

Centro Universitário de Adamantina
Revista Científica OMNIA Saúde
e-ISSN 1806-6763
<https://doi.org/10.29327/ros.v7i1.809>

Pedro H. S. Romera ^{1*},
Guilherme Dias Bonadirman¹
Mayara Moura Alves da Cruz².

¹Departamento de Medicina, Centro Universitário de Adamantina, Adamantina, SP, Brasil

²Departamento de Ciências Biológicas e da Saúde, Centro Universitário de Adamantina, Adamantina, SP, Brasil

Autor correspondente:

pedroh_romera@hotmail.com

Recebido em: 31/07/2024

Aceito em: 01/10/2024

Resumo: Vamos explicar a ação da oxigenoterapia hiperbárica, e descrever os principais usos por meio de uma revisão de literatura utilizando plataformas como Pubmed, Scielo, plataforma Ovid Discovery, Comitê Europeu de Medicina Hiperbárica, sites governamentais e o Brazilian Journal of Development. Para revisar e analisar dados publicados de pesquisas e artigos para o uso de oxigenioterapia hiperbárica com suas ações entre os anos de 2004 e 2024. Mesmo sendo um método antigo, é possível analisar que a oxigenoterapia hiperbárica, está tendo resultados satisfatórios quanto ao tratamento de feridas crônicas como pé diabético, lesões em atletas e com importantes alterações cardiovasculares nos pacientes. Mostrou-se eficaz, também, no auxílio da recuperação do covid-19. A OHB é eficaz para o tratamento de lesões em atletas, feridas crônicas e também covid-19, como também para o aumento da saturação e da diminuição da frequência cardíaca do paciente.

Palavras-chave: Oxigenoterapia Hiperbárica, Covid-19, regeneração tecidual, atleta, Pé Diabético.

Abstract: Let's explain the action of hyperbaric oxygen therapy, and describe the main therapeutic uses. Literature review using platforms such as Pubmed, Scielo, Ovid Discovery, Official Websites, To Review And Analyze Published data from research and articles for the use of Hyperbaric Oxygen Therapy with its actions between the years 2004 and 2024. Even though it is an old method, it is possible to analyze that hyperbaric oxygen therapy is having satisfactory results in the treatment of chronic wounds such as diabetic foot, injuries in athletes and with important cardiovascular changes in patients. It also proved to be effective in helping to recover from Covid-19. HBOT is effective for treating injuries in athletes, chronic wounds and also Covid-19, as well as increasing saturation and decreasing the patient's heart rate.

Keywords: Hyperbaric Oxygen Therapy, Covid-19, tissue regeneration, athlete, Diabetic Foot.

INTRODUÇÃO

A Oxigenoterapia hiperbárica é uma modalidade terapêutica estudada e utilizada para condições médicas aprovadas pelo Conselho Federal de medicina e pelo *Undersea and Hyperbaric Medical Society*, a fim de realizar o tratamento de lesões de difícil cicatrização e para diminuir o tempo de tratamento em alguns pós operatórios e em lesões musculares.^{1,2}

Ocorre no interior de uma câmara hiperbárica com utilização de oxigênio puro, fazendo com que o paciente seja submetido a uma pressão atmosférica superior ao nível do mar (em pressão diferente do ambiente), gerando um maior transporte de O₂ pelo sangue e assim, tendo efeitos de interesses terapêuticos, como a cicatrização de feridas, e a desintoxicação de conteúdos tóxicos, aumentando, assim, o combate contra infecções por potencializar a ação de antibióticos¹.

Para a oxigenoterapia hiperbárica, podemos utilizar câmaras multiplace (que acomodam uma maior quantidade de pacientes ao mesmo tempo) e câmaras monolplace (acomodam somente um paciente)¹.

