

РИСКОВЕ И БЕЗОПАСНОСТ ПРИ ЛЕЧЕНИЕ С ХИПЕРБАРНА ОКСИГЕНАЦИЯ

Красимира Цанкова

Катедра по икономика и управление на здравеопазването,
Факултет по обществено здравеопазване, Медицински университет – Варна

RISKS AND SAFETY ASPECTS OF HYPERBARIC OXYGEN TREATMENT

Krasimira Tsankova

Department of Health Economics and Management, Faculty of Public Health,
Medical University of Varna

РЕЗЮМЕ

Въведение: Хипербарната оксигенация (ХБО) е клиничен метод за лечение с кислород под повишено налягане в барокамера. Терапията с ХБО е неинвазивна процедура и се използва от десетилетия при редица заболявания, но се характеризира с някои особености и специфични потенциални източници на риск в допълнение към обичайните рискове, свързани с медицинската дейност.

Цел: Целта на настоящото изследване е да се проучат и обсъдят основните рискове и аспекти на безопасността, свързани с хипербарната оксигенотерапия.

Материал и методи: Извършен е преглед и анализ на публикации налични в научни бази данни (PubMed, Medline, ScienceDirect), научна литература, нормативни документи и ръководства за работа на различни организации.

Резултати: Осигуряването на безопасност и управлението на риска в хипербарната медицина са разгледани в няколко аспекта: безопасност на пациентите, безопасност на персонала, техническа безопасност по отношение на медицинската апаратура. Представени са основните източници на опасност и възможните усложнения, свързани с хипербарната среда и използваните дихателни газове. Анализът на литературните данни показва, че най-често срещаните усложнения при ХБО са дискомфорт и болка в ушите поради проблеми с изравняване на налягането в средното ухо, както и прояви на клаустрофобия и безпокойство при някои пациенти, като честотата на докладваните случаи варира при различните изследвания. По-тежките и сериозни ус-

ABSTRACT

Introduction: Hyperbaric oxygenation (HBO) is a clinical method of treatment with oxygen at increased ambient pressure within a chamber. HBO therapy is a non-invasive procedure and has been used for decades in a number of diseases, but is characterized by some features and specific potential sources of risk in addition to the usual risks associated with medical procedures.

Aim: The aim of the present study is to investigate and discuss the main risks and safety aspects associated with hyperbaric oxygen therapy.

Materials and Methods: A review and analysis of publications available in PubMed, Medline, ScienceDirect databases, scientific literature, regulations and guidelines of various organizations were conducted.

Results: Ensuring safety and risk management in hyperbaric medicine are considered in several aspects: patient safety, safety of staff, technical safety in relation to medical equipment. The main hazards and possible complications related to the hyperbaric environment and the breathing mixtures are presented. The analysis of the literature data shows that the most common complications of HBO are ear pain or discomfort due to the problems with middle ear pressure equalization, as well as manifestations of claustrophobia and anxiety in some patients, with variable frequency of reported cases in different studies. More severe and serious complications associated with oxygen toxicity and decompression sickness are rare.

Conclusion: Risk assessment and preventive measures, appropriate training of staff and patients, and compliance with work and safety rules can reduce or eliminate HBO therapy-related complications and incidents.

ложнения, свързани с кислородна интоксикация и декомпресионна болест, се срещат много рядко.

Заклучение: Оценката на риска и вземането на превантивни мерки, подходящото обучение на персонала и пациентите и спазването на правилата за работа и безопасност могат да намалят или елиминират възможните усложнения и инциденти при ХБО.

Ключови думи: безопасност, риск, хипербарна медицина

Keywords: safety, hazards, hyperbaric medicine

УВОД

Хипербарната оксигенация (ХБО) е клиничен метод за лечение с кислород под повишено налягане над 1.4 АТА в барокамера (17). При ХБО е възможно значително да се увеличи подаването на кислород към клетките, засегнати от хипоксия. Резултатът при това е положителен терапевтичен ефект при лечението на много заболявания (13).

ХБО се прилага при редица спешни, остри или хронични болести и състояния, като индикациите за това лечение може да варират според различните професионални организации за хипербарна медицина и в отделните страни (15,17).

