

CO NA TO VĚDA: Hyperbarická oxygenoterapie, zdravotní benefity

Hyperbarická kyslíková terapie (HBOT) zahrnuje použití vysokých koncentrací kyslíku (100 %) při tlaku vyšším než je okolní atmosférický tlak. To vyžaduje použití přetlakové komory, kam lze umístit jednu osobu (jednomístná komora) nebo několik osob současně (vícemístná komora) pro usnadnění léčby [1]. HBOT, původně vyvinutá k léčbě dekompresní nemoci u potápěčů, se v medicíně používá již více než 50 let. Dnes se běžně používá k podpoře řady onemocnění a je stále populárnější pro celkovou pohodu a sportovní regeneraci.

Historie

První zdokumentované použití hyperbarické léčebné terapie pochází z roku 1662. Britský lékař Henshaw poprvé použil hyperbarickou terapii, pacienty umísťoval do ocelové nádoby naplněné vzduchem. Vytvořil „*Domicillium*“, což byla přetlaková vzduchotěsná komora, kde měchy mohly zvyšovat tlak. Je zajímavé poznamenat, že k tomu došlo ještě předtím, než Boyle v 70. letech 17. století potvrdil vztah mezi objemem a tlakem plynů, Joseph Priestly v roce 1774 objevil kyslík a na počátku 19. století vyvinul Daltonovy a Henryho zákony o plynech. V roce 1872 Paul Bert zkoumal a psal o fyziologických účincích tlakového vzduchu na lidské tělo (dopad kyslíkové toxicity na centrální nervový systém se také označuje jako „efekt Paula Berta“). Následoval výzkum J. Lorraina Smitha o plicní kyslíkové toxicitě, známé také jako „*efekt Lorraina Smitha*“. V roce 1877 Fontaine postavil první mobilní hyperbarický operační sál. V roce 1891 sestrojil Dr. J.L. Corning v New Yorku první severoamerickou hyperbarickou komoru, čímž dokončil rozsáhlý výzkum hyperbarické komory, který se zabýval její proveditelností u mnoha onemocnění, jako je syfilis, artritida, cukrovka a další. V roce 1928 postavil v Clevelandu ve státě Ohio „*hyperbarický hotel*“, který mohl pojmout více než 70 hostů.

V roce 1908 vytvořil Dr. John Scott Haldane první dekompresní model založený na absorpci inertního plynu a saturaci tkání. Druhá světová válka podnítila potřebu přijatelných léčebných postupů pro léčbu potápěčů námořnictva, kteří trpěli dekompresní nemocí neboli „*Bends*“. Byly formulovány podrobné potápěčské mapy námořnictva a hyperbarické léčebné tabulky pro různé scénáře potápění a dekomprese. Je zajímavé, že použití tlakového kyslíku při léčbě dekompresní nemoci zavedli až ve 30. letech 20. století Behnke a Shaw. Výzkum použití hyperbarické kyslíkové terapie se rozšířil v 50. letech 20. století. Jedna z nejslavnějších studií „*Život bez krve*“ byla publikována v roce 1959 Dr. Ite Boerema, který ukázal, že pomocí HBOT dokáže udržet prasata naživu i přes hladiny hemoglobinu, které by za normálních okolností nebyly slučitelné se životem. Po odebrání všech červených krvinek byla jako objemová náhrada použita plazma nebo roztok podobný plazmě, který byl hyperoxygenován hyperbarickou kyslíkovou terapií [2-9].