No Brasil, temos alguns locais públicos que oferecem o serviço com a medicina hiperbárica, como a Santa Casa de São Carlos, o Hospital de Base de São José do Rio Preto que fornece as duas câmaras, a mono e a multi, o hospital de São Paulo em Ribeirão Preto, que também possui os dois tipos. Há câmaras na Base Naval e no hospital Naval Marcílio Dias no Rio de Janeiro, no Incor GV (Governador Valadares), como temos no interior do estado de SP, em Araçatuba, no Centro Médico Assis Marinho, entre outros locais como, clínicas particulares espalhadas por todo Brasil e clubes de futebol como Atlético Mineiro, Palmeiras, Corinthians e Flamengo¹.

Segundo o Conselho Federal de Medicina na resolução CFM 1.457/95, esse tipo de terapia por ser usado no caso de inalação de fumaças tóxicas, embolias gasosas, doença descompressiva, anemia aguda, e em lesões refratárias como úlceras de pele, lesões de pé diabético e infecções agressivas do tecido mole. E, recentemente, foi usada para tratamento de sintomas longos pós covid-19⁵.

Porém, temos que tomar cuidado pois infecções respiratórias superiores, febre não controlada, doença pulmonar obstrutiva e assintomáticos com bolhas pulmonares, são consideradas relativas, mas isso não significa que se houver um risco maior a vida não possa ser utilizada. Mas, a Oxigenoterapia Hiperbárica tem uma contraindicação absoluta que é o pneumotórax não tratado e quimioterápicos, como a bleomicina por conta do seu risco de causar fibrose pulmonar⁴.

Sendo assim, o objetivo deste estudo é explicar a ação da OHB, e descrever os principais usos terapêuticos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo trata-se de uma revisão integrativa baseada em estudos nacionais e internacionais, a fim de investigar sobre o tratamento de lesões citadas pelo Conselho Federal de Medicina (alterações cardiopulmonares, lesões refratárias, covid 19) bem como sobre os efeitos da Oxigenoterapia Hiperbárica. A pesquisa bibliográfica baseou-se na busca de artigos científicos indexados nas bases de dados: Pubmed, Scielo, plataforma Ovid Discovery, Comitê Europeu de Medicina Hiperbárica, sites governamentais e o Brazilian Journal of Development.) Como critérios de seleção, optou-se pela busca de artigos científicos dentre os quais respondiam à pergunta norteadora e atendiam à temática estabelecida pelos descritores: “Lesões de Pé Diabético”; “Alterações Cardiorrespiratórias”; “Mecanismo de Ação”; “Tratamento covid-19”; “Efeitos Fisiológicos”; “Regeneração”; com o uso do operador booleano “AND” entre o descritor “Oxigenoterapia Hiperbárica” e os demais descritores definidos.

Os critérios para inclusão dos artigos científicos buscados nas plataformas digitais citadas anteriormente foram: (1) artigos completos disponíveis de forma gratuita na Internet, (2) artigos em português, inglês e espanhol; (3) artigos publicados de 2004 até o ano de 2024 .

Foram excluídos desta revisão, os artigos que apresentavam tema diferente ao objetivo proposto ou que não se encaixassem nos critérios de inclusão.

Ao final restaram 23 artigos científicos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram selecionados 191 artigos sendo excluídos na fase de triagem 168 artigos e selecionados na fase de elegibilidade 23 porém com exclusão de 2, ficando assim com um total de 21 artigos inclusos na discussão por cumprirem os critérios de seleção que são: conterem temas descritos como lesões de pé diabético, alterações cardiorrespiratórias, mecanismo de ação, tratamento covid-19, efeitos fisiológicos, oxigenoterapia hiperbárica.

A oxigenoterapia hiperbárica é um método terapêutico desde 1622, mas somente em 1995 foi aceita no Brasil pelo conselho de medicina e consiste em submeter o paciente a oxigenação de 100%, em ambiente pressurizado com pressão de 2 a 3 vezes maior do que o nível do mar. Para seu funcionamento utiliza-se câmaras que podem ser de 3 tipos: Macias (feito de plástico elástico com o nome de TPU), Monolugares (são individuais e normalmente construídas de aço, metal, e/ou fibra de vidro, podendo assim atingir pressões maiores) e, Multilocais (são para vários pacientes e são feitas de aço e com isso, são mais usadas para o tratamento de doenças descompressivas)^{1,2}.

