

Waldemar Narożny¹,
Janusz Siebert²

¹Katedra i Klinika Chorób Uszu, Nosa,
Gardła i Krtani AM w Gdańsku
²Międzyuczelniane Uniwersyteckie
Centrum Kardiologii, Katedra Medycyny
Rodzinnej AM w Gdańsku

Możliwości i ograniczenia stosowania tlenu hiperbarycznego w medycynie

STRESZCZENIE

Prezentowano podstawowe fakty dotyczące skutków fizycznych, biochemicznych i fizjologicznych przebywania w warunkach hiperbarii tlenowej (HBO, *hyperbaric oxygen*). Następnie zaprezentowano wskazania, przeciwwskazania, powikłania oraz potencjalne zagrożenia zdrowotne tej procedury medycznej.

słowa kluczowe: hiperbaria tlenowa, HBO, wskazania, przeciwwskazania, powikłania

HISTORIA, WSKAZANIA I PRZECIWWSKAZANIA HIPERBARII TLENOWEJ

Hiperbaria tlenowa (HBO, *hyperbaric oxygen*) jest metodą leczenia tlenem hiperbarycznym, polegającą na tym, że pacjent oddycha 100-procentowym tlenem w komorze leczniczej, w której ciśnienie otoczenia jest większe od 1 ATA. Obecny zasób wiedzy wskazuje, że ciśnienie powinno wynosić co najmniej 1,4 ATA. Leczenie może być prowadzone w komorze jednomiejscowej (*monoplace*) lub wielomiejscowej (*multiplace*) dla 2 lub więcej osób. Oddychanie 100-procentowym tlenem przy ciśnieniu otoczenia 1 ATA lub ekspozycja tylko części ciała na 100-procentowy tlen nie stanowi leczenia HBO [1, 2].

Rozwój terapii hiperbarycznej nieodłącznie wiąże się z nurkowaniem oraz rozwojem technik leczenia sprężonym powietrzem. Pierwszą osobą poddaną działaniu podwyż-

szonego ciśnienia, według nie do końca wiarygodnego przekazu historycznego, miał być Aleksander Wielki. Opuszczono go prawdopodobnie w 320 roku p.n.e. na dno cieśniny Bosfor w specjalnie w tym celu skonstruowanej szklanej beczce [1, 2].

Początki terapii hiperbarycznej wiążą się z osobą brytyjskiego lekarza Henshawa, który w 1662 roku zbudował urządzenie zwane „*domicilium*”, w którym, za pomocą sprężonego powietrza, leczył schorzenia płucne. Rozkwit terapii hiperbarycznej sprężonym powietrzem nastąpił w XIX wieku w Europie. Komory hiperbaryczne powstały wówczas w wielu krajach Europy, między innymi we Francji, Holandii, Belgii, Anglii, Szwajcarii i Włoszech. W 1855 roku Bertin opublikował pierwszy podręcznik medycyny hiperbarycznej. Przegląd piśmiennictwa dotyczącego tego zagadnienia sporządzony w 1877 roku przez Arntzeniusa zawierał już 300 pozycji [1, 2].

Adres do korespondencji:
dr hab. med. Waldemar Narożny
Katedra i Klinika Chorób Uszu, Nosa,
Gardła i Krtani AM w Gdańsku
ul. Dębinki 7, 80-211 Gdańsk
e-mail: naroznyw@wp.pl

Copyright © 2007 Via Medica
ISSN 1897-3590

Choć w Ameryce Północnej pierwsze dwie komory powstały już w 1860 i 1861 roku (Ontario, Nowy Jork), to największą sławą, nie do końca związaną z dokonaniem medycznymi, cieszyła się działalność doktora Cunninghama. W 1920 roku zbudował on w Kansas City komorę do leczenia ofiar słynnej pandemii grypy hiszpanki. Awaria techniczna komory w 1923 roku i śmierć w płomieniach wszystkich chorych nie powstrzymała entuzjazmu doktora Cunninghama, który w 1928 roku zbudował drugą, tym razem największą na świecie, komorę w kształcie kuli o średnicy 20 m z pięcioma kondygnacjami wewnątrz. Leczył on w niej między innymi chorych z cukrzycą, kiłą, nadciśnieniem, nowotworami. Amerykańskie Towarzystwo Medyczne, nie otrzymując do Cunninghama żądanych przez nią informacji o sposobie leczenia i uzyskiwanych wynikach, powzięło podejrzenie, że w tym przypadku względy ekonomiczne wzięły górę nad medycznymi i doprowadziło w 1936 roku do zamknięcia komory [1, 2].

