

Aktualne zastosowanie hiperbarii tlenowej

The current use of hyperbaric oxygen treatment

Katedra Biologii Medycznej, Uniwersytet Mikołaja Kopernika – Collegium Medicum w Bydgoszczy

KEYWORDS

hyperbaric oxygen treatment, HBO, indications, contraindications, complications

SUMMARY

The effect of the use of hyperbaric oxygen (HBO) on the human body. The course of treatment is described in detail with specified medical oxygen cycles. Also summarizes the indications, contraindications and possible complications of the use of this procedure in Practice of Medicine. The article also contains a list of centers in Poland dealing with hyperbaric medicine That has signed a contract with the National Health Fund.

RYS HISTORYCZNY HIPERBARII TLENOWEJ

Hiperbaria tlenowa (ang. *hyperbaric oxygen* – HBO) jest to metoda leczenia urazów i chorób w komorze hiperbarycznej. Wykorzystuje ona ciśnienie wyższe od atmosferycznego. W trakcie zabiegu chorzy oddychają czystym, 100% tlenem. Uważa się, że ciśnienie wewnątrz komory powinno przewyższać 1,4 ATA. Wykorzystywane podczas zabiegów leczniczych w dostępnych obecnie komorach ciśnienie wynosi zazwyczaj 2,5 ATA (1, 2), dzięki temu można wielokrotnie zwiększyć ilość tlenu dostarczonego do komórek organizmu.

Początki wykorzystania tlenu hiperbarycznego w terapii chorób sięgają XVII wieku, kiedy to brytyjski lekarz i fizjolog C. Henshaw zaprojektował pierwszą komorę hiperbaryczną (3). Za ojca współczesnej hiperbarii tlenowej uważany jest holenderski chirurg I. Boerema. Przeprowadził on doświadczenie, w którym udowodnił, że do życia wystarczy tlen rozpuszczony fizycznie w surowicy krwi. Eksperyment ten polegał na kilkugodzinnym sprężeniu w komorze hiperbarycznej młodych świń, których krew pozbawiono hemoglobiny (4). W Polsce pionierami badań nad wpływem wysokiego ciśnienia na organizmy żywe byli J. Świątecki i F. Sulikowski, którzy w 1899 roku opisali zmniejszenie liczby erytrocytów u zwierząt doświadczalnych poddanych działaniu hiperbarii. W 1935 roku A. Oszański otworzył pierwszy w Polsce oddział gazolecznictwa w Państwowym Szpitalu św. Łazarza w Krakowie. Dysponował on namiotami tlenowymi (leczono w nich mieszaninami gazowymi) oraz komorą hiperbaryczną, umożliwiającą leczenie pod ciśnieniem 2 ATA (5).

MECHANIZM DZIAŁANIA HBO

Tlen w warunkach hiperbarycznych jest dostarczany do komórek organizmu nie tylko przez utlenowanie hemoglobiny, ale i w postaci rozpuszczonej w osoczu krwi (6). Wykazano, że w jednym litrze surowicy krwi znajdują się 3 ml rozpuszczonego fizycznie tlenu. Wiadomym jest, że oddychając 100% tlenem w warunkach normobarii, wysycenie surowicy krwi tlenem wzrasta do 20 ml/l. Pełne zapotrzebowanie organizmu będącego w spoczynku na tlen można zrealizować, oddychając 100% tlenem w warunkach hiperbarii tlenowej, co prowadzi do wzrostu stężenia rozpuszczonego w surowicy tlenu do 50 ml/l (1, 2, 4, 6).

