



Oxígeno hiperbárico. Actualidades en las enfermedades vasculares y pie diabético

Francisco Aguilar Rebollo,*, Carlos Millán Reveles**

* Director CIMA Xalapa, Veracruz, México.

** Director BIDOX Cd. Juárez, Chihuahua, México.

Solicitud de sobretiros:

Dr. Francisco Aguilar Rebollo
Domingo Alvarado Núm. 18
Col. Unidad Veracruzana 91030
Xalapa, Veracruz, México
Teléfono: 01 (228) 817 7668
Xalapa, DF. 5579 5831
E-mail:

Fran_aguilar_invest@yahoo.com.mx
www.plasticidadcerebral.com
Afiliado a la Universidad de Xalapa A.C.

RESUMEN

El tratamiento con oxígeno hiperbárico (OHB) inicia hace varios siglos, en los años setenta se integra como asociación. En Estados Unidos la tensión de oxígeno por debajo de una atmósfera alrededor de 30 pies 10 metros de profundidad, 30 mmHg modifica mecanismos hemorreológicos en la circulación, en el metabolismo energético y modifica favoreciendo la acción antibacteriana de leucocitos.

Con el tratamiento del OHB se mejoran las condiciones de cicatrización en el pie diabético, en la insuficiencia circulatoria periférica, en el daño neurológico, desmielinizante en más de 70% de los casos. Desde luego con el autocontrol metabólico, y las medidas normales de asepsia y antibióticos. El procedimiento es fácil y seguro, en corto tiempo y sin ningún riesgo o efecto colateral. La administración de oxigenación hiperbárica a alta presión por arriba de una atmósfera, donde sus efectos mejoran el estado de salud y corrige varias anomalías metabólicas, vasculares y degenerativas en el cuerpo humano

PALABRAS CLAVE: Oxígeno hiperbárico (OHB), enfermedad vascular, cardíaca, cerebral, insuficiencia arterial y venosa.

ABSTRACT

The treatment with hyperbaric oxygen it has begun for several centuries behind, in the seventies were integrated in association, within United States. The tension of Hyperbaric Oxygen around or below one atmosphere equivalent at 30 feet 10 or meters deep, 30 mmHg modifies hemorrhheologic mechanisms in the circulation, in the energy metabolisms and modifies leukocytes antibacterial action favoring these.

With the treatment of the HBO he/she improves the scaring conditions in the diabetic foot, in the outlying circulatory inadequacy, in the damage from neurological demyelization illness, in about 70% of the cases. Certainly in patients with the metabolic autocontrol, and the normal measures of asepsis and antibiotics the HBO improve. The procedure is easy and sure, in short time and without any risk or collateral effect. The administration of hyperbaric oxygenation a to high pressure for up to one atmosphere, their effects improve the state of health and it corrects several metabolic, vascular and degenerative abnormalities in the human body

KEY WORDS: Hyperbaric oxygen, cerebrovascular disease, cardiac, brain, arterial and venous insufficiency.

Plast & Rest Neurol
2006;5 (1): 18-24

INTRODUCCIÓN

La aplicación de aire comprimido (aire hiperbárico) para tratar algunas enfermedades respiratorias se remonta al año 1662. El uso que tenía el oxígeno en los problemas médicos se informó inicialmente por Beddoes en 1794, mientras que el primer artículo sobre el uso de OHB como trata-

miento adjunto en padecimientos médicos fue escrito por Fontaine en 1879.⁽¹⁾

En el presente siglo, la literatura respecto al tratamiento con OI-IB se incrementó durante la década de los años 30, en que las marinas de guerra y universidades alrededor del mundo iniciaron estudios con OHB para evaluar su utilidad en enfermedades relacionadas con el buceo, como la embo-

lia arterial de gas y la enfermedad descompresiva. Posteriormente, durante los años 40, se inicia una amplia investigación sobre la toxicidad del oxígeno para establecer sus límites de seguridad y los aspectos médicos y fisiológicos como gas comprimido.⁽²⁾

