

O papel da oxigenoterapia hiperbárica na doença vascular periférica

The role of hyperbaric oxygen therapy in peripheral vascular disease

Ricardo Costa Val¹, Roberto Carlos de Oliveira e Silva²,
Tarcizo Afonso Nunes³, Tatiana Karina De Puy e Souza⁴

Resumo

Objetivo: A oxigenoterapia hiperbárica vem sendo utilizada na medicina de forma mais criteriosa há poucos anos. Inúmeros trabalhos científicos experimentais e clínicos têm proporcionado a elucidação dos efeitos fisiológicos e dos mecanismos de ação do oxigênio hiperbárico. Apesar disso, restam questões ainda não totalmente respondidas, tais como seu mecanismo de ação, seus efeitos colaterais e suas contra-indicações. Devido ao crescente interesse por essa modalidade terapêutica, poderemos observar, nos próximos anos, uma possível expansão da sua aplicabilidade clínica, com especial interesse para as áreas de angiologia e cirurgia vascular. Este artigo tem o propósito de discutir e estimular o debate sobre o tema através da descrição de três casos clínicos distintos de pacientes portadores de afecções vasculares que foram submetidos a oxigenoterapia hiperbárica associada a demais medidas terapêuticas.

Métodos: Os três pacientes foram submetidos a 20 sessões diárias e consecutivas de oxigenoterapia hiperbárica com duração de 120 minutos, a 2,5 ATM e com O₂ suplementar a 100%. Efetuou-se, ainda, desbridamento cirúrgico dos tecidos inviáveis. Além disso, aplicou-se curativos diários simples com pomadas à base de colagenase e antimicrobiano local.

Resultados: Dentre os resultados observados após as sessões de oxigenoterapia hiperbárica, destacam-se os seguintes: cicatrização completa da lesão trófica, ausência das dores no local da lesão, evidente granulação da ferida e regressão importante e acelerada do edema. Contudo, em um dos casos, não ocorreu nenhuma melhora na distância de marcha e na redução de uso de analgésicos.

Conclusões: A oxigenoterapia hiperbárica é mais uma arma terapêutica com propriedades ímpares e que poderá auxiliar na condução das afecções de difícil controle em pacientes portadores de moléstias vasculares periféricas. É importante ressaltar, contudo, a necessidade de empregar essa terapia de forma responsável, por profissionais bem preparados e, acima de tudo, sem considerá-la uma fórmula mágica.

Palavras-chave: oxigenoterapia, doenças vasculares periféricas, terapias alternativas.

Abstract

Objective: In the last few years, hyperbaric oxygen therapy has been used more judiciously for medical purposes. Countless experimental and clinical studies have provided clarifying information on the physiological effects and mechanisms of such therapy. Nevertheless, many aspects regarding its mechanism, side effects and contraindications still remain unclear. Due to the increasing interest in this kind of treatment, its clinical applications will probably be widely disseminated in the future, mainly within the areas of angiology and vascular surgery. The objective of this article is to discuss and encourage debate on this subject through the description of three different cases of patients with vascular lesions who were submitted to hyperbaric oxygen therapy associated with other therapeutic procedures.

Methods: All three patients were submitted to 20 daily and consecutive sessions of hyperbaric oxygen therapy. Each session lasted for 120 minutes, at 2.5 ATM and with supplementary O₂ at 100%. Surgical debridement was also performed. In addition, daily simple dressings with collagenase ointment and antimicrobial medication were applied.

Results: Some of the significant results observed after the hyperbaric oxygen therapy sessions were complete healing of the lesion, absence of pain, wound granulation, and reduction of the edema. However, one of the cases did not present any improvement regarding walking distance and reduction of the use of analgesic medication.

Conclusions: Hyperbaric oxygen therapy is a powerful therapeutic tool and has unique properties, which can be useful in the management of peripheral vascular diseases. It is of utmost importance that the professionals in charge of hyperbaric oxygen therapy be well trained. This therapy should not be considered a magic tool.