Princip a mechanismy hyperbarické oxygenace (HBO)

HBO označuje vdechování 100% kyslíku za zvýšeného okolního tlaku mezi 2 a 3 absolutními atmosférami (ATA) v hyperbarické komoře. V přímé úměře k úrovni tlaku se kyslík fyzicky rozpouští v plazmě, čímž se zvyšuje arteriální pO₂. Při tlaku 2 ATA se kyslík rozpouští v plazmě, což vede k arteriálnímu pO₂ přibližně 1400 mmHg, které lze dále zvýšit na 2000 mmHg při tlaku 3 ATA. Při 3 ATA samotné množství rozpuštěného kyslíku eliminuje potřebu erytrocytů pro okysličení [6]. Navíc tlak kyslíku v tkáních roste v souladu s tlakem arteriálního kyslíku a zvýšené hladiny mohou přetrvávat několik hodin [10]. Mechanismus účinku HBOT však není pouhá hyperoxygenace působící proti hypoxii tkání, ale je založen na skutečnosti, že hyperbarický kyslík je vysoce účinný lék.

HBO redistribuuje průtok krve, což způsobuje vazokonstrikci v oblastech se zvýšenou perfuzí a vazodilataci v hypoxických oblastech. Na molekulární úrovni HBO způsobuje zachování ATP, downregulaci komplexních molekulárních kaskád zahrnujících β-2 integrin a prozánětlivé cytokiny, upregulaci protizánětlivých cytokinů a růstových faktorů a také mobilizaci kmenových buněk. Vzhledem k tomu, že mikroorganismy nejsou schopny kompenzovat vysoké hladiny kyslíku, vykazuje HBO nespecifický antibakteriální účinek. Kromě toho snížení chemotaxe leukocytů a zvýšení fagocytózy zvyšují účinnost antibiotické léčby [11-13]. Zatímco problémy ve středním uchu a nosních dutinách se mohou vyskytnout během tlakování, pokud dojde k obstrukci v důsledku otoku, vedlejší účinky hyperbarického kyslíku (parestézie, záchvaty) jsou velmi neobvyklé, pokud není překročen tlak 3 ATA. I když se vyskytnou, jsou rychle reverzibilní, pokud se hyperbarický kyslík přepne na stlačený vzduch [14].

HBOT v souvislosti s popáleninami

Použití HBOT při popáleninách bylo založeno na náhodném zjištění. V roce 1965 Japonsko, Wada a Ikeda [15] aplikovaly HBO léčbu těžké intoxikace CO u skupiny horníků, kteří také utrpěli popáleniny druhého stupně během výbuchu. U horníků léčených HBOT se popáleniny hojily pozoruhodně lépe než u ostatních obětí. Od té doby bylo HBOT pro popáleniny zkoumáno v experimentálních a klinických studiích a v řadě přehledů [16-21].

Při zkoumání historie HBOT pro popáleniny a přezkoumání experimentální a klinické práce se nachází značná heterogenita návrhů studií, charakteristik zranění, jako je typ, rozsah a hloubka, stejně jako různé druhy používané v experimentálním prostředí. Navíc dávka HBO odvozená od faktorů velikosti tlaku, délky individuálního léčebného sezení a celkového počtu sezení se výrazně liší [22-24], stejně jako interval mezi popáleninovým zraněním a prvním sezením HBOT. Protože downregulace mediátorových kaskád je neúčinnější, pokud je provedena co nejdříve, tento časový rámec se ukázal jako klíčový parametr v řadě dalších indikací [19,25-27].

HBO a ischemické a neischemické diabetické vředy na nohou (DFU)

Perren, Santema a kol. uvádí, že HBO více prospívá dlouhodobé hojení ischemických diabetických vředů než neischemických diabetických vředů [28,29]. Pacienti s ischemickými chronickými diabetickými vředy, kteří podstoupili HBOT, měli výrazně nižší míru velkých amputací [29,30]. Adjuvans HBOT však zvýšil míru velkých amputací, aniž by pomáhal při hojení ischemických DFU [31,32]. Tyto protichůdné výsledky zdůrazňují potřebu dalšího výzkumu této skupiny pacientů.

Doplňková aplikace HBOT zlepšila hojení ran u osob s DFU. Terapie také snížila riziko amputace postižené končetiny. Hyperbarická oxygenoterapie byla podávána v hyperbarické komoře pod absolutním atmosférickým tlakem 2,5 po dobu 120 minut. Autoři studie tvrdí, že k efektivnosti je potřeba alespoň 20 sezení HBOT [33].