En 1976, reconociendo la necesidad de una selección meticulosa sobre la aplicación del OHB en problemas clínicos, se establece el Hyperbaric Oxygen Committee, dependiente de la Undersea and Hyperbaric Medical Society, el cual se encarga de la revisión continua de nuevas investigaciones y aplicaciones clínicas para emitir recomendaciones sobre los trastornos que son susceptibles de manejarse con OHB, ya sea como tratamiento primario o adjunto.^(2,3)

Una de las aplicaciones ampliamente recomendadas por el mencionado Comité es en el manejo de heridas que no responden al tratamiento convencional en un tiempo razonable, entre éstas se cuenta al pie diabético, que representa una de las mayores causas de morbilidad en pacientes con diabetes mellitus.⁽³⁻⁵⁾

Oxígeno hiperbárico en insuficiencia arterial y venosa

El oxígeno hiperbárico es una herramienta novedosa pero efectiva para tratar múltiples padecimientos vasculares y metabólicos y ha sido olvidado en gran medida como una terapia alternativa. Se señala que este tipo de tratamiento a dosis de 1 a 1.2 atmósferas de oxígeno mejoran notablemente las lesiones ocasionadas por insuficiencia venosa y arterial en las extremidades inferiores, las cuales no han sido abordadas de primera intención como tratamiento de elección en México y en menor grado en el resto del mundo.⁽⁶⁾

La administración de oxigenación hiperbárica a alta presión por arriba de una atmósfera, se ha comprobado que es donde sus efectos mejoran el estado de salud y corrige varias anormalidades metabólicas, vasculares y degenerativas en el cuerpo humano. El procedimiento es fácil y seguro, en corto tiempo y sin ningún riesgo o efecto colateral importante.

El oxígeno hiperbárico (hiper-arriba bórico-presión) como terapia adjunta no es nueva. Inicia su uso a fines del siglo XIX y actualmente son muchos sus beneficios. Los tratamientos son administrados en presiones de 0.9 a 1.4 de atmósferas absolutas, el equivalente a estar a 33 pies debajo del agua. Cada tratamiento dura entre 45-60 minutos y se recomiendan como mínimo 2 a 3 veces por semana, dependiendo del problema a resolver, pudiendo ser a diario en los casos de pie diabético y polineuropatía diabética dolorosa.^(1,3,5)

En aquellos casos de pie diabético más hipoxemia e infección se requiere además de un triple esquema antibiótico con cobertura para anaerobios el uso del oxígeno hiperbárico diario, lo cual además de mejorar el sistema inmunológico permita la mejor permeación de los antibióticos, mejoría de la hipoxemia a nivel tisular, lo cual mejora las condiciones tanto del tejido infectado como del tejido vecino con reacción inflamatoria.^(3,7)

La cámara hiperbárica es oxígeno a alta presión por arriba de una atmósfera, la cámara hiperbárica uniplaza tiene la capacidad de alcanzar hasta 1.4 atmósferas, semejante a una presión de 33 pies bajo el mar. Esta presión se obtiene por medio de un compresor metálico que no utiliza aceite, con filtros para purificar el oxígeno que obtiene del ambiente.⁽²⁾

El oxígeno hiperbárico, provoca cambios físico-químicos a nivel de la piel, mucosas, torrente circulatorio, linfático, reflejando un enorme beneficio en todos los pacientes que se someten a estas sesiones terapéuticas.

La cámara hiperbárica portátil, con tecnología estadounidense ha revolucionado el mercado, siendo de gran utilidad en una amplia gama de padecimientos: desde cansancio y estrés, aprovechamiento físico de atletas, aceleración de la cicatrización, mala circulación, hasta manejo de dolor crónico; por diversas razones y especialmente en el pie diabético, donde la circulación se afecta en más del 60% y las alteraciones neurológicas en un 100%, su uso para enfermedades vasculares fue aprobado por la FDA desde el año 1995 (Figura 1 a, b, c, d).

En la actualidad debemos dirigir la atención no sólo a la corrección de la hipoxemia, sino también a la hipoxia de los tejidos. La hipoxia tisular también se halla asociada con la formación de radicales libres y limitar su duración limita también el daño que pudiera causarse.⁽⁸⁾ Yacoub y Zeitlin⁽⁹⁾ salvaron de una muerte segura a un paciente hipóxico con síndrome de bajo rendimiento cardíaco postoperatorio, administrándole oxígeno hiperbárico intermitente a dos atmósferas por un total de 16 horas en el transcurso de un día.

