

*Hospital Militar Clínico Quirúrgico Docente "Dr. Octavio de la Concepción y de la Pedraja". Camagüey.*

## **UTILIDAD DE LA OXIGENACIÓN HIPERBÁRICA EN CIRUGÍA GENERAL**

**Dr. Nicolás Rubio Silveira\***; **Dra. Katia García Paneca\*\***; **Dr. Carlos Echevarría del Risco\*\*\***; **Dr. Francisco Pacheco Téllez\*\*\***

\* *Especialista de I Grado en Cirugía General.*

\*\* *Residente de 1er Año en Pediatría.*

\*\*\* *Especialista de I Grado en Cirugía General y Videolaparoscópica. Instructor.*

### **RESUMEN**

La terapia con concentraciones elevadas de oxígeno se aplica desde la década del 30, y su historia está llena de seguidores y detractores, estos últimos son más numerosos. Como consecuencia de estos avatares, los cirujanos, al igual que otros especialistas, no tenemos una idea muy favorable de esta terapia, se prescribe en muchos casos a petición de los pacientes, aun sin conocer su verdadero efecto terapéutico. El objetivo de esta revisión es repasar los modos de aplicación de la oxigenación hiperbárica, sus efectos fisiológicos, efectos secundarios, indicaciones y contraindicaciones.

**DeCS: OXIGENACIÓN HIPERBÁRICA; CIRUGÍA**

### **INTRODUCCIÓN**

Se puede definir la oxigenoterapia hiperbárica (OHB) como la “terapéutica física basada en la obtención de elevadas presiones parciales de oxígeno, al respirar oxígeno puro, en el interior de una cámara hiperbárica, a una presión superior a la atmosférica”.<sup>1</sup> Su efecto terapéutico se regula en función de sus variables de aplicación: la presión máxima alcanzada, la duración de la inhalación, y la frecuencia y número total de exposiciones.<sup>2</sup>

*Albert Behnke*, en 1939, comunica el primer uso clínico de la OHB mediante la inhalación intermitente con oxígeno al 100 % bajo presión para tratar la enfermedad por descompresión.<sup>3,4</sup> En la década del 60 se comienzan a sentar las bases fisiológicas de la OHB, se demuestra que es capaz de combatir las infecciones producidas por gérmenes anaerobios, y de mejorar la oxigenación tisular de forma independiente a la cantidad de hemoglobina. Como consecuencia de la novedad, se produce un injustificado optimismo, se instalan numerosas cámaras hiperbáricas por todo el mundo; pero con el desarrollo eficiente del bypass cardiopulmonar en la década del 70, esta indicación quedó obsoleta. Para resolver este problema, los encargados del manejo de estas cámaras hiperbáricas (en algunos casos no eran médicos) comienzan a tratar una amplia variedad de cuadros con OHB, la mayoría sin fundamentos científicos, lo que conduce al fracaso; como consecuencia se produjo un gran desencanto. Actualmente, una vez que se comienzan a publicar trabajos con suficiente rigor científico, se valora la OHB en su justo punto.

## **DESARROLLO**

### **MODOS DE APLICACIÓN**

La OHB se aplica de dos formas, según el tipo de cámara que se utilice (monoplaza o multiplaza). Las cámaras monoplazas son en esencia tubos de Plexiglás que están comprimidos con oxígeno al 100 % a presiones de hasta 3 atmósferas absolutas. Tienen como ventaja menor costo y necesidad de espacio. Por el contrario, sus inconvenientes son el mayor riesgo de explosión al estar presurizadas con oxígeno a muy altas presiones. Además, por su pequeño tamaño sólo es apta para un enfermo, que no puede recibir asistencia del exterior.

Las cámaras multiplaza son espacios grandes que permiten acomodar entre 2 y 14 pacientes, más el personal asistente. Están presurizadas con aire comprimido hasta 6 atmósferas absolutas, y los pacientes respiran O<sub>2</sub> puro mediante una mascarilla hermética o un casco integral. Aunque al paciente le llegue una concentración muy alta de oxígeno, la presión ambiental de ésta es normal, por lo que no existe apenas riesgo de explosión. Su tamaño permite no sólo tratar a varios enfermos, sino que éstos están acompañados del personal sanitario.