As câmaras de Monolugares são as mais usadas para tratar indicações aprovadas⁷.

Tendo como principais aplicações clínicas as seguintes apresentadas na DIRETRIZ DE UTILIZAÇÃO DE OXIGENOTERAPIA HIPERBÁRICA de 2019.¹⁷

- Embolias gasosas;
- Doença descompressiva;
- Embolias traumáticas pelo ar;
- Envenenamento por monóxido de carbono ou inalação de fumaça;
- Envenenamento por cianeto ou derivados cianídricos;
- Gangrena gasosa;
- Síndrome de Fournier;
- Outras infecções necrotizantes de tecidos moles: celulites, fasciites e miosites;
- Isquemias agudas traumáticas: lesão por esmagamento, síndrome compartimental, reimplantação de extremidades amputadas e outras;
- Vasculites agudas de etiologia alérgica, medicamentosa ou por toxinas biológicas (aracnídeos, ofídios e insetos);
- Queimaduras térmicas e elétricas
- Lesões refratárias: úlceras de pele, lesões pé-diabético, escaras de decúbito, úlcera por vasculites auto-imunes, deiscências de suturas;

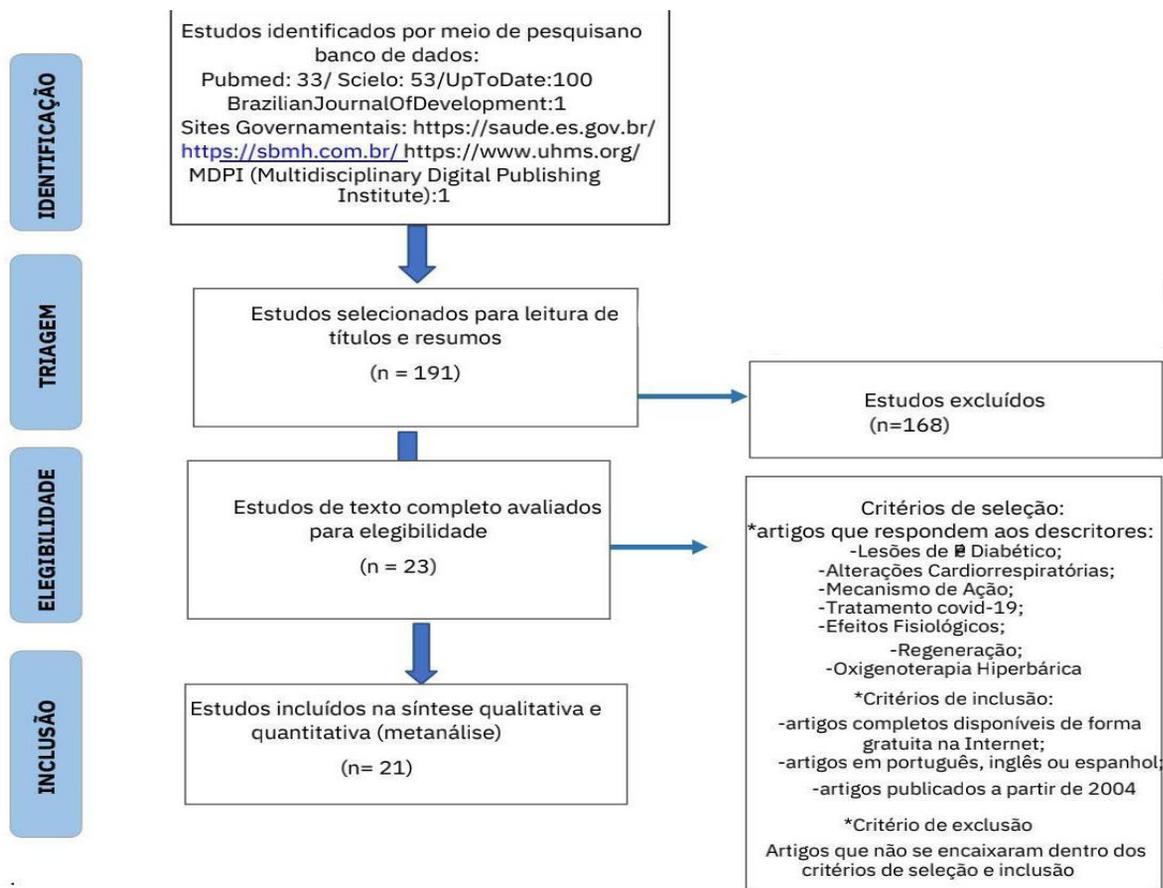


Figura 1- Fluxograma da revisão sistemática da literatura

- Lesões por radiação: radiodermite, osteorradionecrose e lesões actínicas de mucosas;
 - Retalhos ou enxertos comprometidos ou de risco;
 - Osteomielites;
 - Anemia aguda, nos casos de impossibilidade de transfusão sanguínea. (SBMH, 2019, Pag.8)
 Porém, temos alguns efeitos adversos por meio da toxicidade do oxigênio que são causadas pela hiperóxia (excesso de oxigênio no tecido), e hiperoxemia (excesso de oxigênio no sangue). Esse excesso é diferente em indivíduos saudáveis e em indivíduos não saudáveis, pois, podem causar lesões diretas no parênquima pulmonar, por conta da produção de intermediários reativos de oxigênio, como peróxido de hidrogênio, e quando temos um aumento, vai prejudicar a funcionalidade das moléculas intracelulares essenciais o que gera morte/dano celular⁸.

ALTERAÇÕES CARDIORRESPIRATÓRIAS

Nós temos alterações como o aumento da saturação periférica, que ocorre por termos uma quantidade grande de O2 nos líquidos corporais e também, aos que estão interligados com a hemoglobina e então, ao mesmo tempo temos a pressão de gases