Key words: oxygen inhalation therapy, peripheral vascular diseases, alternative therapies.

1. Mestre. Especialista em Angiologia/Cirurgia Vascular pela SBACV. Professor assistente, Universidade Federal de Minas Gerais.
2. Doutor, Universidade Federal de Minas Gerais.
3. Doutor. Professor adjunto, Universidade Federal de Minas Gerais.
4. Acadêmica de Medicina, Faculdade de Barbacena, MG.

dissolvidos no plasma sanguíneo, fundamento dessa modalidade terapêutica. Esse estado de hiperóxia é conseguido utilizando-se ambientes fechados, denominados câmaras, que são capazes de acomodar um paciente (monopaciente) ou vários pacientes (multipaciente). As câmaras monopaciente são pressurizadas com oxigênio puro, enquanto que, nas multipaciente, o paciente respira através de máscaras que fornecem O₂ a 100% e o ambiente interior é pressurizado com ar comprimido. Em ambos os casos, a pressão de oxigênio é elevada aos níveis desejados¹⁻³. O pioneirismo da oxigenoterapia hiperbárica é atribuído ao britânico Henshaw, responsável pela idealização e construção da primeira câmara utilizada com esse propósito, em 1662, denominada por ele de *Domicilium*⁴.

Do ponto de vista fisiológico, a OHB consiste na inalação intermitente de O₂ a 100% sob uma pressão atmosférica maior do que 1 atmosfera. O aumento da pressão de O₂ geralmente é expresso em valores múltiplos da pressão atmosférica absoluta (ATA), sendo 1 ATA igual a 1 kg/cm² ou 735,5 mmHg. De acordo com os protocolos hoje aceitos, a maioria das oxigenoterapias é realizada utilizando-se pressão entre 2 e 3 ATA, exceto para o tratamento da embolia gasosa e da doença descompressiva dos mergulhadores, em que a pressão mais elevada é fator crucial para a obtenção do efeito desejável. Nessas situações, utilizam-se níveis de pressão atmosférica de até 6 ATA⁵.

A inalação de ar com elevada pressão parcial de oxigênio proporciona aumento significativo nos níveis de O₂ dissolvido no plasma sanguíneo, mas é importante ressaltar que o oxigênio em condições normais de pressão atmosférica não é capaz de produzir as reações observadas na modalidade hiperbárica. Portanto, a câmara compressiva é um instrumento indispensável para sua realização⁵.

Pacientes e métodos

Primeiro caso

Paciente feminina, 46 anos, dona-de-casa, apresentando melanodermia, portadora de isquemia crítica (classe IV de Fontaine) de membro inferior direito secundária a tromboangeíte obliterante. Submetida a três tentativas cirúrgicas frustradas de revascularizações arteriais durante um período de três anos, devido a trombose arterial (primeira operação) ou a oclusão precoce do enxerto venoso (duas últimas operações). À admissão, observou-se lesão trófica distal em hálux com

secreção purulenta, ausência de pulsos maiores palpáveis em todos os focos a partir do pulso femoral e deságüe distal precário à arteriografia. Ao exame físico com Doppler de ondas contínuas, não se identificou som arterial nas artérias distais junto aos maléolos.

A paciente foi submetida a 20 sessões diárias e consecutivas de OHB com duração de 120 minutos, a 2,5 ATM e com O₂ suplementar a 100%. Além disso, uma semana após a última sessão, realizou-se, propositalmente, desbridamento cirúrgico dos tecidos necróticos que se encontravam no hálux, além de curativos diários simples com pomadas à base de colagenase e antimicrobiano local.

Ao completar 40 dias da última sessão de OHB, observamos cicatrização completa da lesão trófica, que se manteve por cerca de seis meses. Durante esse período, entretanto, não ocorreu nenhuma melhora na distância de marcha e na redução de analgésicos. Cerca de um ano após a operação, a paciente foi novamente admitida com isquemia crítica, sendo, então, realizada amputação do membro na altura da coxa.