Výsledky další studie, publikované roku 2019 naznačují, že jako doplněk ke konvenční péči o rány HBOT významně ovlivnila rychlost hojení diabetických vředů na noze ve srovnání s podáváním pouze konvenční péče o rány. [34].

HBOT v traumatologii

Hyperbarická kyslíková terapie (HBOT) je doporučována k léčbě těžkých poranění končetin v souvislosti s chirurgií kvůli jejímu vlivu na periferní transport kyslíku, svalovou ischemickou nekrózu, kompartment syndrom a prevenci infekcí. Studie publikovaná již 1996 roku prokazuje účinnost HBOT při zlepšení hojení ran a snížení opakovaných operací. Teoretizuje se, že HBOT je užitečným doplňkem při léčbě těžkých (III. stupně) poranění končetin u pacientů starších 40 let [35]. HBOT je vysoce efektivní adjektivní (doplňková) metoda, která zlepšuje životaschopnost tkání, snižuje morbiditu i náklady na péči.

HBOT jako bezpečná metoda pro léčbu deprese po cévní mozkové příhodě

Liang a kol. roku 2020 publikovali systematický přehled a meta-analýza. Cílem bylo hodnocení účinnosti a bezpečnosti aplikace hyperbarické kyslíkové terapie (HBOT) pro depresi po mrtvici (Post-stroke depression - PSD), která je častým důsledkem cévní mozkové příhody. Na základě souhrnné meta-analýzy bylo zjištěno, že HBO prokazatelně a významně snížila úroveň deprese a neurologického deficitu a naopak zlepšila soběstačnost a tělesné funkce pacientů. Je tedy účinnou a bezpečnou metodou pro léčbu deprese po cévní mozkové příhodě [36].

HBOT vs. Osteomyelitida

Osteomyelitida se obvykle léčí intravenózními antibiotiky. Chronické nebo neústupné případy však lze léčit terapií HBO. Ačkoliv terapie HBO není náhradou antibiotik, slouží jako doplňková léčba. Omezené případy naznačují, že terapie HBO může pomoci zlepšit hojení. Osteomyelitida, stejně jako jiné infekce, zvyšuje riziko kardiovaskulárních onemocnění a souvisejících událostí. Výsledky rozsáhlé studie ukázaly, že použití HBOT u chronické osteomyelitidy bylo spojeno s nižší roční úmrtností než u pacientů léčených bez HBO [37, 38].

Hyperbarická oxygenoterapie je účinná a bezpečná doplňková terapie pro léčbu chronické refrakterní osteomyelitidy stehenní kosti, pokud pacienti podstoupili dostatečnou chirurgickou debridement (odstranění

nekrotické tkáně) a vhodnou antibiotickou léčbu [39,40].

Hyperbarický kyslík (HBO) je účinným doplňkem při léčbě vybraných otorinolaryngologických problémů, včetně radiačně indukované nekrózy spánkové kosti, maligního zevního otitidy, osteoradionekrózy mandibuly a refrakterní osteomyelitidy, poškození hlavice měkkých tkání a nekrotizující fasciitidy, poškození kožních laloků a štěpů, akutní vzduchové nebo plynové embolie a otologického barotraumatu [41].

Hyperbarický kyslík může být indikován jako doplněk k dobré chirurgické a medikamentózní léčbě, zejména u pacientů s refrakterní chronickou osteomyelitidou, u kterých se ablativní chirurgie zvažuje jako jediný další prostředek ke kontrole infekce [42].

Úloha hyperbarické medicíny u osteoradionekrózy (ORN) a ran po ozáření

Terapie HBO se již několik desetiletí používá jako doplněk k vhodným chirurgickým zákrokům při léčbě a prevenci ORN. HBO stimuluje angiogenezi a zvyšuje neovaskularizaci, buněčné hladiny kyslíku, proliferaci fibroblastů a osteoblastů a tvorbu kolagenu v ozářených tkáních. U pacientů s plnou dávkou ozařování by se nemělo raději pokoušet o operaci čelisti před prvními 30 HBO léčbami. Hyperbarický kyslík indukuje neovaskularizaci ozářené tkáně a PO₂ tkáně stoupá na 81 % normálu mezi 18 a 30 hyperbarickými léčbami [43,44]. Úspěšná operace a štěpení jsou možné pouze při PO₂ 75 % normálu. Také by se mělo HBO co nejdříve po operaci obnovit.