aumentada nos alvéolos gerando um processo chamado hiperóxia hiperbárica, e isso faz com que a hemoglobina fique com oxigênio por mais tempo⁹. Em relação a frequência cardíaca, é visto a ocorrência de bradicardia por conta dos barorreceptores que são estimulados pela vasoconstrição periférica (gerada pelo aumento do consumo basal), causando hipertensão e disparando sinais para os barorreceptores, que chegam no bulbo tendo uma menor estimulação simpática por meio do receptor beta1, que gera diminuição da frequência cardíaca, e somado com a estimulação da via parassimpática, causa ainda mais, a diminuição da mesma⁹.

UTILIZAÇÃO NA COVID-19

Durante a pandemia da COVID-19 foi analisado que, uma das principais características era a hipoxemia e hipóxia tecidual, o que causou grande parte das mortes. A Oxigenoterapia Hiperbárica, por meio do aumento de pressão, consegue corrigir a hipoxemia e conseqüentemente, a hipóxia tecidual, isso devido a maior eficiência de difusão do O2 pela barreira alveolar e por meio do oxigênio estar dissolvido no plasma, conseqüentemente, maior oxigênio no sangue e com isso, recuperação mais rápida e melhora

da fadiga e da SDRA (que é causada pela grande quantidade de citocinas e pelo aumento da resposta imunológica)^{11,13}.

A COVID gera respostas inflamatórias e pró-inflamatórias para o corpo todo, e uma função importante que a Oxigenoterapia Hiperbárica produziu para pacientes doentes, foi a diminuição/efeito inibidor de TNF-alfa após reperfusão isquêmica intestinal, IL-1beta, citocinas IL-6 e IL-10¹¹⁻¹⁴.

TRATAMENTO DE PÉ DIABETICO E FERIDAS CRÔNICAS

A diabetes tem várias complicações, porém uma de difícil tratamento, e causadora de internações, é a úlcera do pé diabético, que está em cerca de 15% dos dos pacientes, podendo levar à infecção e nos casos mais graves, se não obtiver o tratamento correto, a amputação do membro, e um fator de risco para que isso ocorra é a anormalidade neuro isquêmica^{15,16,17}.