Segundo caso

Paciente masculino, 52 anos, lavrador, tabagista crônico e apresentando leucodermia. Admitido com história de lesão dolorosa na base medial do hálux esquerdo de aspecto isquêmico, com cerca de 90 dias de evolução, secundária a trauma local. Estava fazendo curativos diários em posto de saúde no interior de Minas Gerais com pomadas à base de solução anti-séptica e de iodo, porém sem obter melhora. À prope-dêutica, observou-se oclusão da artéria femoral superficial distal com escoamento por ramos geniculares para artéria poplítea, com deságüe de perna bom, mas com ateromatose difusa e oclusão da artéria tibial anterior. Identificou-se som bifásico na artéria tibial posterior distal ao Doppler de ondas contínuas e índice tornozelo-braço de 0,47.

Optou-se por realizar tratamento clínico. O paciente foi submetido a 20 sessões diárias e consecutivas de OHB com duração de 120 minutos, a 2,5 ATM e com O₂ suplementar a 100%. Além disso, aplicou-se curativos diários com pomadas à base de colagenase e antimicrobiano local. No início do tratamento, realizou-se, também, desbridamento cirúrgico dos tecidos inviáveis.

Ao final das 20 sessões, observou-se ausência das dores no local da lesão e evidente granulação da ferida

(Figuras 1 e 2). O paciente foi, então, acompanhado em ambulatório, sendo observada cicatrização completa após três meses da última sessão de oxigenoterapia hiperbárica. Atualmente, ele está submetendo-se a programa de caminhadas e uso de antiagregante plaquetário e de drogas hemorreológicas.



Figura 1 - Lesão trófica na base do hálux direito. Início do tratamento.



Figura 2 - Aspecto da lesão trófica após 20 sessões de OHB e curativos diários. Observa-se evidente granulação dos tecidos.

Terceiro caso

Paciente masculino, 24 anos, estudante, apresentando leucodermia, vítima de ruptura completa da artéria poplítea esquerda, secundária a atropelamento. Após 16 horas de isquemia, foi submetido a revascula-

rização arterial do membro com veia safena magna reversa contralateral e fasciotomia ampla de perna. Evoluiu com síndrome de reperfusão de grande magnitude clínica, sendo necessário suporte em unidade de terapia intensiva, correção dos distúrbios hidroeletrólíticos e da hemostase e alcalinização da urina.

O paciente foi submetido a 20 sessões diárias e consecutivas de OHB com duração de 120 minutos, a 2,5 ATM e com O₂ suplementar a 100%. O tratamento foi iniciado no 3º dia de pós-operatório. Além disso, foram realizados curativos diários com pomadas à base de colagenase e antimicrobiano local. Durante o tratamento, foram realizados, também, desbridamentos cirúrgicos dos tecidos inviáveis.

Observou-se uma regressão importante e acelerada do edema de todo membro inferior esquerdo, além de evidente granulação das partes moles, com fechamento posterior da área submetida a fasciotomia durante cirurgia plástica (Figuras 3 e 4).

Discussão

A síntese de colágeno, a angiogênese e a epitelização são extremamente dependentes dos níveis pressóricos de oxigênio. Em ambientes com baixas taxas de oxigênio, tanto a atividade celular quanto a humoral encontram-se prejudicadas, determinando uma incapacidade de manutenção da fisiologia da cicatrização. O oxigênio é indispensável para a atividade dos polimorfonucleares, para a ativação dos fibroblastos e para a hidroxilação dos aminoácidos lisina e prolina, que é uma etapa fundamental dessa síntese. O estímulo básico para a angiogênese é a hipóxia. A OHB provoca um aumento no gradiente de pressão de oxigênio entre os tecidos normais e os lesados, potencializando, portanto, o estímulo para seu desencadeamento^{3,6}. Em feridas epiteliais, a OHB aumentou a resposta angiogênica, demonstrada por análises histológicas. Um aumento da vascularização também foi claramente demonstrado em casos de doentes portadores de neoplasias malignas que tiveram seus cânceres de cabeça e de pescoço ressecados e irradiados⁷. Essas peculiaridades fazem com que a cicatrização das feridas isquêmicas seja favorecida pelo uso concomitante da oxigenoterapia hiperbárica e de medidas já amplamente conhecidas, tais como retiradas cirúrgicas de tecidos necróticos, drenagens de coleções líquidas e/ou purulentas, administração de antibióticos e manuseio correto dos curativos.