Повишеното налягане на кислорода оказва директно механично въздействие и физиологични и фармакологични ефекти върху организма, на които се дължат както положителните резултати от лечението, така и някои потенциални нежелани ефекти (16).

Терапията с ХБО е неинвазивна процедура и обичайно се понася добре от пациентите, но се характеризира с някои особености и специфични източници на опасност, свързани с хипербарната среда, дишателните газове и използваните в хипербарната камера медицински изделия, в допълнение към обичайните рискове на медицинската дейност. Лечението се извършва в два основни типа барокамери – едноместни (за един пациент) и многоместни (за двама или повече пациенти и възможност за присъствие на медицински персонал в тях). Така придружаващият персонал

на пациентите е подложен на многобройни хипербарни експозиции, което създава професионални рискове (развитие на баротравми или декомпресионна болест).

Макар че хипербарната оксигенация се приема за сравнително безопасна терапия (11), има и някои рискове и нежелани ефекти за пациентите, включващи различни форми на баротравма (на средното ухо, околоносните кухини, белите дробове), кислородна интоксикация (на ЦНС или белодробна), клаустрофобия, които е важно да бъдат разпознавани, предвидени и оценени.

ЦЕЛ

Целта на настоящото изследване е да се проучат и обсъдят основните рискове и аспекти на безопасността, свързани с хипербарната оксигенотерапия.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Извършен е преглед и анализ на публикации налични в научни бази данни на PubMed, Medline, ScienceDirect, научна литература, нормативни документи и ръководства за работа на различни организации. При проучването на литературните източници са използвани ключови думи: риск, безопасност, хипербарна медицина, хипербарна камера и др.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЯ

Потенциалните източници на опасност при лечение с ХБО най-общо са свързани с околната среда, механични и човешки фактори (6,14):

- ◆ Промените в налягането, които оказват въздействие както върху човешкото тяло, така и върху всяка част от хипербарната система (барокамера, газопроводната система и намиращите се в барокамерата медицински изделия).
- ◆ Дихателните газове за пациентите и персонала – свързано основно с качеството и количеството на медицинските дихателни газове и с парциалното налягане на кислорода, което създава риск за белодробна или ЦНС токсичност.
- ◆ • Кислородното съдържание на средата вътре в барокамерата, което при прекомерен излив на кислород от газоснабдяващата система или от индивидуалните дихателни апарати, създава риск от пожар.
- ◆ Клинично състояние на пациентите – индивидуалното здравословно състояние и придружаващи заболявания на даден пациент могат да се повлияят негативно или да се появят нежелани ефекти при лечението, независимо от терапевтичното действие на хипербарния кислород.
- ◆ Здравен статус на персонала – съществува професионален риск за работещите под повишено налягане поради промените в налягането и дишането на компресиран въздух. От значение е здравословното състояние на персонала, който подлежи на задължителни предварителни и периодични медицински прегледи (оценка на пригодност за работа в барокамера) и е необходимо да се преценява ежедневно преди всеки сеанс наличието на неразположение, което би създавало евентуални проблеми и рискове за здравето.
- ◆ Внасянето на забранени предмети и материали в барокамерата, както и електричеството в нея, може да създадат рискове от възникване на пожар.
- ◆ Ограниченото, тясно пространство, свързано основно с обслужване на пациентите при влизане/излизане от ба-

рокамерата и по време на лечението в нея, както и управлението на отпадъчни и инфекциозни материали, хигиената и контрола на инфекциите, така че да се редуцират рискове от нараняване или заболяване на персонала вследствие на директните грижи за пациентите.