A Oxigenoterapia Hiperbárica é uma nova terapia para pé diabético, que segundo a DIRETRIZ DE UTILIZAÇÃO DE OXIGENIOTERAPIA HIPERBÁRICA da SBMH (Sociedade Brasileira de Medicina Hiperbárica), não substitui os outros tratamentos convencionais, porém, sendo recomendada o uso caso o paciente se encaixe nos critérios estabelecidos do GRUPO I, seguindo a recomendação do GRUPO II e sendo contra indicado se apresentar algum critério do GRUPO III^{15,16,17}.

GRUPO I

a) Pacientes com doença arterial periférica associada e/ou sinais de isquemia, com ou sem infecção, em evolução há mais de 30 dias, sem melhora com tratamento convencional

b) Paciente submetidos a desbridamentos, drenagem de abscesso ou amputação menor, independente de tempo de evolução, apresentando evolução desfavorável;

c) Pacientes com infecções necrotizantes de pele e partes moles independente de alteração vascular previa, com alto risco de amputação maior ou menor (SBMH, 2019, Pag.23)

GRUPO II

a) Recomenda-se utilizar uma pressão de 2,4 ATA com inalação de Oxigênio a 100% durante 90 minutos;

b) O protocolo de tratamento deve ser de (uma) sessão ao dia até a cura das lesões

c) Iniciar o tratamento hiperbárico, associado a antibioticoterapia de largo espectro reavaliando sistematicamente os marcadores infecciosos para efetividade do controle da infecção;

d) Estabelecer rigoroso controle glicêmico para estabilização da Diabetes;

e) Avaliar e otimizar o controle da insuficiência vascular associada. (SBMH, 2019, Pag.23)

GRUPO III

a) Apresentar contraindicações absolutas a realização do tratamento hiperbárico;

b) Ausência de suporte avançado de vida para a realização do tratamento com Oxigênio Hiperbárico em casos mais graves;

c) Ocorrências de efeitos colaterais ou complicações insanas associadas ao uso do oxigênio hiperbárico;

d) Paciente submetido a amputação maior em nível acima da área de isquemia; infecção;

e) Ausência de melhora evolutiva após dez (10) tratamentos consecutivos;

f) Apresentar integração adequada e/ou cicatrização de enxertos/retalhos de pele;

g) Apresentar remissão sustentada dos sinais/sintomas; (SBMH, 2019, Pag.23)

A OHB auxilia com melhora na hipóxia do tecido lesado, perfusão (pois o ambiente criado pela OHB gera maior difusão de O₂ pelo capilares sanguíneos), diminuição do edema, diminuição das citocinas e ação antimicrobiana e bactericida produzida pela ROS (espécies reativas de oxigênio), que tem a ação de combater bactérias gram-negativas e vírus, o que auxilia no tratamento de possíveis infecções bacterianas. Gera um reparo tecidual por meio de maior oxigenação, e essa elevação gera um estímulo para que as angiogênese aconteçam, e outro fator que acontece, é a proliferação da matriz fundamental para o reparo (fibroblasto e colágeno)^{16,17,23}.

EFEITOS EM ATLETAS

Nos últimos anos, as lesões em atletas vêm aumentando, desde fratura por estresse, ruptura de ligamentos e estiramento muscular, sendo necessário o uso de novas técnicas a exemplo da OHB, com seus efeitos fisiológicos, como a redução de edema gerado pela hipóxia da periferia, essa diminuição gera efeitos anti-isquêmicos e anti hipóxicos. Outro efeito também, é a diminuição de leucócitos no endotélio, que melhora o dano tecidual e a microcirculação^{20,22}.

Segundo o artigo publicado por Amir Hadanny, conclui-se que durante a avaliação física dos atletas, aumentou o oxigênio no limiar anaeróbio e a aptidão cardiorrespiratória pelo aumento do volume de oxigênio máximo, houve também uma melhora na respiração e na massa mitocondrial, fazendo com que aumente a produção de ATP, melhorando o desempenho físico dos atletas, principalmente na potência máxima de quadríceps e também, na

amplitude do seu movimento de joelho^{18,21}.