Mimo że tlen „odkrył” Joseph Priestley już w 1775 roku, to zastosowanie w terapii jego formy sprężonej zostało znacznie opóźnione przez odkrycie jego toksyczności w 1789 roku przez Lavoisiera i Saguina. W pierwszym podręczniku dotyczącym leczenia tlenem napisanym w 1796 roku przez Beddoesa i Watta pominięto całkowicie temat leczenia tlenem hiperbarycznym. Również pierwsza tlenowa komora hiperbaryczna stworzona w 1917 roku przez Drägera nigdy nie weszła do produkcji [1, 2].

Pierwszymi, którzy zdecydowali się zastosować tlen hiperbaryczny w leczeniu pacjentów z chorobą dekompresyjną, byli Behnke i Shaw w 1937 roku. Ojcem nowoczesnej medycyny hiperbarycznej, według opinii większości, jest Holender Boerema. W 1959 roku Boerema i wsp. [3] przeprowadzili klasyczny eksperyment, udowadniając, że do życia w warunkach hiperbarii tlenowej wystarczy tlen zawarty (rozpuszczony) jedynie w surowicy

krwi. Obiektem doświadczenia była świnia oddychająca przez 45 minut 100-procentowym tlenem w komorze hiperbarycznej przy ciśnieniu 3 ATA, w sytuacji gdy w jej układzie krążenia znajdowała się krew pozbawiona elementów komórkowych (bez hemoglobiny).

Pierwszy Międzynarodowy Kongres Medycyny Hiperbarycznej odbył się w 1963 roku w Amsterdamie, a w 1976 roku zawiązano w Stanach Zjednoczonych *Committee on Hyperbaric Oxygenation of the Undersea Medical Society* przemianowany w 1986 roku na *Undersea and Hyperbaric Medical Society* (UHMS). W 1983 roku powstał *American College of Hyperbaric Medicine*. Europejską organizacją skupiającą narodowe towarzystwa naukowe medycyny hiperbarycznej jest założony w 1989 roku *European Committee for Hyperbaric Medicine* (ECHM).

Wskazania do leczenia HBO oparte są na wynikach zarówno prac doświadczalnych, jak i obserwacji oraz wiarygodnych badań klinicznych nad skutkami fizycznymi, fizjologicznymi i biochemicznymi przebywania w warunkach HBO. Wiadomo, że w jednym litrze surowicy krwi rozpuszczonych jest 3 ml tlenu [4]. Oddychanie 100-procentowym tlenem w warunkach normobarycznych zwiększa ilość tlenu rozpuszczonego w surowicy krwi do około 20 ml/l. Oddychanie 100-procentowym tlenem w warunkach hiperbarycznych (np. 2,5 ATA) prowadzi do wzrostu ilości tlenu do około 50 ml/l. Wystarcza to do pokrycia zapotrzebowania na tlen wszystkich tkanek człowieka pozostającego w spoczynku. Potwierdzeniem tego założenia były wyniki eksperymentu Boeremy i wsp. [3].

Stwierdzono, że podczas leczenia HBO:

- 1) zmniejsza się, wraz ze wzrostem ciśnienia (zgodnie z prawem Boyle-Mariotta), objętość pęcherzyków gazu we krwi;
- 2) zmniejsza się okres połowicznego rozpadu karboksyhemoglobiny;
- 3) dochodzi do skurczu naczyń i zmniejszenia obrzęku uszkodzonych tkanek;

- 4) dochodzi do proliferacji fibroblastów;
- 5) dochodzi do aktywacji tworzenia włosowatych naczyń krwionośnych;
- 6) hamowany jest rozwój bakterii beztlenowych;
- 7) wzrasta zależna od komórek obojętno-chłonnych aktywność przeciwbakteryjna;
- 8) dochodzi do poprawy aktywności osteoklastów [1, 2].

Wskazania do leczenia tlenem hiperbarycznym określone przez UHMS obejmują: zatępienia powietrzne i gazowe, zatrucia CO, zespół klostridialnej zgorzeli gazowej, urazy tkanek miękkich, ostre pourazowe zespoły niedokrwienne, chorobę dekompresyjną, trudno gojące się rany, stany wyjątkowo dużej utraty krwi, ropnie wewnątrzczaszkowe, martwicze zakażenia tkanek miękkich, odporne na leczenie zapalenia kości, późne uszkodzenia popromienne, zagrożone odrzuceniem przeszczepy skórne, oparzenia termiczne, promienicę [1, 2, 5, 6]. Podlegającą analizie co trzy lata listę wskazań sporządzaną przez UHMS honoruje większość instytucji finansowych i firm ubezpieczeniowych przy podejmowaniu decyzji o pokryciu niemałych kosztów leczenia tą metodą (cena jednego sprzężenia — ok. 300 \$).