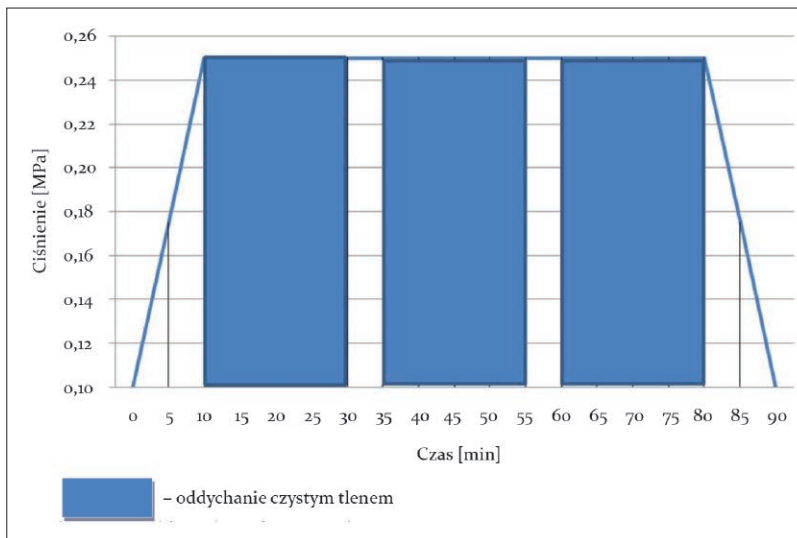
PRZEBIEG ZABIEGU HBO

Typowy zabieg tlenoterapii w komorze hiperbarycznej składa się z trzech 20-minutowych cykli oddychania tlenem hiperbarycznym, rozdzielonych 5-minutowymi przerwami oddychania powietrzem (ryc. 1). Łączny czas oddychania tlenem hiperbarycznym wynosi 60 min na ekspozycję. Zabieg obejmuje również dwa dziesięciominutowe okresy kompresji oraz dekompresji, podczas których chorzy oddychają powietrzem. Okresy te znajdują się odpowiednio na początku i na końcu zabiegu.

KOMORY HIPERBARYCZNE

– RODZAJE I ZASTOSOWANIE

W terapii hiperbarycznej zastosowanie mają komory jedno- lub wielomiejscowe oraz worki Gamowa (7).



Ryc. 1. Schemat przebiegu leczniczego w komorze hiperbarycznej

Komory jednomiejscowe (ang. *monoplane*) występują w różnych kształtach. Wyróżniamy komory cylindryczne (chory przebywa w pozycji horyzontalnej) oraz kuliste (pacjent leczony jest w pozycji siedzącej). Wykorzystanie komór typu *monoplace* związane jest głównie z leczeniem oparzeń twarzy oraz szyi. Chorym nie zakłada się maski na twarz (której zastosowanie jest konieczne w komorach wielomiejscowych) (1, 2, 7). Zabiegi w komorze jednomiejscowej mogą być stosowane tylko u osób stabilnych krążeniowo i oddechowo.

Komory wielomiejscowe (*multiplace*) są wykorzystywane do leczenia w tym samym czasie dwóch lub większej liczby chorych (ryc. 2). Tlen wdychany jest przez specjalną maskę, która szczelnie przywiera do twarzy. Wnętrze komory wypełnia powietrze pod zwiększonym ciśnieniem (1, 2, 7).



Ryc. 2. Komora hiperbaryczna typu *multiplace*, Mazowieckie Centrum Terapii Hiperbarycznej i Leczenia Ran (fot. J. Paprocki)

Worek Gamowa jest to nadmuchiwany worek służący między innymi do leczenia choroby wysokościowej, poprzez utrzymanie chorego w warunkach podwyższonego ciśnienia. Worki te wykorzystuje się głównie w punktach medycznych położonych na dużej wysokości nad poziomem morza. Wykorzystywane są również w leczeniu uzdrowiskowym oraz komercyjnym (7).

WSKAZANIA ORAZ PRZECIWWSKAZANIA DO LECZENIA W KOMORZE HIPERBARYCZNEJ

Lista wskazań oraz przeciwwskazań do stosowania HBO została ustalona w roku 2013 przez European Committee of Hyperbaric Medicine (ECHM) (tab. 1).

Wskazaniem do HBO są m.in.: choroba dekompresyjna, zatorowość powietrzna lub inna gazowa, zatrucie tlenkiem węgla, zator naczyń siatkówki, zgorzel gazowa, martwice zakażenia tkanek miękkich, urazy wielonarządowe oraz oparzenia termiczne. W stanach ciężkich warunkiem skutecznego leczenia jest odpowiednio szybkie podjęcie terapii tlenem hiperbarycznym. Wymagany jest bezzwłoczny transport chorego do specjalistycznych ośrodków, najlepiej w czasie 3-5 godzin od wystąpienia pierwszych objawów (7).