HBOT zvyšuje účinnost antibiotik

HBOT zvyšuje účinnost antibiotik tím, že zvyšuje okysličení tkání, zlepšuje pronikání léků do oblastí ran s nedostatkem kyslíku a zlepšuje lokalizovaný antimikrobiální účinek. Zvýšené hladiny kyslíku mohou zvýšit vstřebávání a šíření některých antibiotik, zejména těch, která jsou závislá na aktivních transportních mechanismech nebo na eliminaci bakterií závislých na kyslíku. Navíc zvýšená oxygenace může zesílit baktericidní účinky specifických antibiotik, včetně aminoglykosidů, trimetoprimu, nitrofurantoinu a sulfisoxazolu, což prokazuje zvýšenou účinnost v prostředí bohatém na kyslík [44,45].

Kontraindikace

Jednou z nejdůležitějších kontraindikací HBOT je přímý tlak na tělo pacienta: neodrenované pneumotoraxy, buly nebo puchýře. Jakýkoli uzavřený vzduchový prostor kdekoli, ale zejména na hrudníku, se při vystavení tlaku zhroutí a poté se znovu roztáhne, když tlak ustoupí. To může změnit jednoduchý pneumotorax na tenzní pneumotorax. Většina center HBOT vyžaduje předešlý rentgen hrudníku, aby se vyloučil jakýkoli pneumotorax. Pokud má pacient bulózní onemocnění, puchýře nebo jiná riziková onemocnění, jako je emfyzém nebo CHOPN (chronická plicní obstrukční nemoc), měl by být vyšetřen nejprve rentgenem hrudníku a poté dalším zobrazováním, jako je CT, aby se lépe kvantifikovala a zhodnotila závažnost jeho onemocnění [46].

Je důležité mít na vědomí, že během léčby HBOT se obvykle snižuje hladina cukru v krvi pacienta. Toto snížení hladiny cukru v krvi má také synergický účinek na snížení prahu pro vznik záchvatů při dýchání kyslíku pod tlakem. Přerušování nepřetržitého vystavení kyslíku na 5–10 minut v pravidelných intervalech resetuje pravděpodobnost záchvatu, aniž by je bylo nutné vyvést z přetlakového prostředí. Pacienti s vícemístnými komorami se resetují pomocí vzduchových přestávek sejmutím masky na kyslíkovou terapii. Všechny programy HBO by měly provádět screening rizika záchvatů, zejména u diabetických pacientů a pacientů užívajících antiepileptika [47].

Záchvaty způsobené kyslíkovou toxicitou jsou vzácné a lze je minimalizovat pravidelnými přestávkami v inhalaci kyslíku během léčby. Plicní kyslíková toxicita je také neobvyklá a lze jí předejít dodržováním dostatečných intervalů, obvykle několika hodin, mezi jednotlivými sezeními. Pacienti s diabetem jsou během HBOT vystaveni riziku hypoglykémie, zatímco pacienti s klaustrofobií mohou pociťovat úzkost v důsledku omezení pohybu [48].

Závěr:

Hlavní mechanismy hyperbarického kyslíku jsou založeny na intracelulární tvorbě reaktivních forem kyslíku a dusíku. Reaktivní formy hrají ústřední roli v kaskádách buněčné transdukce signálu a diskuse se zaměří na tyto dráhy. Systematické přehledy a randomizované klinické studie podporují klinické využití hyperbarického kyslíku pro hojení refrakterních diabetických ran a radiačních poranění, léčbu poškozených laloků a štěpů a ischemicko-reperfučních poruch.