Kilkunastoletnie doświadczenie Kliniki Otolaryngologii w Gdańsku i Krajowego Ośrodka Medycyny Hiperbarycznej w Gdyni w stosowaniu HBO w otolaryngologii pozwala rekomendować leczenie tlenem hiperbarycznym w następujących „otolaryngologicznych” jednostkach chorobowych: nagły niedosłuch czuciowo-nerwowy, zmiany popromienne tkanek miękkich głowy i szyi, osteoradionekroza kości twarzoczaszki, radionekroza krtani, zapalenia szpiku kości twarzoczaszki, zagrożone odrzuceniem płaty skórno-mięśniowe, trudno gojące się rany pooperacyjne głowy i szyi, martwicze „złośliwe” zapalenie ucha zewnętrznego [5–11].

Pierwsza i Siódma Europejska Konferencja Zgodności ECHM, które odbyły się odpowiednio w 1994 i 2004 roku we Francji

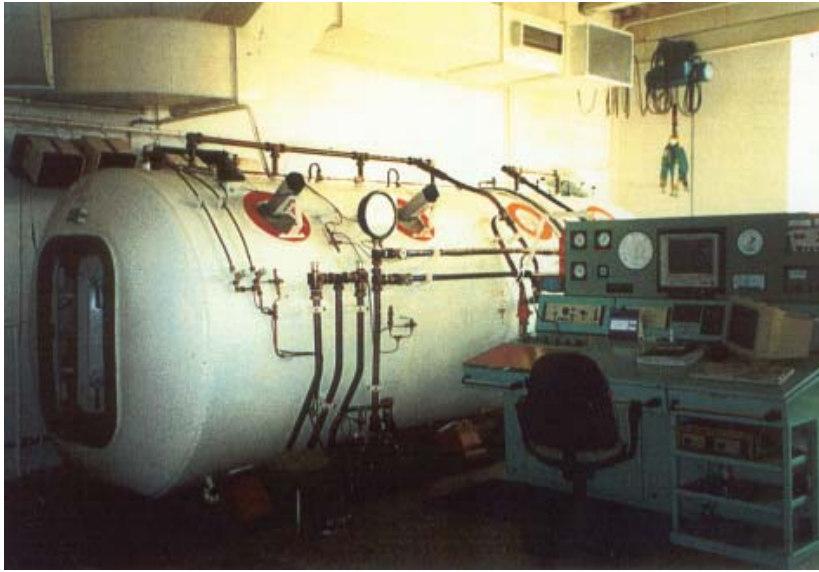
w Lille, ustalając wskazania do leczenia HBO, podzieliły swoje zalecenia na trzy typy: typ 1 (1R) — leczenie HBO bardzo zalecane; typ 2 (2R) — leczenie HBO zalecane; typ 3 (3R) — leczenie HBO dopuszczalne (opcjonalne), stanowiące dodatkową korzyść leczniczą, mogącą poprawić ostateczny wynik. Nagły niedosłuch czuciowo-nerwowy zaliczono do wskazań typu 2. Różnica między listą UHMS i ECHM polega na braku nagłego niedosłuchu czuciowo-nerwowego wśród wskazań UHMS (obecnego we wskazaniach ECHM), a wśród wskazań ECHM — braku stanu wyjątkowo dużej utraty krwi (obecnego wśród wskazań UHMS) [1, 2]. Przeszkodą dla UHMS do uwzględnienia nagłego niedosłuchu czuciowo-nerwowego na liście wskazań, a dla ECHM — zaliczenia tego schorzenia do wyższego typu zaleceń, jest brak dostatecznej liczby wiarygodnych, randomizowanych, prospektywnych badań z zastosowaniem „podwójnie ślepej próby” potwierdzających skuteczność tej metody leczenia w tym schorzeniu [7–11].

Bezwzględny przeciwwskazaniem do HBO są: nieleczona odma opłucnowa oraz chemioterapia (cisplatyna, disulfiram, adriamycyna). Przeciwwskazaniami względnymi są: ostra infekcja górnych dróg oddechowych, rozedma płuc, przebyte zabiegi operacyjne płuc i/lub kości skroniowej, podwyższona temperatura ciała, ciąża, klaustrofobia, drgawki [1, 2].