Existe otra forma de administrar oxígeno a alta presión de forma local mediante pequeñas cámaras presurizadas, diseñadas específicamente para introducir una pierna o un pie. Aunque tienen la ventaja de su bajo coste y gran manejabilidad no se deben considerar como OHB, ya que sus supuestos beneficios no se basan en los efectos fisiológicos que supone la respiración de oxígeno a altas presiones. Algunos autores han comunicado buenos resultados en la cicatrización de heridas en el pie diabético combinadas con otros tipos de terapias (láser, etc.), lo que hace difícil conocer si el beneficio es por el oxígeno local o por las terapias empleadas.<sup>5-7</sup>

## EFFECTOS FISIOLÓGICOS

La OHB combina dos mecanismos complementarios: una alta presión ambiental, y la respiración de un O<sub>2</sub> puro. Esto condiciona dos efectos distintos, un efecto volumétrico debido al aumento de la presión ambiental *per se*, y un efecto volumétrico provocado por el aumento de la presión parcial de O<sub>2</sub> que el paciente respira.

El efecto volumétrico se debe al aumento de la presión ambiental y se basa en la *Ley de Boyle-Mariotte*, la cual postula que en el organismo humano, la elevación de la presión ambiental disminuye de forma proporcionalmente inversa, el volumen de todas las cavidades orgánicas aéreas que no están en contacto con la vía respiratoria (vejiga urinaria, tubo digestivo, oído, senos paranasales, etc.). Este efecto es reversible al cesar la hiperpresión.

El efecto volumétrico se debe al aumento de la presión parcial del O<sub>2</sub> y se basa en la *Ley de Henry*, que sostiene que al respirar O<sub>2</sub> puro en un ambiente hiperbárico se produce un aumento progresivo de la presión arterial, venosa y tisular de O<sub>2</sub>. A este efecto volumétrico se debe la mayor parte de los beneficios terapéuticos de la OHB.<sup>8</sup>

- **Corrección de la hipoxia tisular general o local, por gradiente de difusión simple.** En condiciones normales el O<sub>2</sub> se transporta en los eritrocitos. La OHB realiza un aporte adicional de O<sub>2</sub>. Es un O<sub>2</sub> disuelto en el plasma, y no sujeto a la regulación metabólica del O<sub>2</sub> eritrocitario (puede incluso liberar oxígeno a las células aun en ausencia de hemoglobina). Por tanto, es un O<sub>2</sub> que accede por capilaridad, transferido a favor de gradiente por difusión simple.
- **Corrección de la hipoxia local por redistribución de O<sub>2</sub>** Cuando la hiperoxia causada por la OHB es muy marcada, el organismo se defiende de ella y produce una vasoconstricción periférica compensatoria. Esta situación tiene la particularidad de que, pese a existir vasoconstricción, los niveles de oxígeno periférico son superiores a los normales, es por ello que se denomina vasoconstricción no hipoxemiante. Esta

vasoconstricción sólo ocurre en tejidos sanos, y no en tejidos hipóxicos, lo que hace que estos últimos se beneficien del volumen plasmático desviado desde los tejidos no isquémicos. Se trata de “*robar al rico para repartir entre los pobres*”, por lo que algunos autores lo denominan “*efecto Robin-Hood*”.