Obecně přijímané indikace pro léčbu hyperbarickým kyslíkem zahrnují širokou škálu akutních i chronických stavů, mezi které patří vzdušné nebo plynové, arteriální či žilní embolie, těžká nebo symptomatická otrava oxidem uhelnatým a klostridiální myozitida i myonekróza (plynová gangréna). Tato metoda se dále využívá pro vybraná drtivá poranění, kompartmentové syndromy a další akutní traumatické ischemie, stejně jako pro léčbu dekompresní nemoci či vybraných arteriálních nedostatků, včetně centrální okluze sítnice a podpory hojení problémových ran. Hyperbarická oxygenoterapie je rovněž indikována u těžkých, jinak nevléčitelných anémií, některých nitrolebních abscesů, vybraných progresivních refrakterních nekrotizujících infekcí měkkých tkání a chronické refrakterní osteomyelitidy. V neposlední řadě pomáhá při opožděném poškození vyvolaném radiací s nekrotizací kostních nebo měkkých tkání, u poškozených kožních štěpů a tkáňových laloků, u akutních popálenin tepelnou vodou a u idiopatické náhlé senzineurální ztráty sluchu.

Zdroje:

1. Jones MW, Brett K, Han N, et al. Hyperbaric Physics. [Updated 2024 Jan 31]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 Jan. Zdroj: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/books/NBK448104/>
2. Lam G, Fontaine R, Ross FL, Chiu ES. Hyperbaric Oxygen Therapy: Exploring the Clinical Evidence. *Adv Skin Wound Care*. 2017 Apr;30(4):181-190. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28301358/>
3. Carney AY. Hyperbaric oxygen therapy: an introduction. *Crit Care Nurs Q*. 2013 Jul-Sep;36(3):274-9. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23736666/>
4. Jacobson JH, Morsch JH, Rendell-Baker L. Clinical Experience and Implications Of Hyperbaric Oxygenation. The Historical Perspective Of Hyperbaric Therapy. *Ann N Y Acad Sci*. 1965 Jan 21;117:651-70. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14255570/>
5. Camporesi EM, Bosco G. Mechanisms of action of hyperbaric oxygen therapy. *Undersea Hyperb Med*. 2014 May-Jun;41(3):247-52. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24984320/>
6. Boerema I., Meyne N.G., Brummelkamp W.H., Bouma S., Mensch M.H., Kamermans F., Stern Hanf M., Alderen van A. Life without blood. *J. Cardiovasc. Surg*. 1960;1:133–147. PDF: <https://www.scribd.com/document/399309066/Boerema-Life-Without-Blood> Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13802034/>
7. Kindwall E.P. *Hyperbaric Medicine Practice*. 2nd ed. Best Publishing Company; Flagstaff, AZ, USA: 1995. A History of Hyperbaric Medicine; pp. 2–15. Zdroj: https://journals.lww.com/plasreconsurg/citation/1995/09001/Hyperbaric_Medicine_Practice.36.aspx
8. Churchill-Davidson I., Sanger C., Thomlinson R.H. High-pressure oxygen and radiotherapy. *Lancet*. 1955;268:1091–1095. doi: 10.1016/S0140-6736(55)90589-4. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14382503/>
9. Boerema I. The use of hyperbaric oxygen. *Am. Heart J*. 1965;69:289–292. doi: 10.1016/0002-8703(65)90267-X. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14280869/>
10. Cianci P. Advances in the treatment of the diabetic foot: Is there a role for adjunctive hyperbaric oxygen therapy? *Wound Repair Regen*. 2004;12:2–10. doi: 10.1111/j.1067-1927.2004.012104.x. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14974958/>