El beneficio de una dosis elevada de oxígeno (1.2 a 1.4 atmósferas-1 atmósfera equivale a 12 metros de presión bajo el nivel del mar) en hipoxia deriva de la restauración de la actividad metabólica normal, más que de las acciones semejantes a fármacos como sugieren otros investigadores.^(6,8,9)

La preservación de la energía a través de concentraciones adecuadas de trifosfato de adenosina (ATP) en el músculo después de isquemia se logra cuando se utiliza oxígeno hiperbárico. La acción fundamental del OHB a nivel tisular es entre otras cosas el resultado del incremento en la disponibilidad de oxígeno. El proceso inflamatorio o la estasis sanguínea producen edema, el cual se resuelve en gran medida porque el oxígeno produce vasoconstricción, lo que reduce la presión hidrostática en los tejidos, permitiendo así un mejor drenaje linfático. El gradiente para la transferencia de oxígeno al tejido se relaciona directamente con su tensión en plasma.^(2,5)

Esto puede incrementarse con seguridad de los 13.3 kPa cuando el paciente está respirando aire, a más de 293 kPa a 1.2-1.4 atmósferas, esto es, cuando el paciente respira oxígeno al 100% dentro de una cámara hiperbárica.⁽²⁾

- El uso de oxígeno hiperbárico induce a la vasoconstricción y reduce edema, pero es capaz de reutilizar la energía y su distribución en el área afectada.
- Normaliza la tensión de oxígeno, lo que permite una mejor utilización en los tejidos dañados y los locales (adyacentes).

- Una de las aplicaciones más frecuentes es el uso de las terapias de oxígeno hiperbárico para reparar el daño en la piel causado por radiación en terapias de cáncer o por quemaduras de la piel, tejidos blandos y músculo. Este padecimiento es frecuente y existen pocas terapias para ayudar en un tiempo breve a su recuperación.

El OHB disminuye la hipoxia y la cascada metabólica que se produce en la microcirculación y como consecuencia de la oxidación de los tejidos se induce más hipoxia tisular, la cual al corregirse por la presión de la cámara hiperbárica mejora el ambiente regional y permite la reorganización de metabolismo celular.^(6,8,10-12)

El edema cerebral focal entra dentro de la lista de indicaciones para oxígeno hiperbárico según la *Undersea and Hyperbaric Medical Society*^(1,2,11) (infarto cerebral, embolia, isquemia cerebral). Esto resulta sorprendente, puesto que, en el embolismo de aire, la enfermedad mejora con la descompresión, al igual que la intoxicación por monóxido de carbono -son indicaciones claras para el oxígeno hiperbárico- abriendo la barrera hemato-encefálica y produciendo salida del líquido del intersticio entre la neurona y la glía y de esta manera disminuye el edema focal.^(2,11,13)

En un estudio controlado de 168 pacientes con lesiones severas por traumatismo craneoencefálico, un curso

breve de oxígeno hiperbárico redujo la mortalidad a la mitad. Este estudio sugiere que es recomendable la realización de estudios controlados en casos en que la hipoxia puede ser determinada de manera objetiva (por ejemplo cuando el paciente sufre el evento vascular cerebral, tales como en la embolia cerebral) y se determina a través de estudios como resonancia magnética de cráneo o SPECT cerebral disminución del flujo sanguíneo cerebral (FSC) el OHB está indicado para mejorar la hipoxia cerebral⁽¹¹⁾ (Figura 2).

También se ha informado que la hipoxia generalizada en pérdidas agudas de sangre puede ser mejorada sin transfusión sanguínea a través de sustitutos de sangre y OHB, lo cual resulta decisivo en casos de pacientes con la religión denominada testigos de Jehová.⁽¹⁴⁾

Oxígeno hiperbárico en enfermedades desmielinizantes

Un hallazgo neurocientífico reciente ha demostrado que es posible identificar hipoxia focal en el cerebro de pacientes con esclerosis múltiple aguda mediante espectroscopia por resonancia magnética. Por otro lado, en los pacientes con enfermedades desmielinizantes la posibilidad de mejorar el entorno metabólico del daño a la mielina central en el oligodendrocito puede mejorar con OHB^(2,15) (Figura 3).