- **Estímulo de la cicatrización y de la angiogénesis.** La OHB restablece la formación de tejido de granulación, que en tejidos hipóxicos se encuentra frenada. Asimismo, la alternancia hiperoxia/normoxia constituye un buen estímulo angiogenético.
- **Aumento de las defensas frente a infecciones.** Este efecto se produce por diferentes mecanismos:
  - **Aumento de la fagocitosis de los neutrófilos.** Esta fagocitosis es O<sub>2</sub>-dependiente. Es importante en algunas infecciones crónicas por gérmenes aerobios, en especial las producidas por *Staphylococcus aureus* y por *Pseudomonas aeruginosa*.
  - **Acción bacteriostática sobre gérmenes anaerobios no esporulados** (principalmente *Bacteroides fragilis*, *Actinomyces* y *Rhizopus*).
  - **Acción bactericida sobre algunos gérmenes anaerobios esporulados** (principalmente sobre algunas especies del género *Clostridium*, causantes de infecciones necrosantes de partes blandas).
  - **Bloqueo de la formación de toxinas clostridiales.** El tratamiento de la gangrena gaseosa es una de las principales indicaciones de la OHB, y su importancia radica en que la mortalidad precoz y fulminante de la gangrena gaseosa no se debe a la infección o la necrosis en sí misma, sino a la hemólisis provocada por varias de las toxinas clostridiales. El efecto beneficioso de la OHB se basa en que la producción de toxinas necesita la existencia de bajos potenciales de oxidación-reducción, por lo que el aumento de este potencial frena de inmediato la producción de toxinas.
- **Eliminación rápida de la carboxihemoglobina (HbCO).** La HbCO que se forma en las intoxicaciones agudas por CO, es mucho más estable que la oxihemoglobina, con la que compite. La OHB consigue disminuir esta estabilidad (en aire a ambiente es de 8-9 h, mientras que con oxígeno hiperbárico se reduce en pocos minutos).

## Efectos secundarios de la OHB

Están relacionados con los cambios de presión y los efectos tóxicos del oxígeno. Son poco frecuentes y sólo se presentan en largas exposiciones (> 3 h) o cuando se aplican presiones más altas de lo habitual. En cualquier caso, suelen ser leves y transitorias.

- **Lesiones barotraumáticas.** Están en relación con el efecto volumétrico y afectan al tímpano, senos paranasales y pulmones. Se previenen mediante un conjunto de medidas preventivas como mantener limpios los oídos y el uso de descongestivos. En aquellos pacientes en los que no es posible la limpieza de los oídos, o cuando esté obnubilado, una solución factible consiste en colocar una aguja o sonda para miringotomía.
- **Crisis jacksonianas.** Las altas presiones de O<sub>2</sub> causan irritación del cortex. Pese a su espectacularidad tienen poca importancia ya que ceden al suprimir la OHB, sin dejar secuelas, salvo un aura postcomicial que se mantiene durante varios minutos. El riesgo se minimiza si se cumplen las normas en cuanto al tiempo y los límites de presión.
- **Edema agudo de pulmón.** Recientemente se han comunicado tres casos de edema agudo de pulmón, uno de ellos con desenlace fatal, en pacientes cardiopatas sometidos a OHB por pie diabético, por lo se aconseja con precaución en pacientes con insuficiencia cardíaca o con fracciones de eyección bajas.<sup>9</sup>

## CONTRAINDICACIONES

No tiene contraindicaciones absolutas, sí **relativas**:

- Neumotórax con mecanismo valvular
- Toracotomías previas
- Antecedente de neumotórax espontáneo
- Hipersusceptibilidad a los episodios convulsivos
- Enfermedades infecciosas y catarrales de vías respiratorias altas
- Dispepsias flatulentas
- Sinopatías agudas o crónicas

- Insuficiencia cardíaca o fracción de eyección baja
- Claustrofobia

## **INDICACIONES EN LA CIRUGÍA**

### **Indicación en las infecciones necrotisantes de origen clostridial**

No existen dudas sobre su indicación, no sólo preferente sino urgente, en aquellos pacientes que desarrollen una mionecrosis clostridial-gangrena gaseosa.

Es muy importante tener presente que su aplicación en estos enfermos no debe descuidar o retrasar el tratamiento antibiótico y quirúrgico. Además, si la cámara hiperbárica se encuentra en otro centro hospitalario hay que valorar los riesgos del transporte en estos pacientes en situación crítica. La OHB aporta beneficios importantes en el tratamiento de la mionecrosis clostridial, ya que se ha demostrado que los clostridios detienen su crecimiento a una presión de 3 atmósferas absolutas, aunque este efecto cesa al retronar a un ambiente normal.<sup>10</sup> Estudios in vitro demuestran que la OHB tiene un efecto bacteriostático, a pesar de que este efecto beneficioso se inhibe por la presencia de una catalasa presente en la sangre y el músculo desvitalizado, por lo que para que la OHB actúe de forma óptima es necesario desbridar la zona y eliminar restos hemáticos y tejido necrótico.<sup>11-12</sup>