Figura 3 - Visão ampla do membro inferior esquerdo (MIE) no 8º dia pós-operatório e após seis sessões de OHB e curativos. Observa-se edema difuso expressivo, área de fasciotomia e deiscência da ferida na região inguinal.



Figura 4 - Mesma visão do MIE no final das 20 sessões de OHB, juntamente com curativos e um desbridamento cirúrgico. A diminuição do edema é notável, além da rica granulação das áreas cruentas.

Nos três casos descritos, sempre utilizamos a oxigenoterapia hiperbárica de forma criteriosa e nunca de maneira isolada. Percebemos, entretanto, que a granulação dos tecidos e a reposta tissular aos desbridamentos cirúrgicos apresentam melhores resultados com a associação de terapias.

Sabe-se que, a uma pressão de 3 ATA, o plasma sangüíneo contém 6,8 vol% de oxigênio, que é a quantidade média de O_2 requerida pelos tecidos. Em razão disso, a oxigenoterapia hiperbárica é aplicável em situações de anemia aguda ou em situações em que os indivíduos não podem receber sangue e derivados, devido a causas médicas e, principalmente, religiosas^{5,8}. Em nossa prática clínica, temos observado pacientes que sofrem grandes perdas sangüíneas sentem-se melhor durante as sessões de OHB, mesmo quando as anemias são corrigidas prontamente.

Em tecidos submetidos a eventos isquêmicos agudos, tais como a síndrome compartimental ou os reimplantes de extremidades, situações comuns no trauma vascular, ocorre um declínio na oferta de oxigênio, o que acarreta um desvio da produção de energia para a glicólise anaeróbica. À medida que a oferta de oxigênio é diminuída e o tempo prolongado, o metabolismo celular desacelera, resultando em dano à membrana celular e em aumento progressivo da permeabilidade endotelial, numa reação em cadeia. Assim que a circulação é restabelecida, ocorre um aumento da pressão no leito vascular distal, promovendo a abertura de *shunts* arteriovenosos fisiológicos e edema clínico significativo. Novamente, ocorrerá uma resposta auto-sustentável, provocando nova desregulação dos mecanismos reflexos celulares e resultando numa isquemia paradoxal⁹.

Estudos experimentais demonstraram que a oxigenoterapia hiperbárica foi eficaz em reduzir o edema após eventos isquêmicos. Esse benefício é possível devido à vasoconstrição transitória secundária à elevada pressão tissular de oxigênio. Em antebraços de voluntários sadios humanos, observou-se uma redução em cerca de 20% do fluxo sanguíneo após a administração de O₂ sob pressão de 2 ATA⁹. Tais princípios são de extrema importância em situações em que ocorrem grandes fenômenos de reperfusão.

Na prática clínica, freqüentemente observamos eventos de reperfusão após situações traumáticas. A síndrome de reperfusão observada no terceiro caso é extremamente comum e facilmente prevista. Quando indicamos a oxigenoterapia hiperbárica para situações semelhantes a esse caso, baseamos nossa indicação nas propriedades e conhecimentos descritos.