POWIKŁANIA HIPERBARII TLENEWYJ

Niedopowiedzenia związane z wpływem HBO na ustrój człowieka ogniskują się wokół zagadnień związanych z powikłaniami medycznymi HBO i potencjalnymi zagrożeniami zdrowotnymi mogącymi pojawiać się w trakcie terapii tlenem hiperbarycznym.

Stosowanie HBO, podobnie jak realizowanie każdej innej procedury medycznej, wiąże się z możliwością wystąpienia powikłań, które można podzielić na powikłania biologiczne i techniczne.



Rycina 1. Widok ogólny wielomiejscowej leczniczej komory hiperbarycznej

■ Powikłania biologiczne

Spośród **powikłań biologicznych** wyróżnia się trzy grupy schorzeń:

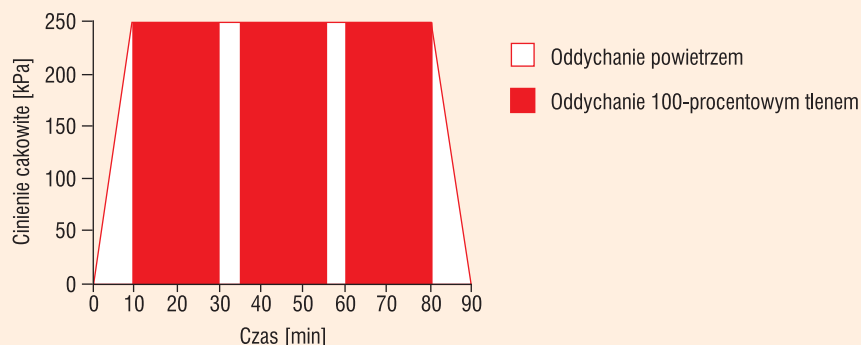
- 1) powikłania związane z toksycznością tlenu;
- 2) powikłania związane z urazem ciśnieniowym;
- 3) powikłania oczne [1, 2, 12].

Ad. 1. O toksyczności tlenu donosili już w 1789 roku Lavoisier i Seguin, co stało się przyczyną kilkudziesięcioletniego zaprzestania wszelkich prób nad zastosowaniem tlenu w medycynie. Toksyczność tlenu dzieli się na płucną i związaną z toksycznym wpływem na centralny układ nerwowy (CNS, *central nervous system*) [1, 2, 12].

Toksyczność płucna tlenu wiąże się z długotrwałą ekspozycją organizmu na 100-procentowy tlen w warunkach normalnego oraz podwyższonego ciśnienia. Wczesnymi objawami zatrucia tlenem są: uczucie podrażnienia krtani i tchawicy, obrzęk błony śluzowej nosa, okresowy ból krtani. Objawy te mogą pojawić się po 24 godzinach oddychania 100-procentowym tlenem w warunkach normobarycznych bądź po 6 godzinach oddychania 100-procentowym tlenem pod ciśnieniem 2 ATA. Kontynuowanie oddychania czystym

tlenem prowadzi do pogłębiania się zaburzeń oddechowych, niekontrolowanego, stałego kaszlu, a w końcowej fazie do ostrej duszności. Objawy te pojawiają się już po 10 godzinach oddychania 100-procentowym tlenem pod ciśnieniem 2 ATA. Pogarszanie się stanu klinicznego łączy się ze zmniejszaniem pojemności życiowej płuc (VC, *vital capacity*). Wczesne objawy toksyczności płucnej są odwracalne. Praktycznym sposobem unikania objawów toksyczności płucnej tlenu jest jego podawanie sposobem przerywanym — podawanie 100-procentowego tlenu w trzech 20-minutowych okresach przedzielonych 5-minutowymi przerwami oddychania sprężonym powietrzem (ryc. 1) [1, 2, 12].

Toksyczny wpływ tlenu na CNS może ujawnić się już po krótkim czasie oddychania 100-procentowym tlenem w warunkach podwyższonego (co najmniej 2 ATA) ciśnienia. Im wyższe ciśnienie sprężenia, tym szybciej mogą wystąpić objawy kliniczne toksycznego wpływu tlenu na CNS (3 ATA — 2 h; 7 ATA — 5 min). Najbardziej charakterystyczne objawy to uogólnione drgawki typu *grand mal*. Napad może być poprzedzony drżeniami mięśniowymi wokół ust, oczu oraz drżeniem ręki. W materiale Da-



Rycina 2. Schemat sprężenia leczniczego w wielomiejscowej komorze hiperbarycznej stosowany w Krajowym Ośrodku Medycyny Hiperbarycznej w Gdyni

visa i wsp. [13] obejmującym 28 700 sprężeń przy 2,4 ATA drgawki wystąpiły u 0,01% chorych.