11. Thom S.R. Hyperbaric oxygen: Its mechanisms and efficacy. *Plast. Reconstr. Surg.* 2011;127:131S–141S. doi: 10.1097/PRS.0b013e3181f8e2bf. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21200283/>
12. Rothfuss A., Speit G. Investigations on the mechanism of hyperbaric oxygen (HBO)-induced adaptive protection against oxidative stress. *Mutat. Res. Mol. Mech. Mutagen.* 2002;508:157–165. doi: 10.1016/S0027-5107(02)00213-0. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12379471/>
13. Camporesi E., Bosco G. Mechanisms of action of hyperbaric oxygen therapy. *Undersea Hyperb. Med.* 2018;41:247–252. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24984320/>
14. Domachevsky L., Pick C.G., Arieli Y., Krinsky N., Abramovich A., Eynan M. Do hyperbaric oxygen-induced seizures cause brain damage? *Epilepsy Res.* 2012;100:37–41. doi: 10.1016/j.eplepsyres.2012.01.004. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22293507/>
15. Wada J., Ikeda T., Kamata K. Oxygen hyperbaric treatment for carbon monoxide poisoning and severe burn in coal mine gas explosion. *Igakounoaymi.* 1965;5:53–57. Zdroj citace: [Google Scholar](#)
16. Villanueva E., Bennett M.H., Wasiak J., Lehm J.P. Hyperbaric oxygen therapy for thermal burns. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2004;2004:CD004727. doi: 10.1002/14651858.CD004727.pub2. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15266540/>
17. Cianci P., Lueders H.W., Lee H., Shaprio R.L., Sexton J., Williams C., Sato R. Adjunctive Hyperbaric Oxygen Therapy Reduces Length of Hospitalization in Thermal Burns. *J. Burn Care Rehab.* 1989;10:432–435. doi: 10.1097/00004630-198909000-00012. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2793923/>
18. Niezgodna J.A., Cianci P., Folden B.W., Ortega R.L., Slade J.B., Storrow A.B. The effect of hyperbaric oxygen therapy on a burn wound model in human volunteers. *Plast. Reconstr. Surg.* 1997;99:1620–1625. doi: 10.1097/00006534-199705010-00023. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9145132/>
19. Wasiak J., Bennett M., Cleland H.J. Hyperbaric oxygen as adjuvant therapy in the management of burns: Can evidence guide clinical practice? *Burns.* 2006;32:650–652. doi: 10.1016/j.burns.2006.04.006. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16777333/>
20. Weitgasser L., Ihra G., Schäfer B., Markstaller K., Radtke C. Update on hyperbaric oxygen therapy in burn treatment. *Wien. Klin. Wochenschr.* 2019;1–7. doi: 10.1007/s00508-019-01569-w. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31701218/>
21. Kindwall E.P., Gottlieb L.J., Larson D.L. Hyperbaric oxygen therapy in plastic surgery: A review article. *Plast. Reconstr. Surg.* 1991;88:898–908. doi: 10.1097/00006534-199111000-00029. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1924583/>
22. Rogatsky G.G., Shifrin E.G., Mayevsky A. Optimal dose as necessary condition for the efficacy of hyperbaric oxygen therapy in is-chemic stroke: A critical review. *Neurol. Res.* 2003;25:95–98. doi: 10.1179/016164103101201003. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12564134/>
23. Weitgasser L, Ihra G, Schäfer B, Markstaller K, Radtke C. Update on hyperbaric oxygen therapy in burn treatment. *Wien Klin Wochenschr.* 2021 Feb;133(3-4):137-143. doi: 10.1007/s00508-019-01569-w. Epub 2019 Nov 7. PMID: 31701218. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31701218/>
24. Mathieu D., Marroni A., Kot J. Tenth European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine: Recommendations for accepted and non-accepted clinical indications and practice of hyperbaric oxygen treatment. *Diving Hyperb. Med. J.* 2017;47:24–32. doi: 10.28920/dhm47.2.131-132. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28357821/>
25. Weaver L.K., Hopkins R.O., Chan K.J., Churchill S., Elliott G.C., Clemmer T.P., Orme J.F., Jr., Thomas F.O., Morris A.H. Hyperbaric oxygen for acute carbon monoxide poisoning. *New Engl. J. Med.* 2002;347:1057–1067. doi: 10.1056/NEJMoa013121. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12362006/>