El momento oportuno de administrar la OHB en estos pacientes es fundamental. Si se dispone fácilmente de ella, su uso precoz antes de la cirugía ayuda a discriminar el tejido sano y disminuye la producción de la toxina, por lo que el paciente se mantiene más estable hemodinámicamente. Si por el contrario, la OHB no puede iniciarse en las primeras 24 h, debe realizarse primero un desbridamiento quirúrgico inicial. El protocolo que se aconseja es de dos a tres sesiones diarias de 90 min., con oxígeno al 100 % a 3 atmósferas absolutas, durante 5-7 d.<sup>13-16</sup> Además del desbridamiento y de la OHB es esencial una terapia antibiótica apropiada que debe incluir Penicilina G, Clindamicina y Metronidazol, no se puede olvidar cubrir también los gramnegativos aerobios que con frecuencia se asocian.

### **INDICACIÓN COMPLEMENTARIA EN LA FASCITIS NECROTISANTE DE PARTES BLANDAS NO CLOSTRIDIAL**

Pese a que no existen estudios prospectivos controlados en humanos, se han comunicado buenos resultados en estudios retrospectivos y experimentales en animales, se conoce que reduce tanto la mortalidad como la cantidad de tejido a desbridar.<sup>17</sup> Se recomienda comenzar la OHB después del primer desbridamiento y administrar durante 24 h tres sesiones de 90 min. con oxígeno al 100 % a 3 atmósferas absolutas, continuar en días sucesivos con dos sesiones diarias hasta conseguir tejido de granulación.<sup>18</sup>

## INDICACIÓN EXPERIMENTAL EN LA ENFERMEDAD DE CROHN

En esta enfermedad existe afectación perianal en la mitad de los pacientes,<sup>18</sup> que es frecuentemente refractaria al tratamiento farmacológico. Aunque la causa de estas lesiones no está clara, sí se conoce que la isquemia local y la infección subsiguiente por gérmenes anaerobios juegan un importante papel, por lo que se ha propuesto su tratamiento con OHB. Existen pocas series, todas ellas con escaso número de pacientes, y con importantes lagunas metodológicas que publican buenos resultados en estos pacientes.

El primer caso con enfermedad de Crohn perianal tratado con OHB fue publicado por *Brady et al.*<sup>16</sup> en 1989, en un paciente con enfermedad perianal refractaria al tratamiento farmacológico y quirúrgico y que se curó completamente con la OHB.

Pero no sólo se han comunicado buenos resultados en la afectación perianal, sino también en la ileocólica. Así, *Fraser y Niv*<sup>17</sup>, en 1995, publican una serie de seis pacientes en los que la OHB consiguió curar las lesiones de *Crohn* tanto perianales como ileocólicas.

No obstante, aunque los resultados de las escasas series publicadas son buenos, es necesario la realización de estudios más amplios, en pacientes con afectación severa y en otros con menos afectación, bien diseñados en cuanto a metodología, antes de considerar la OHB como una alternativa terapéutica real en estos pacientes.

## CONCLUSIONES

La OHB en cirugía:

- Tiene una indicación preferente en la mionecrosis clostridial, aunque se debe utilizar junto al tratamiento antibiótico y al desbridamiento, y se debe tener en cuenta el riesgo que supone en ocasiones desplazar a un paciente inestable. Su uso debe ser lo más precoz posible.

- En la fascitis necrosante tiene una indicación complementaria a la cirugía y el tratamiento antibiótico. Aunque se han comunicado buenos resultados son necesarios más estudios prospectivos aleatorizados que justifiquen mejor estas indicaciones.
- En la enfermedad de Crohn los resultados, aún casi anecdóticos, indican que la OHB juega un papel importante en el manejo de la enfermedad, especialmente en casos muy severos de Crohn perianal donde otros tratamientos hayan fracasado.