Metodą uniknięcia objawów toksycznego wpływu tlenu na układ oddechowy i CNS jest ściśle przestrzeganie ustalonych procedur medycznych leczenia tlenem hiperbarycznym. W prawie wszystkich światowych ośrodkach HBO 100-procentowy tlen podaje się w sposób przerywany przez około godzinę, w warunkach sprężonego powietrza 2–3 ATA (ryc. 2 i 3) [1, 2, 12].

Ad. 2. Uraz ciśnieniowy (barotrauma), który spotyka się podczas HBO, może dotyczyć ucha środkowego, zatok przynosowych oraz płuc [1, 2].

Uraz ciśnieniowy ucha środkowego jest najczęściej opisywanym powikłaniem HBO [1, 2, 14]. Około 15–20% chorych poddawanych HBO odczuwa podczas sprężania, czasami tylko jednorazowo, ból ucha bądź ma kłopot z odblokowaniem trąbki słuchowej; u co czwartego chorego widoczne są wówczas różnie nasilone zmiany otoskopowe. Ocenia się, że tylko u 0,37% badanych mamy do czynienia z rzeczywistą niemożnością wyrównywania ciśnień. Profilaktyka urazu ciśnieniowego ucha środkowego jest zróżnicowana. W Stanach Zjednoczonych w 35% ośrodków prowadzących HBO wszystkich chorych zakwalifikowanych do sprężeń poddaje się far-

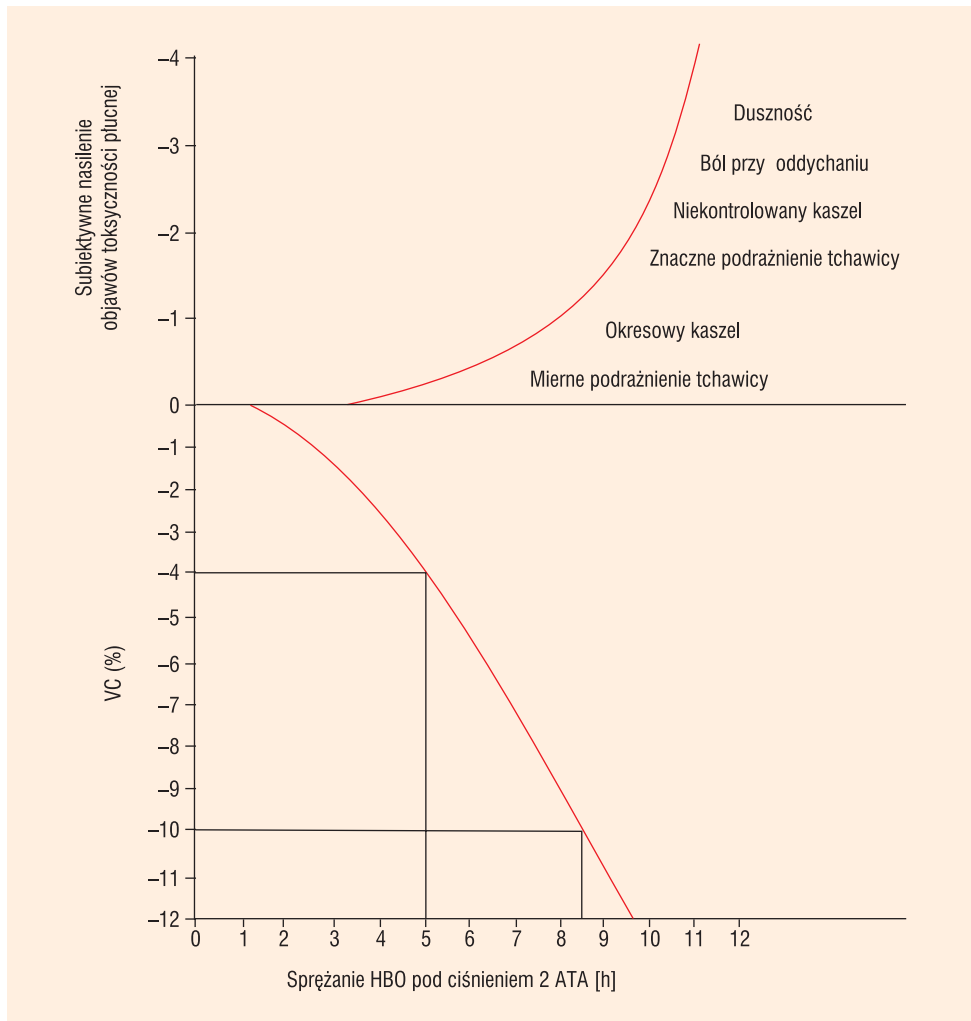
makoterapii (preparaty doustne i donosowe), w 15% ośrodków wykonuje paracentezę, w pozostałych — nie prowadzi żadnej profilaktyki [14].

