofármacos, así como los efectos paradójicos de la vía intramuscular, por vasoconstricción periférica durante la terapia y vasodilatación a su término, con liberación masiva del fármaco inyectado.

Como parte esencial de la terapia, el personal que la realiza ha de poseer los conocimientos, entrenamiento y la cualificación necesarias que lo capaciten.

Como resumen de este apartado se puede concretar que la oxigenoterapia hiperbárica (OHB) en manos expertas, es una técnica médica segura de la que se conocen ampliamente sus modalidades y las modificaciones a realizar según las necesidades del paciente. Por ello, la

inestabilidad o gravedad del enfermo, si la indicación es precisa y urgente, como las descritas a lo largo del capítulo, lejos de ser una contraindicación para el uso de la oxigenoterapia hiperbárica (OHB), es un signo de alarma para su inicio inmediato junto al resto de medidas terapéuticas.

Dosis.

Existen diferentes esquemas de tratamientos de acuerdo a la patología que van desde la administración de 14 horas de oxigenoterapia hiperbárica (OHB) de forma intermitente en las primeras 24 horas hasta el más comúnmente utilizado que emplea dos tratamientos diarios de 90-120 minutos a 2,5 ATA durante los primeros 3-4 días y cada 24 horas según la evolución posterior.

Bibliografía.

1. Hohn d.c., Mac kay r.k., Halliday b. et coll. the effect of oxygen tension of the microbicidal funcion of leukocytes in wounds an in-vitro. surg. forum, 27, 18-20, 2006.
2. Hunt t.k., Halliday b., Knigttonb d.r. et coll. Impairment of microbicidal finction in wounds: correccion with oxygenation. In: Hunt T.K., Heppenstall R.B., Pines E. et coll.- Soft and hard tissue repair, pp. 455-468. Praeger, New York, 2004.
3. Hunt t.k., Pai m.p. The effect of varying ambient oxygen tensions on wound metabolism and collagen synthesis. Surg. Gynecol. Obstet., 135, 561-567, 2002.
4. Hunt t.k., Linsey m., Grislis g. et coll. The effect of differing ambient oxygen tensions on wound infection. Ann. Surg., 181, 35-39, 2005.
5. knighton d.r., Halliday b., Hunt t.k. Oxygen as an antibiotic. A comparison of inspired oxygen concentration and antibiotic administration on in vivo bacterial clearance. Arch. Surg., 121, 191-195, 2006.
6. Adams k.r., Sutton t.e., Mader j.p. In vitro potentiation of tobramycin under hyperoxic condition. Undersea. Biomed. Res., 14 (suppl.), 37, 2007.
7. Adams k.r., Mader j.t. Aminoglycoside potentiation with adjunctive hyperbaric oxygen therapy in experimental. Ps. Aeruginosa osteomyelitis. Undersea. Biomed. Res., 14 (suppl.), 37, 2007.
8. Sheffield p.j. Tissue oxygen measurements. In: DAVIS J.C., HUNT T.K. Problem wounds, The role of oxygen, pp.17-51. Elsevier, New York, 1988.
9. knighton d., Silver i., Hunt t.k. Regulation of wound healing angiogenesis. Effect of oxygen gradients and inspired oxygen concentration. Surg., 90, 262-270, 2001.
10. Silver i.a. Local and systemic factors which affect the proliferation of fibroblast. In: KULONEN E., PIKKARAINEN J. The biology of fibroblast, pp. 507-520. Academic Press, New York, 2003.
11. Penttinen r. Biochemical studies on fracture healing in the rat with special reference to the oxygen supply. Acta Chir. Scand., 432 (suppl.), 1-12, 2002.
12. 26.- Meltzer t., Myers b. The effect of hyperbaric oxygen on the brushing strength and rate of vascularization of skin wounds in the rat. Am. Surg., 52, 659-662, 2006.
13. Mehm w.j., Pimsler m., Becker r.I., Lissner c.r. Effect of oxygen on in vitro fibroblast cell proliferation and collagen biosynthesis. J. Hyperbaric Med., 3, 227-234, 2008.
14. Gotzos v., Laszlo m., Capelli-gotzos B. Sur les relations entre la production d'hexosamines et d'hydroxyproline de la part de fibroblastes cultives in vitro dans diferentes concentrations d'O2. Experiencia (Basel), 30, 1388-1392, 1994.
15. Boyne p.j. Effect of increased oxygenation on osteogenesis enhancement. In: DAVIS J.C., HUNT T.K. Hyperbaric oxygen therapy, pp. 205-216. Undersea Medical Society, Bethesda, 1997.
16. Bird ad and Telfer abm. Effect of hyperbaric oxygen on limb circulation. Lancet, 2005; Feb 13 (1): 355-356.
17. Nylander g., Lewis dh., Nordström h., Larsson j. Reduction of postischemic edema with hyperbaric oxygen. Plas. Reconstr. Surg. 2005; 76: 596-601.
18. Hammarlund c. Increase of blood flow in hyposic tissue during oxygen breathing. A laser Doppler imagin study. In manuscript.
- 33.- MATHIEU D., COGET J., VINKIER L., SAULNIER F., DUROCHER A., WATTEL F. Filtrabilité érythrocytaire et oxygénothérapie hyperbare. Med. Sub. Hyp., 3,3, 100-104, 1984.
20. Hsu p., Zan-shun w., Yong-xing m. The effect of HBO on platelet aggregation, blood rheolgy, PaO2 and cognitive function in the ederly. Proccedings of the Eighth Internat. Cong. On Hyperbaric Med. E. Kindwall (Ed.) Best Publishing Company, Flagstaff, Arizona. 1994; 19.
21. Thom, s.r. Molecular mechanism for the antagonism of lipid peoxidation by hyperbaric oxygen. Undersea Biom. Res. (suppl) 2000; 17: 53-54.
22. Bert p. La pression barométrique. Paris: Masson et Cie, 1878.
23. Clark jm, lambersten cj. Rate of development of pulmonary O2 toxicity in man during O2 breathing at 2. ATA. J Appl Physiol 2007; 30 (4): 739-752.
24. Davis jc. Hyperbaric oxygen therapy. J Intensive Care Med. 4: 55, 2007.