Choroba dekompresyjna powstaje w wyniku zbyt szybkiego obniżania się ciśnienia otoczenia, które sprzyja powstawaniu pęcherzyków gazów rozpuszczonych w płynach ustrojowych oraz tkankach. Głównym składnikiem tych pęcherzyków jest azot. Aby zapobiec tworzeniu się pęcherzyków gazu, dekompresja powinna być przeprowadzona według tzw. tabel dekompresyjnych (9). Chorzy, u których wystąpiły powikłania związane z chorobą dekompresyjną, powinni być dostarczeni do ośrodków hiperbarycznych w jak najkrótszym czasie w celu przeprowadzenia zabiegu HBO. Przebywanie w warunkach hiperbarii tlenowej umożliwia szybkie usunięcie pęcherzyków azotu z organizmu.

Tab. 1. Wskazania do leczenia hiperbarycznego refundowane przez NFZ (8)

Jednostki chorobowe o przebiegu ostrym	<ul style="list-style-type: none"> – choroba dekompresyjna, – zatory gazowe, – zatrucie tlenkiem węgla, – martwicze zakażenie tkanek miękkich (beztlenowe i mieszane), – ostre niedokrwienie tkanek miękkich, – uraz mięśniowo-szkieletowy, – uraz wielonarządowy – zespoły kompartmentalne i następstwa urazów zmiążdżeniowych, – oparzenia termiczne (II stopień > 10% u dzieci i III stopień > 20% u dorosłych), – nagła głuchota idiopatyczna, – głuchota po urazie akustycznym
Schorzenia przewlekłe	<ul style="list-style-type: none"> – popromienne uszkodzenie tkanek i narządów, – zespół stopy cukrzycowej, – zakażenie, martwica kikuta po amputacji, – zapalenie skóry i tkanki podskórnej, – rozlane, złośliwe zapalenie ucha zewnętrznego, – owrzodzenia odleżynowe, – zapalenie i martwica kości, – przeszczepy skóry zagrożone martwicą, – rekonstrukcja tkanek zagrożona martwicą, – zakażenie rany pourazowej, – zapalenie mostka, śródpiersia pooperacyjne, niestabilność mostka, ropnie

Główną przyczyną powstawania zatorów powietrznych jest dostanie się do krwiobiegu powietrza w wyniku: cewnikowania żył lub tętnic, hemodializy, operacji chirurgicznych i wentylacji mechanicznej (10). Odpowiednio wcześniej podjęta terapia hiperbaryczna spowoduje zmniejszenie objętości pęcherzyków gazu, a następnie bezpieczne ich usunięcie z organizmu. Terapia hiperbaryczna powinna odbyć się w czasie nie dłuższym niż kilka godzin po stwierdzeniu wystąpienia zatoru (7).

Zatrucie tlenkiem węgla powstaje w wyniku oddychania powietrzem zawierającym tlenek węgla (11). We krwi tlenek węgla (CO) wiąże się z hemoglobina, tworząc karboksyhemoglobinę (COHb). Powinowactwo CO do hemoglobiny jest 200-250 razy większe niż tlenu (12). Średni czas półtrwania COHb we krwi oddychając tlenem atmosferycznym, wynosi 5-6 godzin, tlenoterapia 100% tlenem skraca okres półtrwania COHb do 30-90 min. Tlenoterapia hiperbaryczna natomiast przy oddychaniu 100% tlenem pod ciśnieniem 2,5 ATA zmniejsza ten czas do 15-20 min (13). Terapia tlenem hiperbarycznym jest najlepszą dostępną metodą leczenia zatrucia tlenkiem węgla.

Martwicze zakażenie tkanek miękkich występuje stosunkowo często, najczęściej charakteryzuje się niewielkim lub umiarkowanym nasileniem. Zakażenia zazwyczaj dobrze reagują na leczenie antybiotykami oraz chirurgiczne opracowanie rany. Badania jednoznacznie dowodzą, że wykorzystanie hiperbarii tlenowej pozwala ograniczyć interwencje chirurgiczne (14). Udowodniono, że terapia tlenem hiperbarycznym zwiększa przeżycie oraz redukuje liczbę amputacji w obrębie kończyn (15). Działanie tlenu