Uraz ciśnieniowy zatok przynosowych, głównie zatok czołowych, prawie zawsze wiąże się z ostrą infekcją błony śluzowej górnych dróg oddechowych. Jest to jedno z przeciwskażeń względnych do HBO. W stanach nagłych każde sprężenie musi być poprzedzone dokładną anemizacją błony śluzowej nosa i ujścia gardłowego trąbek słuchowych, a kompresja i dekompresja — prowadzone bardzo wolno [1, 2].

Uraz ciśnieniowy płuc jest bardzo rzadkim powikłaniem, który może przyjmować postać odmy opłucnowej bądź rozzerwania płuc. Pojawianiu się tego powikłania zapobiega wcześniejsza wnikliwa diagnostyka pneumologiczna (RTG płuc, spirometria, gazometria) [1, 2].

Ad. 3. Do powikłań ocznych HBO należą: krótkowzroczność i zaćma [1, 2].

Krótkowzroczność jest przejściową dolegliwością zgłaszaną przez średnio co piątą osobę poddaną HBO. Wzrok u tych chorych powraca do normy stopniowo przez okres do trzech miesięcy od chwili ukończenia HBO. Przyczyna okresowego pogorszenia wzroku jest nieznana. Uważa się, że może ona być spowodowana między innymi zmianami



Rycina 3. Narastanie objawów płucnej toksyczności tlenu (część górna ryciny) w zależności od zmniejszania się pojemności życiowej płuc (część dolna ryciny) w trakcie HBO pod ciśnieniem 2 ATA (wg Takahashi i wsp. [12], w modyfikacji własnej)

w krzywiźnie rogówki wywołanymi wahaniami ciśnień w trakcie kompresji i dekompresji bądź zmianami metabolicznymi rogówki lub zmianami w refrakcji soczewki [1, 2].

Zaćma jest rzadkim powikłaniem HBO spotykanym u chorych w starszym wieku poddanych dużej (> 200) liczbie sprężeń. Wydaje się, że znaczny wpływ na rozwój zaćmy odgrywają wolne rodniki. Stąd w zapobieganiu jej rozwojowi stosuje się antyoksydanty [1, 2, 12].

■ Powikłania techniczne hiperbarii tlenowej

Bezpieczeństwo prowadzenia HBO zależy od wielu przewidywalnych czynników, zwią-

zanych z warunkami technicznymi prowadzenia terapii tlenem hiperbarycznym (ciśnienie, warunki sprężania, rodzaj komory hiperbarycznej, sprawność systemu dostarczania i usuwania tlenu z obiegu, stan bezpieczeństwa elektrycznego), stanu zdrowia chorych i personelu medycznego oraz od trudnego do wcześniejszego określenia marginesu czynników nieprzewidywalnych, będących najczęściej zbiegiem niekorzystnych okoliczności [1, 2]. W latach 1923–1996 doszło na całym świecie do 25 pożarów komór hiperbarycznych, w większości jednomiejscowych, w których zginęło 60 osób [15]. Do pierwszego pożaru w komorze wielomiejscowej doszło

w 1989 roku. W celu zminimalizowania możliwości pożaru w komorze hiperbarycznej obowiązuje zakaz wnoszenia jakichkolwiek urządzeń elektrycznych do wnętrza komory, ubierania się w syntetyczne ubrania, stosowania przed sprzężeniem dezodorantów i kosmetyków na bazie tłuszczu. W Polsce doszło do dwóch pożarów komór hiperbarycznych: w Krakowie (1939 r.) oraz Gdyni (1954 r.).