CONCLUSÃO

A Oxigenoterapia Hiperbárica é comprovadamente eficaz para tratamento, mas também, para alcançarmos alguns parâmetros como o aumento da saturação do paciente e a diminuição da frequência cardíaca. A OHB é antiga, porém usada a pouco tempo no Brasil principalmente para Lesões em Atletas, para o Tratamento de Feridas crônicas como o pé Diabético, e mais recentemente na covid-19.

REFERÊNCIAS

[1] Sociedade Brasileira de Medicina Hiperbárica [Internet]. Sociedade Brasileira de Medicina Hiperbárica. 2017. Available from: <https://sbmh.com.br/medicina-hiperbarica/o-que-e/>

[2] AL Gill, CNA Bell, Oxigênio hiperbárico: seus usos, mecanismos de ação e resultados, QJM: An International Journal of Medicine , Volume 97, Edição 7, julho de 2004, páginas 385–395, <https://doi.org/10.1093/qjmed/hch074>

[3] Robbins T, Gonevski M, Clark C, et al. Oxigenoterapia hiperbárica para o tratamento de COVID longa: avaliação precoce de uma intervenção altamente promissora. Clin Med (Londres) 2021; 21:e629.

[4] Leach RM, Rees PJ, Wilmshurst P. Hyperbaric oxygen therapy. B M J . 1 9 9 8 O c t 2 4 ; 3 1 7 (7 1 6 6) : 1 1 4 0 - 3 . d o i : 10.1136/bmj.317.7166.1140. PMID: 9784458; PMCID: PMC1114115.

[5] Resolução CREMESP n°58, de 07 de Abril de 1995 https://sistemas.cfm.org.br/normas/arquivos/resolucoes/SP/1995/58_1995.pdf

[6] Tim Robbins, Michael Gonevski, Cain Clark, Sudhanshu Baitule, Kavi Sharma, Angel Magar, Kiran Patel, Sailesh Sankar, Ioannis Kyrrou, Asad Ali, Harpal S Randeva, Hyperbaric oxygen therapy for the treatment of long COVID: early evaluation of a highly promising intervention, Clinical Medicine, Volume 21, Issue 6, 2021, Pages e629-e632, ISSN 1470-2118, <https://doi.org/10.7861/clinmed.2021-0462>

[7] Different types of Hyperbaric Oxygen Chambers [Internet]. hbot plus+. Available from: <https://hbot.plus/articles/hyperbaric-oxygen-chambers>

[8] https://www.uptodate.com/contents/adverse-effects-of-supplemental-oxygen?search=efeitos%20adversos%20do%20oxigenio%20suplementar&source=search_result&selectedTitle=1%7E150&usage_type=default&display_rank=1

[9] Martinelli B, Noronha JM, Sette MFM, Santos IPD, Barrile SR, Simão JC. Cardiorespiratory alterations in patients undergoing hyperbaric oxygen therapy. Rev Esc Enferm USP. 2019 Sep 5;53:e03469. Portuguese, English. doi: 10.1590/S1980-220X2017051503469. PMID: 31508730.

[10] Tim Robbins, Michael Gonevski, Cain Clark, Sudhanshu Baitule, Kavi Sharma, Angel Magar, Kiran Patel, Sailesh Sankar, Ioannis Kyrrou, Asad Ali, Harpal S Randeva, Hyperbaric oxygen therapy for the treatment of long COVID: early evaluation of a highly promising intervention, Clinical Medicine, Volume 21, Issue 6, 2021, Pages e629-e632, ISSN 1470-2118, <https://doi.org/10.7861/clinmed.2021-0462>.