Figura 1 a y b). Cambios tróficos en la piel de las piernas con un color ocre debido a insuficiencia circulatoria de la epidermis y trastornos metabólicos, lo que cambia la coloración de la piel, con úlceras de 1 a 2 cm que involucran dermis, epidermis y tejido celular subcutáneo. c) Lesión vascular con úlcera de 3 cm de dermis y epidermis en la pierna izquierda. d) Curación de la úlcera y mejoría de la coloración de la piel después de 16 sesiones de oxigenación hiperbárica.

Cómo trabaja el oxígeno hiperbárico

La cantidad de oxígeno en la sangre se satura en el área dañada (redistribuye) así como en los tejidos adyacentes: esto estimula a los vasos sanguíneos a revascularizarse y así reparar el daño en la microcirculación y generar nuevos. Entonces, el cuerpo reconoce que han sido dañados y así aplica toda su energía y nutrientes para acelerar su curación.⁽¹⁶⁾

La transferencia de oxígeno requiere de la circulación de la sangre. En isquemias debidas a oclusión mayor de una arteria es necesario eliminar la oclusión (en caso de esteno-

sis de la arteria carótida). La American Heart Association emitió varios reportes en los últimos años donde se informaba sobre estudios controlados que mostraban sin duda los beneficios del oxígeno hiperbárico como tratamiento adyuvante después de trombólisis coronaria. Se necesitan urgentemente estudios similares respecto de los accidentes vasculares cerebrales.⁽¹⁷⁾

Las instalaciones donde pueda administrarse el oxígeno hiperbárico en pacientes con indicación primaria como el paciente con exceso del estrés oxidativo, daño cerebral agudo, insuficiencia circulatoria cerebral y sistémica, pie diabético, várices, problemas en las funciones mentales supe-

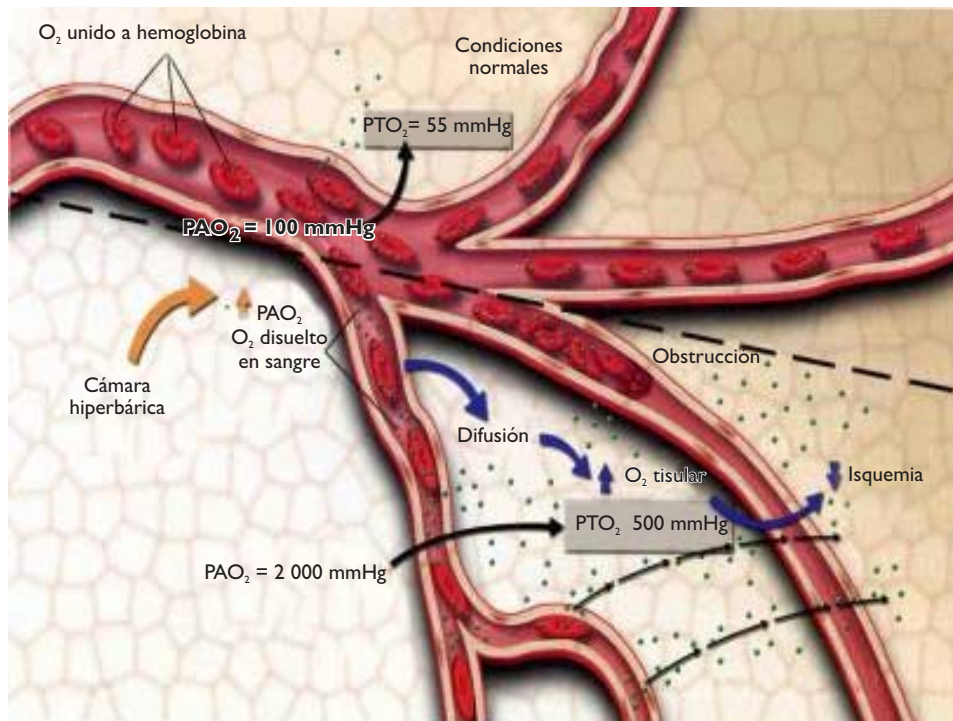


Figura 2. Ilustraciones que demuestran la presión ejercida por la cámara hiperbárica para suministrar a los lechos vasculares cerebrales disminuidos por isquemia.