Certas espécies de bactérias aeróbias são capazes de produzir enzimas (superóxido redutase e catalase) que degradam os radicais livres, essenciais no mecanismo de destruição bacteriana. Já bactérias anaeróbias e microaerófilas não são capazes de produzir tais enzimas, estando, portanto, suscetíveis aos radicais livres, originados com a oferta de oxigênio. Considerando-se, então, o aumento do fornecimento de O₂ suplementar pela oxigenoterapia hiperbárica, evidencia-se o efeito direto sobre os anaeróbios e os microaerófilos. Por outro lado, embora não tenha efeito direto sobre os aeróbios, essa modalidade terapêutica proporciona uma potencialização da atividade dos neutrófilos polimorfonucleares¹⁰ atuando sinergicamente com substâncias antimicrobianas nas situações infecciosas.

A experiência clínica com a oxigenoterapia hiperbárica é extensa, com trabalhos documentando uma redução na taxa de amputações em doentes que apresentavam úlceras isquêmicas graves de pé (Wagner III e IV) através da associação da OHB com medidas terapêuticas multidisciplinares¹¹⁻¹⁵. Também são fatores estatisticamente significantes a redução no tempo de internação, a necessidade de procedimentos cirúrgicos, os gastos financeiros com a terapêutica e o tempo de tratamento desses pacientes.

Com base nas propriedades angiogênicas descritas e na promoção e aceleração da cicatrização dos tecidos, temos indicado a OHB para pacientes portadores de lesões tróficas de extremidades, seja como tratamento inicial e anterior a um provável procedimento cirúrgico (primeiro caso) ou como medida

clínica principal, em situações em que, apesar da ferida, encontramos um tecido com um aporte razoável de sangue (segundo caso). No primeiro caso, entretanto, a oxigenoterapia hiperbárica foi utilizada, também, como tentativa desesperada de cicatrização, em situação inoperável e extremamente desfavorável. Apesar da melhora inicial, a amputação maior foi inevitável e demonstra, mais uma vez, a gravidade das afecções isquêmicas secundárias a vasculopatias.

Dentre as complicações relatadas, secundárias à oxigenoterapia hiperbárica, mencionam-se principalmente situações relacionadas com efeitos secundários nos órgãos e tecidos susceptíveis às diferenças de pressões intracavitárias, tais como pneumotórax, otite média, embolia arterial, fibroplasia ocular e diminuição transitória da capacidade expiratória pulmonar. A exposição a altas pressões de O₂ pode, ainda, diminuir o limiar do sistema nervoso central, podendo acarretar crises de convulsão. Os efeitos colaterais relatados estão diretamente relacionados ao tempo de exposição e à pressão absoluta dessa modalidade terapêutica. Os padrões ideais de exposição ao O₂ são os seguintes: pressão de 2,5 ATM, em sessões intermitentes e com duração de cerca de 90 a 120 minutos^{3,5,16}.

Em relação ao uso da OHB durante a gravidez, estudos relatam que, em animais de experimentação, a exposição não resultou em alterações nas crias. Através de trabalhos realizados na Rússia, evidenciou-se que a OHB em mulheres grávidas não produziu complicações no feto¹⁷.

Atualmente, as principais indicações terapêuticas da oxigenoterapia hiperbárica, seja como modalidade principal e/ou auxiliar, estão assim divididas:

Condições agudas e crônicas agudizadas: doença descompressiva, geralmente de mergulhadores; embolia gasosa e intoxicações graves por monóxido de carbono; infecções por clostrídios, tais como mionecrose e tétano; fasciite necrotizante; isquemia traumática aguda; distúrbios e doenças epiteliais graves, como epidermólise bolhosa e queimaduras extensas.

Condições crônicas: lesões actínicas; osteoradionecrose; osteomielite refratária; distúrbios de cicatrização.

Podemos dizer, portanto, que a oxigenoterapia hiperbárica possui fundamentos científicos para ser indicada em situações que envolvam eventos de reperfusão, de isquemia e de infecção.

Conclusões

As doenças vasculares são entidades clínicas graves, particularmente as afecções periféricas de origem isquêmica. Tais doenças justificam a constante busca, centrada em estudos éticos, por modalidades terapêuticas que possam somar-se aos tratamentos tradicionais.