hiperbarycznego przyspiesza gojenie ran poprzez pobudzenie neowaskularyzacji. Dowiedziono, że zwiększona podaż tlenu zwiększa zdolność komórek śródbłonna do podziałów mitotycznych (16, 17). Tlen hiperbaryczny pobudza również naskórkowanie rany (18). HBO zalecana jest także w przypadkach ostrego niedokrwienia tkanek miękkich w wyniku: zespołów zmiążdżeniowych, przeszczepów zagrożonych odrzuceniem oraz reinplantacji (7, 19). Efekt terapeutyczny HBO związany jest z poprawą przepływu krwi przez uszkodzone tkanki, zmniejszeniem obrzęku, a także redukcją liczby płytek krwi, które dodatkowo hamują przepływ (20). Hiperbarię tlenową stosuje się również jako metodę wspomagającą podstawowe leczenie chirurgiczne przy oparzeniach termicznych, chemicznych oraz elektrycznych (7). Udowodniono, że stosowanie HBO w oparzeniach redukuje obrzęk i wysięk z ran (7, 16, 21). HBO przyspiesza oczyszczanie rany. U pacjentów z powikłaniami infekcyjnymi istotnym znaczeniem hiperbarii jest działanie bakteriobójcze i bakteriostatyczne (22).

W leczeniu nagłej idiopatycznej głuchoty stosuje się hiperbarię tlenową wraz z wielokierunkowym leczeniem farmakologicznym obejmującym leki reologiczne, steroidy oraz witaminy (3, 7, 23, 24).

Bezwzględny przeciwwskazaniem do HBO jest nieleczona odma opłucnowa oraz chemioterapia (doksorubicyna, bleomecyna, adramycyna, cisplatyna, disulfiram). Do przeciwwskazań względnych z kolei należą: ostra infekcja dróg oddechowych, przebyte zabiegi operacyjne płuc lub kości skroniowej, rozedma płuc, ciąża, klaustrofobia, podwyższona temperatura ciała, drgawki (1, 2, 7). Nieleczona odma opłucnowa jest bezwzględnym przeciwwskazaniem do stosowania tego typu leczenia. Przed rozpoczęciem zabiegu niezbędne jest odbarczenie odmy. Zgodnie z prawem Boyle'a-Mariotte'a podczas dekompresji następująca odma zagraża życiu pacjenta (1, 2). Doksorubicyna w połączeniu z terapią hiperbaryczną uszkadza mięsień sercowy. Przed rozpoczęciem planowanej terapii tlenem hiperbarycznym należy odstawić ten lek na ok. 2-3 dni przed rozpoczęciem zabiegów. Bleomecyna z kolei nasila toksyczne działanie tlenu na płuca. HBO jest bezwzględnie przeciwwskazane nawet, gdy pacjent zaprzestał przyjmowanie tego leku.

Tlen hiperbaryczny nasila toksyczne działanie cisplatyny, hamując syntezę kolagenu i fibroblastów, co w konsekwencji powoduje opóźnienie gojenia ran. Disulfiram natomiast hamuje syntezę dysmutazy ponadtlenkowej, osłabiając układ antyoksydacyjny człowieka.

Infekcja górnych dróg oddechowych jest względnym przeciwwskazaniem do tego rodzaju terapii. Chorzy niezdiagnozowani wcześniej podczas dekompresji oraz po zabiegu mogą odczuwać ból w okolicy czołowej promieniujący niekiedy do oczodołu, nosa, ucha lub tyłu głowy. Może wystąpić ponadto wysięk surowiczko-krwistej wydzieliny z nosa, krwawienie z nosa oraz łzawienie (1-3, 7, 25).

Chorzy po przebytych zabiegach operacyjnych klatki piersiowej oraz płuc zazwyczaj dobrze tolerują zabiegi HBO.

Wymagają jednak szczególnej uwagi w trakcie trwania zabiegu (1, 2, 7). Rozedma płuc powoduje nieodwracalne pęknięcie pęcherzyków płucnych, a zabiegi hiperbaryczne przyspieszają ten proces (1, 2, 7). Przeciwwskazaniem względnym do prowadzenia HBO jest również ciąża. W przypadku zatrucia tlenkiem węgla jest jednak jedyną procedurą medyczną mogącą uratować życie matki oraz płodu (1, 2, 7).

W przypadku klaustrofobii zamknięcie pacjenta w komorze (szczególnie typu *monoplace*) może powodować lęk (1, 2, 7). Występowanie podwyższonej temperatury ciała obniża próg drgawkowy. W stanach nagłych przed odbyciem zabiegu HBO podaje się leki przeciwdrgawkowe osobom z podwyższoną temperaturą (1, 2, 7). Chorzy z obciążeniem mogą być bardziej predysponowani do wystąpienia drgawek typu *grand mal* (napady kloniczno-toniczne). Przed zabiegiem należy takim osobom podać leki przeciwdrgawkowe (1, 2, 7).