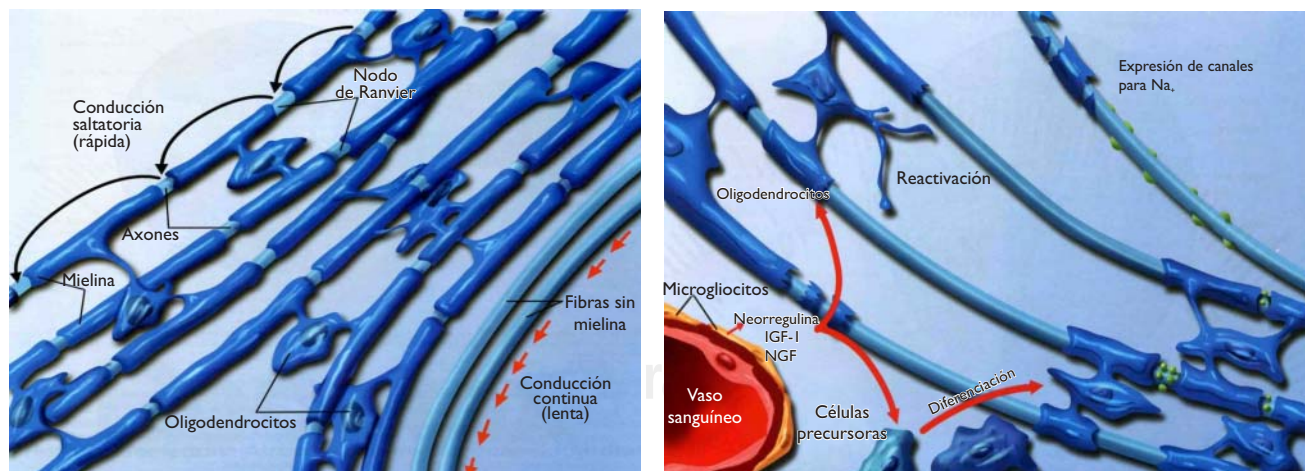


Figura 3. a). Imagen esquemática del flujo axonal y la cubierta miélica normal. b) Deterioro del flujo axonal por daño a la cubierta de la mielina normal.

riores principalmente problemas de memoria son escasas en nuestro país. El tratamiento de la cicatrización de las heridas complicadas con infecciones por gérmenes aerobio o anaerobios gram positivos o gram negativos en pacientes diabéticos, exige el apoyo complementario de una oxigenación hiperbárica. La cámara hiperbárica de mayor utilidad es aquella que puede trasladarse fácilmente para su uso clínico, lo más recomendable es la cámara simple monoplaza (Figura 4) como las que ofrece el Centro Integral de Medicina Avanzada en Xalapa, Veracruz y el Centro BIDOX en México y Cd. Juárez.

Indicaciones aprobadas en 1995 por FDA.

- En la actualidad, existe un espectro mucho más amplio de indicaciones que incluye curación de heridas limpias o contaminadas, manejo de quemaduras, osteomielitis y lesiones cerebrales.⁽¹¹⁾ Su intervención es benéfica también en pacientes con secuelas de parálisis cerebral infantil^(18,19) y forma parte de la atención precoz de politraumatismos, eventos vasculares cerebrales (EVC), infarto agudo de miocardio y trauma craneoencefálico.⁽¹¹⁾ En los próximos años es indudable que las indicaciones de la medicina hiperbárica experimentarán una notable expansión, además de las ya claramente indicadas.
- Pie diabético.⁽²⁰⁻²⁴⁾
- Heridas comprometidas²¹
- Venas varicosas¹

Pie diabético

El mecanismo básico por el cual se compromete la cicatrización en cualquier herida es una combinación de hipoperfusión e infección con la consecuente hipoxia tisular;⁽²⁰⁻²²⁾ por otra parte la hipoxia compromete la proliferación de fibroblastos, la síntesis de colágena, la producción de factor angiogénico

y el mecanismo intracelular antibacteriano de los leucocitos, propiciando así un medio ideal para la infección.^(20,22)

Se sabe que la tensión de oxígeno en el tejido lesionado es menor de 20 mmHg y que una reducción de esta tensión por abajo de 30 mmHg altera los mecanismos antibacterianos de los polimorfonucleares.^(4,6,23) Asimismo, existen estudios científicos que demuestran elevaciones intermitentes de la tensión de O_2 (por arriba de 30 mmHg) en el tejido cicatrizal, por lo cual el oxígeno hiperbárico mejora los mecanismos para la neovascularización generada por el microambiente isquémico^(3-5,24) (Figura 5).