26. Attanasio G., Covelli E., Cagnoni L., Masci E., Ferraro D., Mancini P., Alessandri E., Cartocci G., Filippo R., Rocco M. Does the addition of a second daily session of hyperbaric oxygen therapy to intratympanic steroid influence the outcomes of sudden hearing loss? *Acta Otorhinolaryngol. Ital.* 2015;35:272–276. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26824214/>
27. McCormick J.G., Houle T.T., Saltzman H.A., Whaley R.C., Roy R.C. Treatment of acute stroke with hyperbaric oxygen: Time window for efficacy. *Undersea Hyperb. Med.* 2011;38:321–334. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22013759/>
28. Hyperbaric oxygen therapy in ischaemic foot ulcers in type 2 diabetes: a clinical trial. Perren S, Gatt A, Papanas N, Formosa C. *Open Cardiovasc Med J.* 2018;12:80–85. doi: 10.2174/1874192401812010080. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30258500/>
29. Hyperbaric oxygen therapy in the treatment of ischemic lower- extremity ulcers in patients with diabetes: results of the DAMO2CLES multicenter randomized clinical trial. Santema KT, Stoekenbroek RM, Koelemay MJ, et al. *Diabetes Care.* 2018;41:112–119. doi: 10.2337/dc17-0654. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29074815/>
30. Hyperbaric oxygen therapy as an adjuvant to standard therapy in the treatment of diabetic foot ulcers. Kumar A, Shukla U, Prabhakar T, Srivastava D. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* 2020;36:213–218. doi: 10.4103/joacp.JOACP_94_19. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33013037/>
31. The effect of hyperbaric oxygen therapy on markers of oxidative stress and the immune response in healthy volunteers. de Wolde SD, Hulskes RH, de Jonge SW, Hollmann MW, van Hulst RA, Weenink RP, Kox M. *Front Physiol.* 2022;13:826163. doi: 10.3389/fphys.2022.826163. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35173631/>
32. Hyperbaric oxygen therapy does not reduce indications for amputation in patients with diabetes with nonhealing ulcers of the lower limb: a prospective, double-blind, randomized controlled clinical trial. Fedorko L, Bowen JM, Jones W, Oreopoulos G, Goeree R, Hopkins RB, O'Reilly DJ. *Diabetes Care.* 2016;39:392–399. doi: 10.2337/dc15-2001. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26740639/>
33. Chen CY, Wu RW, Hsu MC, Hsieh CJ, Chou MC. Adjunctive Hyperbaric Oxygen Therapy for Healing of Chronic Diabetic Foot Ulcers: A Randomized Controlled Trial. *J Wound Ostomy Continence Nurs.* 2017 Nov/Dec;44(6):536-545. doi: 10.1097/WON.0000000000000374. PMID: 28968346. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28968346/>
34. Nik Hisamuddin NAR, Wan Mohd Zahiruddin WN, Mohd Yazid B, Rahmah S. Use of hyperbaric oxygen therapy (HBOT) in chronic diabetic wound - A randomised trial. *Med J Malaysia.* 2019 Oct;74(5):418-424. PMID: 31649219. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31649219/>
35. Bouachour G, Cronier P, Gouello JP, Toulemonde JL, Talha A, Alquier P. Hyperbaric oxygen therapy in the management of crush injuries: a randomized double-blind placebo-controlled clinical trial. *J Trauma.* 1996 Aug;41(2):333-9. doi: 10.1097/00005373-199608000-00023. PMID: 8760546. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8760546/>
36. Liang XX, Hao YG, Duan XM, Han XL, Cai XX. Hyperbaric oxygen therapy for post-stroke depression: A systematic review and meta-analysis. *Clin Neurol Neurosurg.* 2020 Aug;195:105910. doi: 10.1016/j.clineuro.2020.105910. Epub 2020 May 16. PMID: 32474256. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32474256/>
37. Tai CJ, Lu CK, Lee CY, Lee SS, Yang YH. Real-world evidence of hyperbaric oxygen therapy on cardiovascular outcomes in patients with chronic osteomyelitis. *J Infect Public Health.* 2023 May;16(5):705-712. doi: 10.1016/j.jiph.2023.03.006. Epub 2023 Mar 7. PMID: 36940497. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36940497/>
38. Cooper JS, Hanley ME, Hendriksen S. Hyperbaric Treatment of Chronic Refractory Osteomyelitis. [Updated 2025 Jun 2]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 Jan-. Zdroj: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430785/>