ZAGROŻENIA ZDROWOTNE (?) ZWIĄZANE Z HIPERBARIĄ TLENOWĄ

Spotykaną w piśmiennictwie sugestią jest opinia co do możliwości promującego (kancerogennego) bądź przyspieszającego rozwój nowotworów działania tlenu hiperbarycznego. Występuje ona od 1965 roku, kiedy to Johnson i wsp. [16] opublikowali doniesienie o częstszych niż się spodziewano przerzutach odległych oraz ich nietypowych miejscach lokalizacji u 25 chorych z zaawansowanym rakiem macicy, napromieniowanych w warunkach HBO. Autorzy ci pierwsi zasugerowali możliwość promującego (kancerogennego) bądź przyspieszającego wzrost nowotworów działania tlenu hiperbarycznego. Od tego czasu opublikowano wyniki wielu badań zarówno doświadczalnych, jak i klinicznych, przedstawiających różnorodne aspekty tego zagadnienia. Feldmeier i wsp. [17] w 1993 roku przeprowadzili ankietę, która wykazała, że wbrew wynikom albo niezależnie od nich aż 7% ankietowanych lekarzy stosujących HBO wierzy w potencjalne rakotwórcze właściwości tlenu hiperbarycznego, a 42% uważa, że jego stosowanie wiąże się z ryzykiem późniejszych procesów sądowych wytaczanych przez chorych (bądź ich rodziny), u których wystąpiły w trakcie bądź po ukończeniu skojarzonego leczenia objawy wskazujące na postęp procesu nowotworowego. Zagadnienie to było jednym z ważniejszych tematów V Europejskiej Konferencji Zgodności w Lizbonie w 2001 roku z udziałem członków *European Committee for Hyperbaric Medicine* (ECHM) i *European Society for Therapeutic*

Radiology and Oncology (ESTRO). „*State of the art*” tego zagadnienia, na podstawie przeglądu piśmiennictwa, dokonał Feldmeier [18].

Badania doświadczalne w analizowanym przez niego okresie 1960–2001 prowadzono na różnych poziomach badawczych (molekularnym, komórkowym, tkankowym, na zwierzętach) i koncentrowały się na ocenie wpływu HBO na dynamikę wzrostu nowotworowych hodowli tkankowych, parametry odpornościowe, aktywność wolnych rodników w różnych tkankach, wykładniki mutagenyzy oraz dynamikę wzrostu guzów doświadczalnych na zwierzętach. Po ekspozycji na HBO, w porównaniu z materiałem badawczym nie poddawany temu wpływowi, stwierdzano zahamowanie wzrostu nowotworowych hodowli tkankowych i zmniejszenie skłonności tkanek do przerzutów, brak wyraźnego supresyjnego wpływu na wybrane parametry stanu immunologicznego, zarówno brak wpływu, jak i wzrost stężenia wolnych rodników w tkankach, przy jednoczesnej obecności mechanizmów adaptacyjnych (wymiatacze wolnych rodników), zapobiegających uszkodzającym efektom ich działania, mało specyficzny obraz zmian genetycznych badanego materiału przy braku mutacji w charakterystycznych dla uszkodzającego działania wolnych rodników, miejscach DNA leukocytów ochotników poddanych HBO, brak wzrostu masy guza i skłonności do pojawiania się przerzutów u zwierząt doświadczalnych, niezależnie od ich budowy histologicznej [18].

PODSUMOWANIE

Autorzy pracy mają nadzieję, że przedstawione powyżej dane dotyczące wskazań, przeciwwskazań, powikłań i potencjalnych zagrożeń zdrowotnych związanych z hiperbarią tlenową pozwolą każdemu lekarzowi, w tym lekarzowi rodzinnemu, na przypomnienie bądź wzbogacenie swojego warsztatu medycznego o możliwość leczenia tlenem hiperbarycznym.

Ośrodkiem medycznym koordynującym w Polsce leczenie tlenem hiperbarycznym jest

Krajowy Ośrodek Medycyny Hiperbarycznej (KOMH) (kierownik: dr med. Z. Sićko) działający przy Klinice Medycyny Hiperbarycznej i Ratownictwa Morskiego Akademickiego Centrum Medycyny Morskiej i Tropikalnej SPSK AMG w Gdyni. Klinika Medycyny Hiperbarycznej i Ratownictwa Morskiego prowadzi leczenie tlenem hiperbarycznym w ramach kontraktu z Narodowym Funduszem Zdrowia. Konsultacje i kwalifikacje chorych możliwe są pod numerem telefonu: (058) 622-51-63.