Por otra parte, se conoce el efecto sinérgico del OHB con algunos antibióticos; a este respecto, se sabe que el transporte de aminoglucósidos a través de la membrana bacteriana es dependiente de oxígeno y se inhibe con la hipoxia, por lo que el OHB mejora la actividad de estos fármacos.^(21,23)

En relación con el uso del OHB como tratamiento adjunto en pie diabético, la literatura informa acerca de varios estudios en pacientes en los cuales se demuestra que alrededor de un 60% de los enfermos tratados sanó o mostró mejoría significativa.^(5,20,24)

Baroni⁽²⁴⁾ realizó un estudio prospectivo controlado, utilizando OHB en pacientes con pie diabético grado 3 a 4 de Wagner y encontró una mejor evolución en los que se sometieron a tratamiento adjunto con OHB, y una disminución importante en la tasa de amputaciones de los mismos (Figura 5). Otra serie que informa Davis⁽⁵⁾ demostró mejoría en 70% de los casos de pie diabético grado 3 a 4 de Wagner tratados con OHB, curación diaria, antibióticos triple esquema y control metabólico estricto (Figura 6).

CONCLUSIONES

La terapia con OHB en el pie diabético promueve la cicatrización al estimular directamente la replicación de los fibroblastos, síntesis de colágena y angiogénesis en el tejido is-



Figura 4. Cámara hiperbárica monoplaza desmontable para oxigenación hiperbárica hasta 1.4 atmósferas, alta seguridad y fácil uso.



Figura 5. a). Úlcera Wagner grado 2, se observa afectación tendinosa, úlcera profunda. b) Úlcera con clasificación Wagner 3/ San Antonio 3b. Necrosis del primero y quinto dedo del pie. c) Úlcera Wagner 2/San Antonio 2c con necrosis del segundo dedo. d) Úlcera Wagner 1/San Antonio estadio 1 la cual de no tratarse evolucionaría a infección isquemia o gangrena localizada.



Figura 6. a). Úlcera Wagner tipo 3/San Antonio 3c al inicio del tratamiento con OHB. b) después de 16 sesiones disminución a Wagner 2/San Antonio 2. c) después de 26 sesiones Wagner 1/ San Antonio 1.

quémico. Incrementa también la actividad bactericida de los leucocitos mediante el aporte de oxígeno a nivel celular, generando así la formación de radicales libres de oxígeno con efecto bactericida y bacteriostático.

Las nuevas indicaciones en enfermedad vascular cerebral como isquemia cerebral por embolia o trombosis, así como en el edema cerebral secundario a traumatismo craneoencefálico son una indicación potencial a tener en cuenta.

La parálisis cerebral infantil es otra de las indicaciones esperanzadoras en un futuro cercano.

Por lo tanto, sin duda se requerirán al menos una de estas terapias alternativas de oxígeno hiperbárico en cada hospital por la alta morbilidad de la diabetes mellitus y sus complicaciones en nuestro país. Esto le ahorraría al Sistema Nacional de Salud mexicano millones de pesos al año y mejoría de la calidad de vida de los pacientes al darse la oportunidad de evitarse la amputación de una extremidad.