POWIKŁANIA HBO

Terapia sprężonym tlenem – jak każda procedura medyczna – niesie za sobą możliwość wystąpienia powikłań związanych zarówno z toksycznością tlenu, jak i z podwyższonym ciśnieniem.

Tlen został odkryty w 1775 roku przez Josepha Priestleya, jednakże wykorzystanie tego gazu zostało znacznie opóźnione przez odkrycie jego toksyczności (1, 2). Szkodliwe działanie tlenu na ośrodkowy układ nerwowy może objawić się uogólnionym napadem drgawkowym typu *grand mal* (1, 2, 7, 26, 27). Zatrucie tlenem wiąże się z długością okresu, podczas którego oddycha się 100% tlenem oraz z wysokością ciśnienia (27). Pierwszymi objawami zatrucia tlenem są: uczucie podrażnienia krtani i tchawicy, obrzęk błon śluzowych nosa, ból krtani. Dalsze oddychanie 100% tlenem prowadzi do niekontrolowanego kaszlu oraz zaburzeń oddychania (1, 2, 7, 28). Ból uszu jest najczęstszym powikłaniem stosowania HBO. Powstaje wskutek trudności z wyrównaniem ciśnienia w uchu środkowym. W skrajnych sytuacjach może dojść do przerwania ciągłości błony bębenkowej (1, 2, 7, 24, 26). U pacjentów z ostrą infekcją górnych dróg oddechowych może w trakcie rozprężania wystąpić uraz ciśnieniowy zatok przynosowych (1, 2, 7, 24, 26). Uraz ciśnieniowy płuc z kolei przyjmuje postać odmy opłucnowej, występuje zazwyczaj u chorych, u których doszło do uszkodzenia płuc w wyniku choroby podstawowej (1, 2, 7, 26). Epizody hipoglikemiczne po HBO występują głównie u pacjentów z cukrzycą. Przed każdym wejściem zaleca się zjedzenie lekkiego posiłku. Każdy chory z cukrzycą przed rozpoczęciem zabiegu powinien mieć oznaczony poziom cukru we krwi (1, 2, 7). U krótkowidzów po terapii hiperbarycznej mogą wystąpić powikłania oczne w postaci pogorszenia ostrości widzenia. Jakość widzenia wraca do normy zazwyczaj w czasie kilku miesięcy. Pogłębienie zaćmy jest rzadkim powikłaniem występującym zazwyczaj u osób starszych. Po znacznej liczbie sprężeń zmiany te są nieodwracalne. W razie

wystąpienia jakichkolwiek powikłań związanych z narządem wzroku należy zaprzestać prowadzenia zabiegów hiperbarii tlenowej i skonsultować się z okulistą (1-3, 7, 24).

INNE ZASTOSOWANIA HIPERBARII TLENOWEJ

Oprócz wyżej wymienionych zastosowań leczniczych, HBO coraz częściej jest wykorzystywana w innych dziedzinach medycyny np. kosmetyce i medycynie estetycznej. Udowodniono, że stosowanie hiperbarii tlenowej zmniejsza fotostarzenie skóry (29). W innym badaniu wykazano, że leczenie farmakologiczne grzybicy wsparte tlenoterapią hiperbaryczną prowadzi do zwiększenia skuteczności terapeutycznej (30). Stwierdzono, że u chorych z ostrym zespołem wieńcowym, poddanych terapii standardowej oraz jednorazowemu zabiegowi HBO znacząco skraca się czas trwania bólu. Zaobserwowano również istotne zmniejszenie wystąpienia intensywności zaburzeń rytmu oraz przewodnictwa serca, niższe były także poziomy markerów wskazujących na uszkodzenie mięśnia sercowego po zabiegu HBO (31). Badania doświadczalne przeprowadzone u chorych z udarem mózgu jednoznacznie wskazują na bardzo szybką poprawę stanu klinicznego po przeprowadzeniu serii zabiegów hiperbarii tlenowej (32).