WNIOSKI

1. Tlen, w tym tlen hiperbaryczny, jak każdy lek posiada swoje wskazania i przeciwwskazania, a jego stosowanie łączy się z możliwością wystąpienia powikłań.
2. Ścisłe stosowanie przyjętych procedur medycznych prowadzenia HBO oraz zachowanie wszystkich zasad bezpieczeństwa sprzężeń w komorze hiperbarycznej pozwala na zminimalizowanie skali powikłań tej procedury medycznej.

PIŚMIENNICTWO

1. Jain K.K. (red.). Textbook of hyperbaric medicine. Wyd. 4. Hogrefe & Huber Publishers, Göttingen 2004.
2. Mathieu D. Handbook on hyperbaric medicine. Springer, Dordrecht 2006.
3. Boerema I., Meyne N.G., Brummelkamp W.K. i wsp. Life without blood: a study of the influence of high atmospheric pressure and hypothermia on dilution of the blood. *J. Cardiovasc. Surg.* 1960; 1: 133-146.
4. Traczyk W.Z., Trzebski A. Fizjologia człowieka z elementami fizjologii klinicznej. PZWL, Warszawa 1980.
5. Narożny W., Sićko Z., Kot J. i wsp. Hyperbaric oxygen therapy in the treatment of complications of irradiation in head and neck area. *Undersea Hyperb. Med.* 2005; 32: 103-110.
6. Narożny W., Kuczkowski J., Stankiewicz C. i wsp. Value of hyperbaric oxygen in bacterial and fungal malignant external otitis treatment. *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.* 2006; 263: 680-684.
7. Narożny W. Wpływ glikokortykoidów oraz tlenu hiperbarycznego na ucho wewnętrzne w badaniach klinicznych u chorych z nagłym niedosłuchem czuciowo-nerwowym oraz w badaniach doświadczalnych u kurcząt po urazie akustycznym. *Ann. Acad. Med. Gedan.* 2002; 32 (supl.): 5-172.
8. Narożny W. Wpływ tlenu hiperbarycznego na obraz zniszczeń komórek rzęsatych ucha wewnętrznego kurcząt poddanych ekspozycji na hałas szerokopasmowy. *Otolaryngol. Pol.* 2006; 60: 401-405.
9. Narożny W., Kuczkowski J., Kot J. i wsp. Prognostic factors in sudden sensorineural hearing loss — our experience and review of literature. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.* 2006; 115: 553-558.
10. Narożny W., Sićko Z., Kuczkowski J. i wsp. Usefulness of high doses of glucocorticoids and hyperbaric oxygen therapy in sudden sensorineural hearing loss treatment. *Otol. Neurotol.* 2004; 25: 916-923.
11. Narożny W., Sićko Z., Kuczkowski J. i wsp. Usefulness of hyperbaric oxygen therapy in patients with sensorineural acute and chronic tinnitus. *International Congress Series 2003*; 1240: 277-286.
12. Takahashi H., Kobayashi S. New indications for hyperbaric oxygen therapy and its complication. *Adv. Otorhinolaryngol.* 1998; 54: 1-13.
13. Davis J.C., Dunn J.M., Heimbach R.D. Hyperbaric medicine; patient selection, treatment procedures and side effects. W: Davis J.C., Hunt T.K. (red.). *Problem wounds: the role of oxygen.* Elsevier, New York 1988; 225-235.
14. Capes J.P., Tomaszewski C. Prophylaxis against middle ear barotraumas in US hyperbaric oxygen therapy centers. *Am. J. Emerg. Med.* 1996; 14: 645-648.
15. Sheffield P.J., Dessautels D.A. Hyperbaric and hypobaric chamber fires: a 73-year analysis. *Undersea Hyperb. Med.* 1997; 24: 153-164.
16. Johnson R.J.R., Lauchlan S.C. Epidermoid carcinoma of the cervix treated by ⁶⁰Co therapy and hyperbaric oxygen. W: *Proceedings of the Third International Congress of Hyperbaric Medicine.* Durham 1965; 648-653.
17. Feldmeier J.J., Heimbach R.D., Davolt D.A. i wsp. Hyperbaric oxygen and the cancer patients: a survey of practice patterns. *Undersea Hyperb. Med.* 1993; 20: 337-345.
18. Feldmeier J.J. Hyperbaric oxygen: does it have cancer causing or growth enhancing effect? W: *Proceedings ESTRO and ECHM Consensus Conference: Hyperbaric oxygen therapy in the treatment of radio-induced lesions in normal tissues.* Lisbon, Portugal 2001; 129-141.