REFERENCIAS

1. Kindwall LP. Hyperbaric oxygen BMJ 1993;307:515-6.
2. Camporesi EM. Hyperbaric oxygen therapy: a committee report. USA: Undersea and Hyperbaric Medical Society 1996:21-24.
3. Sheffield PJ. Tissue oxygen tension. En: Davis JC, Hunt TK (eds.). Problem wounds: The role of oxygen. New York: Elsevier 1988:17-51.
4. La Van PB, Hunt TK. Oxygen and wound healing. Clin Plast Surg 1990;17(3):463-472.
5. Davis JC. The use of adjuvant hyperbaric oxygen in treatment of the diabetic foot. Clin Podiatr Med Surg 1987;4(2):429-437.
6. Zamboni WA, Rosh AC, Russell RC, Graham B, Suchy H, Kucan JO. Morphological analysis of the microcirculation during reperfusion of ischemic skeletal, muscle and the effect of hyperbaric oxygen. Plast Reconstr Surg 1993;91:1110-23.

7. Robson MC, Stenberg BD, Heggers JP. Wound healing alterations caused by infection. *Clin Plast Surg* 1990;17(3): 485-492.
8. Misra Hp, Fridovich I. The generation of superoxide radical during the autoxidation of ferredoxins. *J Biol Chem* 2001;246:6886-90.
9. Yacub MH, Zeitlin GL. Hyperbaric oxygen in the treatment of the post-operative low-cardiac-output syndrome. *Lancet* 1995;581-3.
10. Carnochan FMT, Abbott NC, Beck JS, Spence VA, James PB. The influence of histamine and PGE₂ induced hyperaemia and oedema on respiratory metabolism in normal forearm skin. *Agents Actions* 1990;29:292-8.
11. Rockswold GL, Ford SE, Anderson Dc, Bergman TA, Sherman KR. Results of a prospective trial for treatment of severely brain-injured patients with hyperbaric oxygen. *J Neurosurg* 1992;76:929-34.
12. Hunt TK, Pai MP. The effect of varying ambient oxygen tensions on wound metabolism and collagen synthesis. *Surg Gynecol Obstet* 1972;135:561-567.
13. Consensus Development on Diabetic Foot Wound Care. *Diabetes Care* 1999;22:1354-60.
14. Data PG, James PB. The futuro of HBQT. Scientific acceptance. *Memories of 3rd International Symposium, Fort Lauderdale, FL 2003:192-97*
15. Nylander O, Lewis D, Nordstrom H, Larsson S. Metabolic effects of hyperbaric oxygen postischemic, muscle. *Plast Reconstr Surg* 1987;79:91-6.
16. Mason J, O'Keeffe CO, Hutchinson A, et al. A systematic review of foot ulcers in patients with type 2 diabetes. II: Treatment. *Diabetic Med* 199;16:889-909
17. Thom SR. Antagonism of carbon monoxide-mediated brain lipid peroxidation by hyperbaric oxygen. *Toxicol Appl Pharmacol* 1990;165:340-4.
18. Montgomery S, Coldberg M, Amar Y, Lacroix J, Lecomte J, et al. Effects of hyperbaric oxygen therapy on children with spastic dysplastic cerebral palsy: a pilot project. *Undersea Hyper Med* 1999;26(4):235-242.
19. Neubauer RA. Hyperbaric oxygenation therapy (HBOT) in children with cerebral palsy and brain injury. *Memories of 3rd International Symposium, Fort Lauderdale, FL 2003:76-87.*
20. Stewart RL, Yajmagstrhi YT, Cianci PA, Knost PM, Samadani S, Mason SW, et al. Effects of hyperbaric oxygen on adenosine triphosphate. *Surgical Forum* 1999;839:87-90.
21. Riseman JA, Zamboni WA, Curtis A, Graham DR, Ross PS. Hyperbaric oxygen therapy for necrotizing fascitis, reduced mortality and the need for debridements. *Surgery* 1990;108:847-50.
22. Zamboni WA, Rosh AC, Russell RC, Graham B, Suchy H, Kucan JO. Morphological analysis of the microcirculation during reperfusion of ischemic skeletal muscle and the effect of hyperbaric oxygen. *Plast Reconstr Surg* 1993;91:III0-23.
23. Mader JT, Brown OL, Gluckian JC, Wcll CH, Reinurz JA. A mechanism for the amelioration by hyperbaric oxygen of experimental staphylococcal osteomyelitis in rabbits. *J Infect Dis* 1990;142:915-22.
24. Baroni G, et al. Hyperbaric oxygen in diabetic gangrene treatment. *Diabetes Care* 1987;10(1):81-86.