Рискове и безопасност по отношение на пациентите и персонала

Най-често срещаният риск и усложнение при лечение с ХБО е баротравма на средното ухо (БСУ) с вариации в честотата сред пациентите между 9-69%, за което свидетелстват множество изследвания и публикации (4,5,8,14,18,21). Основни рискови фактори за баротравма на средното ухо са затрудненото изравняване на налягането и повтарящите се сеанси. В проучването на Bessereau et al. (4) не е установено влияние на фактори, като възраст, пол или механична вентилация върху настъпването на БСУ. В други изследвания са посочени като рискови фактори за развитието на БСУ след ХБО: възраст над 55 г., женски пол, анамнеза за УНГ заболявания (рак, малформации или доброкачествени тумори, инфекции, алергии, лъчетерапия), както и промени в подвижността на тъпанчевата мембрана (8,18). Възпалителните заболявания на горните дихателни пътища, особено ринита, са състояния, които може да предразположат пациентите към развитие на баротравма на средното ухо. В тази връзка и острите инфекции на горни дихателни пътища се разглеждат като относително противопоказание за ХБО. При малка част от случаите с проблемно изравняване или БСУ се налага прекратяване на терапията. Например в проучването на Nasole et al. при 89 (1.49%) от всички пациенти, претърпели ХБО през разглеждания период от време, е прекратено лечението. В същото изследване авторите посочват, че баротравма на средното ухо е наблюдавана при 9.2% от всички пациенти, като в большинството от случаите е най-леката форма с минимални отоскопични промени (18). Някои автори, при изследване проявите на

баротравма на средното ухо при ХБО, установяват, че няма статистически значима разлика в честотата на БСУ при различни скорости на компресия (12,20), но отчитат статистически значима по-висока честота на БСУ в по-тежка степен при интубирани пациенти (12). Проблемите, свързани с изравняване на налягането, в повечето случаи могат да се преодолеят чрез трениране на различните техники за това – плавна компресия, поставяне на тимпаностомни тръбички при необходимост. Баротравма на синусите се появява рядко, а баротравми на вътрешното ухо, белия дроб или зъбите почти не са наблюдавани.

Кислородната интоксикация на ЦНС (ефект на Paul Bert) обикновено се проявява с продромални симптоми като изпотяване, потрепване и тунелно зрение, но има случаи на прояви чрез генерализирани припадъци без никакви разпознаваеми рискови фактори или продроми, като нито един от пациентите не е претърпял рецидиви или последствия (21). В разгледаната литература докладваната честота на кислородна интоксикация с припадъци варира между 0.01% и 0.06% (3,7,14,21).

Повечето инциденти с обслужващия персонал в хипербарни условия са свързани с баротравми на ухото, като в изследването на Rougnet et al. честотата на случаите е 0.17% (22). Декомпресионна болест (ДБ) при медицинските придружители се среща много рядко и зависи от параметрите и броя на хипербарните експозиции, както и интервалите между тях. Честота на ДБ варира при различните доклади в диапазона от 0.018% до 0.67% (14). Rougnet et al. докладват честота на случаите с ДБ от 0 до 0.037% въз основа на направения от тях литературен обзор на проучвания върху здравните ефекти при хипербарния персонал (22). Има единични литературни данни за развитие на асептична остеонекроза като следствие от продължителното излагане в хипербарна среда на персонала.

Рискове и безопасност по отношение на хипербарната апаратура и медицинско оборудване

Един от основните въпроси при осъществяване на хипербарната терапия е осигуряването на безопасност в камерата, така че да се ограничат рисковете от технически неизправности, аварии и пожари (6,14). В тази връзка са разработени редица международни стандарти относно изискванията за дизайн, производството и тестването на хипербарните камери, както и правилата за работа и безопасност на оборудването в тях (1,2,9,19).

Пожарът е една от най-сериозните опасности при ХБО. Хипербарното оборудване трябва да бъде тествано за безопасност, да бъде кислородоустойчиво, както и устойчиво на експлозия. В барокамерата не се допускат горливи материали и източници на възпламеняване. Кислородната концентрация в камерата трябва да се поддържа под 23%. Необходимо е да бъде предвидена и изградена добра противопожарна система и периодично да се провеждат учения за защита и бягство от пожар. Трябва да се извършва строга организация и контрол на системата за техническо обслужване и да се контролира изпълнението на профилактичните мерки срещу пожар в барокамерата (13,14,19).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценката на риска и вземането на превантивни мерки, създаването и внедряването на политика по безопасност, включително стратегия за превенция на пожари, обучението на персонала и пациентите, използването на подходяща хипербарна система и оборудване с адекватна експлоатация и поддръжка и спазването на правилата за работа и безопасност могат да намалят или елиминират възможните усложнения и инциденти при ХБО.