39. Chen CE, Ko JY, Fu TH, Wang CJ. Results of chronic osteomyelitis of the femur treated with hyperbaric oxygen: a preliminary report. *Chang Gung Med J.* 2004 Feb;27(2):91-7. PMID: 15095953. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15095953/>
40. Chen CE, Shih ST, Fu TH, Wang JW, Wang CJ. Hyperbaric oxygen therapy in the treatment of chronic refractory osteomyelitis: a preliminary report. *Chang Gung Med J.* 2003 Feb;26(2):114-21. PMID: 12718388. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12718388/>
41. Schweitzer VG. Management of chronic staphylococcal osteomyelitis of the temporal bone: the use of hyperbaric oxygen. *Henry Ford Hosp Med J.* 1990;38(1):16-20. PMID: 2228703. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2228703/>
42. Morrey BF, Dunn JM, Heimbach RD, Davis J. Hyperbaric oxygen and chronic osteomyelitis. *Clin Orthop Relat Res.* 1979 Oct;(144):121-7. PMID: 394894. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/394894/>
43. Korambayil, P.M., Ambookan, P.V., Pillai, S. et al. Role of Hyperbaric Medicine for Osteoradionecrosis and Post Irradiation Wounds: an Institutional Experience. *Indian J Surg Oncol* 11, 469–474 (2020). Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7501368/>
44. Prada FS, Arrunategui G, Alves MC, Ferreira MC, Zumiotti AV. Effect of allopurinol, superoxide-dismutase, and hyperbaric oxygen on flap survival. *Microsurgery.* 2002;22:352–360. doi: 10.1002/micr.10073. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7501368/>
44. Efficacy and safety of hyperbaric oxygen therapy used in patients with diabetic foot: a meta-analysis of randomized clinical trials. Zhao D, Luo S, Xu W, Hu J, Lin S, Wang N. *Clin Ther.* 2017;39:2088–2094. doi: 10.1016/j.clinthera.2017.08.014. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28935291/>
45. Hyperbaric oxygen therapy: antimicrobial mechanisms and clinical application for infections. Memar MY, Yekani M, Alizadeh N, Baghi HB. *Biomed Pharmacother.* 2019;109:440–447. doi: 10.1016/j.biopha.2018.10.142. Zdroj: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30399579/>
46. Weaver, Lindell K. MD, FACP, FCCP, FCCM. Hyperbaric oxygen in the critically ill. *Critical Care Medicine* 39(7):p 1784-1791, July 2011. | DOI: 10.1097/CCM.0b013e31821858d1. Zdroj: https://journals.lww.com/ccmjjournal/abstract/2011/07000/hyperbaric_oxygen_in_the_critically_ill.23.aspx
47. Kirby JP, Snyder J, Schuerer DJE, Peters JS, Bochicchio GV. Essentials of Hyperbaric Oxygen Therapy: 2019 Review. *Mo Med.* 2019 May-Jun;116(3):176-179. PMID: 31527935; PMCID: PMC6690283. Zdroj: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6690283/>
48. Laupland BR, Laupland K, Thistlethwaite K, Webb R. Contemporary practices of blood glucose management in diabetic patients: a survey of hyperbaric medicine units in Australia and New Zealand. *Diving Hyperb Med.* 2023 Sep 30;53(3):230-236. Zdroj: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459379/#>

bloominds[®]
energie pro tělo, klid pro mysl

Rybná 1066/15, Staré Město, 110 00 Praha 1

www.bloominds.cz