[11] Feldmeier JJ, Kirby JP, Buckley JC, et al. Physiologic and biochemical rationale for treating COVID-19 patients with hyperbaric oxygen. Undersea Hyperb Med. 2021;48(1):1-12. doi:10.22462/01.03.2021.1

[12] Kirby J. Hyperbaric oxygen therapy for patients with COVID-19. Emerg Med J. 2022;39(2):86-87. doi:10.1136/emermed-2021-212015

[13] Hyperbaric oxygen as an adjuvant treatment for patients with COVID-19 severe hypoxaemia: a randomised controlled trial By Mariana Cannellotto, Mariano Duarte, Guillermo Keller, Ramiro Larrea, Eleonora Cunto, Viviana Chediack, Mariela Mansur, Daniela M Brito, Elizabeth García, Héctor E Di Salvo, Fabrizio Verdini, Cecilia Domínguez, Liliana Jorda-Vargas, Javier Roberti, Guillermo Di Girolamo, Esteban Estrada Year: 2021 Container: Emergency Medicine Journal Volume: 39 Issue: 2 Page: 88-93 DOI: 10.1136/emermed-2021-211253 doi: 10.1136/emermed-2021-211253.

[14] The Effects of Hyperbaric Oxygenation on Oxidative Stress, Inflammation and Angiogenesis by Silke D. De Wolde 1,2,* , Rick H. Hulskes 1,3, Robert P. Weenink 1,2 ORCID, Markus W. Hollmann 1 and Robert A. Van Hulst 1,2
B i o m o l e c u l e s 2 0 2 1 , 1 1 (8) , 1 2 1 0 ;
<https://doi.org/10.3390/biom11081210>
<https://doi.org/10.3390/biom11081210>

[15] Yazdanpanah L, Nasiri M, Adarvishi S. Literature review on the management of diabetic foot ulcer. World J Diabetes. 2015 Feb 15;6(1):37-53. doi: 10.4239/wjdv6.i1.37. PMID: 25685277; PMCID: PMC4317316.

[16] Queiroz GN, Monteiro GNT, Dias CHB, Dias CHB, Brandão L de M, Pereira ASR. O papel da oxigenoterapia hiperbárica no tratamento do Pé Diabético: uma revisão narrativa. Braz. J. Desenvolver. [Internet]. 15 de junho de 2023 [citado em 13 de julho de 2024]; 9(6):20006-23. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/60721>

[17] Diretrizes de Utilização da OHB - Sociedade Brasileira de Medicina Hiperbárica
By Anon year: 2019 Container: Sociedade Brasileira de Medicina Hiperbarica URL: <https://sbmh.com.br/sobre/diretrizes-de-utilizacao-da-ohb/>

[18] Hadanny, A., Hachmo, Y., Rozali, D. et al. Effects of Hyperbaric Oxygen Therapy on Mitochondrial Respiration and Physical Performance in Middle-Aged Athletes: A Blinded, Randomized Controlled Trial. Sports Med - Open 8, 22 (2022). <https://doi.org/10.1186/s40798-021-00403-w>

- [19] Shimoda, M. et al. Efeitos do oxigênio hiperbárico na fadiga muscular após exercício máximo de flexão plantar intermitente. *Jornal de Pesquisa de Força e Condicionamento*, v. 6, pág. 1648-1656, 2015.
- [20] Rozenek, R. et al. A exposição ao oxigênio hiperbárico afeta o desempenho de exercícios de alta intensidade e curta duração? *O Jornal de Pesquisa de Condicionamento de Força*. 21, n. 4, pág. 1037-1041, 2007.
- [21] Barroso GC, Fuchs T, Thiele E, Lima MN. Osteonecrose espontânea do joelho em atleta tratamento com o uso de câmara hiperbárica: relato de caso e revisão de literatura. *Rev bras ortop* [Internet]. 2012;47(3):389-93. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0102-36162012000300020>
- [22] Barata P, Cervaens M, Resende R, Camacho O, Marques F. Hyperbaric oxygen effects on sports injuries. *Ther Adv Musculoskelet Dis*. 2011 Apr;3(2):111-21. doi: 10.1177/1759720X11399172. PMID: 22870471; PMCID: PMC3382683.
- [23] Kranke P, Bennett MH, Martyn-St James M, Schnabel A, Debus SE, Weibel S. Hyperbaric oxygen therapy for chronic wounds. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;2015(6):CD004123. Published 2015 Jun 24. doi:10.1002/14651858.CD004123.pub4.