## **ABSTRACT**

Therapy with elevated concentration of oxygen is applied since the decade of 30's, and its history is full of followers and detractors, the last are more numerous. As a consequence of these avatars, surgeons and other specialists as well, do not have a very favorable idea of this therapy, it was prescribed in many cases as a petition of patients, even without knowing its real therapeutic effect. The objective of this revision is re-examine the ways of applications the hyperbaric oxygenation, its physiologic effects, secondary effects its indication and side-effects.

**DeCS: HYPERBARIC OXYGENATION; SURGERY**

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Desola J, Crespo A, García A, Salinas A, Sala J, Sánchez U, et al. Indicaciones y contraindicaciones de la oxigenoterapia hiperbárica. *Jano* 1998;1260:61-6.
2. García-Covarrubias L, Cuauhtemoc Sánchez-Rodríguez E. Hyperbaric oxygenation therapy, basic concepts. *Gac Med Mex* 2000;136(1):45.
3. Fernández Angulo MM. Hyperbaric chamber. *Rev Enferm* 2001;24(5):345.
4. Wunderlich RP, Peters EJ, Lavery LA. Systemic hyperbaric oxygen therapy: lower-extremity wound healing and the diabetic foot. *Diabetes Care* 2000;23(10):1551-55.
5. Heng MC, Harker J, Csathy G, Marshall C, Brazier J, Sumampong S, et al. Angiogenesis in necrotic ulcers treated with hyperbaric oxygen. *Ostomy Wound Manage* 2000;46(9):18-28.
6. Landau Z, Schattner A. Topical hyperbaric oxygen and low energy laser therapy for chronic diabetic foot ulcers resistant to conventional treatment. *Yale J Biol Med* 2001;74(2):95-100.
7. Sánchez U, Peralta G. Necrotizing soft tissue infections: nomenclature and classification. *Enferm Infec Microbiol Clin* 2003;21(4):196.

8. Vila I, Vidal D. Hyperbaric chamber: standardized planning of nursing care. *Rev Enferm* 2002;25(6):20-30.
9. Weaver LK, Churchill S. Pulmonary edema associated with hyperbaric oxygen therapy. *Chest* 2001;120:1407-9.
10. Van Unnik AJM. Inhibition of toxin production in *Clostridium prefrigans* in vitro by hyperbaric oxygen. *Antonie Van Leeuwen-hoek* 1965;31:181-6.
11. Hill GB, Osterhout S. Experimental effects of hyperbaric oxygen on selected clostridial species: I. In vitro studies. *J Infect Dis* 1972;125:17-25.
12. Kaye D. Effect of hyperbaric oxygen on clostridia in vitro and in vivo. *Proc Soc Exp Biol Med* 1967;124:360-6.
13. Vila Caral P. Arterial oxygenation, morbid obesity, and the anesthesiologist: a constant problem. *Rev Esp Anesthesiol Reanim* 2002;49(4):173.
14. Escolar JL, Cuenca A, Moreno E. Hyperbaric oxygenation in carbon monoxide poisoning. *Med Clin Barc* 1999;113(16):639.
15. Papasian O, Alfonso I. Hyperbaric oxygen treatment for children with cerebral palsy. *Rev Neurol Esp* 2003;37(4):359.
16. Brady CE, Cooley BJ, Davis JC. Healing of severe perianal and cutaneous Crohn's disease with hyperbaric oxygen. *Gastroenterology* 1989;97:756-60.
17. Fraser G, Niv Y. Six patients whose perianal and ileocolic Crohn's disease improved in the Dead Sea environment. *J Clin Gastroenterol* 1995;21:217-9.
18. Noyer C, Brandt L. Hyperbaric oxygen therapy for perineal Chron's disease. *Am J Gastroenterology* 1999;94(2):8-21.

Recibido: 27 de febrero de 2004.

Aceptado: 18 de mayo de 2004.

*Dr. Nicolás Rubio Silveira.* Calle Heredia # 211 A e/ Roosevelt y Acción Cívica, Reparto América Latina. Camagüey 70100. Teléfono: 28-6005. [rubio@finlay.cmw.sld.cu](mailto:rubio@finlay.cmw.sld.cu)