ЛИТЕРАТУРА

1. American Society of Mechanical Engineers. Safety Standard for PVHO-1. ASME, New York, 2007.
2. AS/NZS 4774.2:2019 Work in Compressed Air and Hyperbaric Facilities, Part 2: Hyperbaric Oxygen Facilities. Available at: <https://www.standards.org.au>

3. Banham ND. Oxygen toxicity seizures: 20 years' experience from a single hyperbaric unit. *Diving Hyperb Med.* 2011 Dec;41(4):202-10.
4. Bessereau J, Tabah A, Genotelle N, Français A, Coulange M, Annane D. Middle-ear barotrauma after hyperbaric oxygen therapy. *Undersea Hyperb Med.* 2010 Jul-Aug;37(4):203-8.
5. Camporesi EM. Side effects of hyperbaric oxygen therapy. *Undersea Hyperb Med.* 2014 May-Jun;41(3):253-7.
6. COST B14 Action WG Safety. A European Code of Good Practice in Hyperbaric Oxygen Therapy. European Science Foundation, Mannheim, Germany; May 2004.
7. Costa DA, Ganilha JS, Barata PC, Guerreiro FG. Seizure frequency in more than 180,000 treatment sessions with hyperbaric oxygen therapy - a single centre 20-year analysis. *Diving Hyperb Med.* 2019 Sep 30;49(3):167-174.
8. Edinguele WFOP, Barberon B, Poussard J, Thomas E, Reynier JC, Coulange M. Middle-ear barotrauma after hyperbaric oxygen therapy: a five-year retrospective analysis on 2,610 patients. *Undersea Hyperb Med.* 2020 Second-Quarter;47(2):217-228.
9. EN 14931:2006 Pressure vessel for human occupancy (PVHO) – Multi-place pressure chamber systems for hyperbaric therapy – Performance, safety requirements and testing. CEN, Brussels, Belgium.
10. EN 16081:2011+A1:2013 Hyperbaric chambers-Specific requirements for fire extinguishing systems. CEN.
11. Heyboer M 3rd, Sharma D, Santiago W, McCulloch N. Hyperbaric Oxygen Therapy: Side Effects Defined and Quantified. *Adv Wound Care (New Rochelle).* 2017 Jun 1;6(6):210-224.
12. Heyboer M 3rd, Wojcik SM, Grant WD, Chambers P, Jennings S, Adcock P. Middle ear barotrauma in hyperbaric oxygen therapy. *Undersea Hyperb Med.* 2014 Sep-Oct;41(5):393-7.
13. Jain KK. *Textbook of Hyperbaric Medicine*, 6th edition. Springer. 2017
14. Mathieu D. (Editor). *Handbook on Hyperbaric Medicine*. Springer Netherlands, 2006:691-765
15. 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.* 2017 Mar;47(1):24-32.
16. Moon RE, Camporesi EM. Clinical Care in Extreme Environments: At High and Low Pressure and in Space. In: Miller's anaesthesia, Miller RD. ed. Churchill Livingstone, 2010;2485-2515
17. Moon R. (Editor). *UHMS Hyperbaric Oxygen Therapy Indications 14th edition*. North Palm Beach, FL: Best Publishing Company; 2019
18. Nasole E, Zanon V, Marcolin P, Bosco G. Middle ear barotrauma during hyperbaric oxygen therapy; a review of occurrences in 5,962 patients. *Undersea Hyperb Med.* 2019 Mar-Apr-May;46(2):101-106.
19. NFPA 99. Health Care Facilities Code. Chapter 14 Hyperbaric facilities. National Fire Protection Association, MA, USA. 2012
20. Ng AWA, Muller R, Orton J. Incidence of middle ear barotrauma in staged versus linear chamber compression during hyperbaric oxygen therapy: a double blinded, randomized controlled trial. *Undersea Hyperb Med.* 2017 Mar-Apr;44(2):101-107.
21. Plafki C, Peters P, Almeling M, Welslau W, Busch R. Complications and side effects of hyperbaric oxygen therapy. *Aviat Space Environ Med.* 2000 Feb;71(2):119-24.
22. Pougnet R, Pougnet L, Lucas D, Henckes A, Loddé B, Dewitte JD. Health effects of hyperbaric exposure on chamber attendants: a literature review. *Int Marit Health.* 2018;69(1):58-62.

Адрес за кореспонденция:

*Красимира Цанкова
Факултет по обществено здравеопазване
Медицински университет – Варна
ул. Марин Дринов 55
9002 Варна
e-mail: kezaja10@abv.bg*