Dentro dessa linha de raciocínio, a oxigenoterapia hiperbárica é, sem dúvida, mais uma importante arma terapêutica para ser utilizada e explorada pela angiologia e pela cirurgia vascular modernas.

Referências

- Hart G. The monoplace chamber. In: Kindall EP, Whelan HT. *Hyperbaric Medicine Practice*. 2nd ed. Flagstaff: Best Publishing Company; 1999. p. 99-126.
- Hart G. HBO and exceptional blood loss anemia. In: Kindall EP, Whelan HT. *Hyperbaric Medicine Practice*. 2nd ed. Flagstaff: Best Publishing Company; 1999. p. 741-751.
- Lima EB, Martins ACG, Bernades CHA. Uso da câmara hiperbárica no tratamento do pé diabético. *Revista de Angiologia e Cirurgia Vascular* 2001;10:11-14.
- Bedrikow R, Golin V. Oxigenoterapia hiperbárica no doente cirúrgico. In: Rasslan S. *O Doente Cirúrgico na UTI*. São Paulo: Ateneu; 2001. p. 493-502.
- Grim PS, Lawrence G Jr, Allyn B, Eric B. Hyperbaric oxygen therapy. *JAMA* 1990;263(16):2216-20.
- Hunt TK, Pai MP. The effect of varying ambient oxygen tensions on wound metabolism and collagen synthesis. *Surg Gynecol Obstet* 1972;135:561-7.
- Bayati S, Russell RC, Roth AC. Stimulation of angiogenesis to improve the viability of prefabricated flaps. *Plast Reconstr Surg* 1998;101:1290-5.
- Kindall E. The multiplace chamber. In: Kindall EP, Whelan HT. *Hyperbaric Medicine Practice*. 2nd ed. Flagstaff: Best Publishing Company; 1999. p. 127-142.
- Nylander G, Lewis D, Nordstöm H, Larsson J. Reduction of postischemic edema with hyperbaric oxygen. *Plast Reconstr Surg* 1985;76:596-601.
- Knighton DR, Halliday B, Hunt TK. Oxygen as an antibiotic. *Arch Surg* 1984;119:199-204.
- Hammarlund C. The physiologic effects of hyperbaric oxygenation. In: Kindall EP, Whelan HT. *Hyperbaric Medicine Practice*. 2nd ed. Flagstaff: Best Publishing Company; 1999. p. 37-69.
- Hammarlund C, Sundberg T. Hyperbaric oxygen reduced size of chronic leg ulcers: a randomized double-blind study. *Plast Reconstr Surg* 1994;93:829-33.
- Siddiqui A, Davidson JD, Mustoe TA. Ischemic tissue oxygen capacitance after hyperbaric oxygen therapy: a new physiologic concept. *Plast Reconstr Surg* 1997;99:148-55.
- Faglia E, Favales F, Aldeghi A, et al. Adjunctive systemic hyperbaric oxygen therapy in treatment of severe prevalently ischemic diabetic foot ulcer. *Diabetes Care* 1996;19:1338-43.
- Sousa JGA. Inalação do oxigênio em meio hiperbárico. *Revista de Angiologia e Cirurgia Vascular* 2002;11(4):180-9.
- Thorsen E, Aanderud L, Aasen TB. Effects of a standard hyperbaric oxygen treatment protocol on pulmonary function. *Eur Respir J* 1998;12:1442-5.
- Tomaszewski CA, Thom SR. Use of hyperbaric oxygen in toxicology. *Emerg Med Clin North Am* 1994;12:437-59.

Correspondência:

Dr. Ricardo Costa Val
 Rua Aimorés, 612/1103
 CEP 30140-070 - Belo Horizonte - MG
 Tel.: (31) 9972.6066/3224.2974
 E-mail: costaval@mkm.com.br