PODSUMOWANIE

Tlen, podobnie jak każdy lek, posiada szereg wskazań oraz przeciwwskazań do jego stosowania. Należy się również liczyć z wystąpieniem powikłań. W przypadkach nagłych, ratujących życie należy rozważyć, czy korzyści z zastosowania tlenu hiperbarycznego przewyższają skutki potencjalnych powikłań.

Medycyna hiperbaryczna jest prężnie rozwijającą się gałęzią nauki. W Polsce oraz na całym świecie powstają nowe ośrodki lecznicze wykorzystujące tlen hiperbaryczny w celach terapeutycznych. Poszukuje się również ciągle nowych możliwości wykorzystania tej formy terapii.

OŚRODKI HIPERBARYCZNE W POLSCE:

Klinika Medycyny Hiperbarycznej i Ratownictwa Morskiego

– Krajowy Ośrodek Medycyny Hiperbarycznej
ul. Powstania Styczniowego 9 B, 81-519 Gdynia
tel. +48 (58) 622-51-63

Mazowieckie Centrum Terapii Hiperbarycznej
ul. Wołowska 137 – bud. „O”, 02-507 Warszawa
tel. +48 (22) 610-31-44

Dolnośląski Ośrodek Tlenoterapii Hiperbarycznej
ul. Borowska 213 – bud. „K”, 50-556 Wrocław
tel. +48 (71) 733-29-99

Pracownia Hiperbarii Tlenowej
ul. Jana Pawła II 2, 41-100 Siemianowice Śląskie
tel. +48 (32) 735-74-56

Ośrodek Tlenoterapii Hiperbarycznej CREATOR w Łodzi
ul. Kopernika 55A, 90-553 Łódź
tel. +48 (42) 230-10-30

Podkarpackie Centrum Medycyny Hiperbarycznej
ul. Staszica 4, 37-450 Stalowa Wola
tel. +48 (15) 842-11-28

**Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego
Regionalny Ośrodek Hiperbarii Tlenowej w Sosnowcu**
ul. Kościelna 13, 41-200 Sosnowiec
tel. +48 (32) 266-08-85

**Centrum Hiperbarii Tlenowej i Leczenia Ran
X Wojskowy Szpital Kliniczny w Bydgoszczy**
ul. Powstańców Warszawy 5, budynek „12”,
85-681 Bydgoszcz
tel. +48 791-777-871

**NZOZ Wielkopolskie Centrum Terapii Hiperbarycznej
i Leczenia Ran**
ul. 28 Czerwca 1956 r. nr 194, 61-485 Poznań
tel. +48 (61) 831-10-75

**Wschodnie Centrum Leczenia Oparzeń
i Chirurgii Rekonstrukcyjnej**
ul. Krasnystawska 52, 21-010 Łęczna
tel. +48 (81) 752-65-31

**Szpital Specjalistyczny im. L. Rydygiera w Krakowie
sp. z o. o.**
ul. Złotej Jesieni 1, 31-826 Kraków
tel. +48 (12) 646-81-28

Uniwersytecki Szpital Kliniczny
ul. M. Curie-Skłodowskiej 24 A, 15-276 Białystok
tel. +48 (85) 831-80-00

KONFLIKT INTERESÓW CONFLICT OF INTEREST

Brak konfliktu interesów
None

ADRES DO KORESPONDENCJI

Jarosław Paprocki
Katedra Biologii Medycznej
Uniwersytet Mikołaja Kopernika
– Collegium Medicum w Bydgoszczy
ul. Karłowicza 24, 85-092 Bydgoszcz
tel. +48 503-679-818
jaroslawpaprocki@interia.pl

PIŚMIENNICTWO

1. Jain KK: Textbook of hyperbaric medicine. Wyd. 4. Hogrefe & Huber Publishers, Göttingen 2004. 2. Mathieu D: Handbook on hyperbaric medicine. Springer, Dordrecht 2006. 3. Narożny W, Siebert J: Możliwości i ograniczenia stosowania hiperbarii tlenowej w medycynie. *Forum Med Rodz* 2007; 1(4): 368-375. 4. Boerema I, Meyne N, Brummelkamp W et al.: 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. 5. Streszczenie IX konferencji Polskiego Towarzystwa Medycyny i Techniki Hiperbarycznej. Sopot 1-2 grudnia 2007. *PHR* 2007; 4(24): 57-74. 6. Konturek S: Fizjologia człowieka – podręcznik dla studentów medycyny. Wyd. 1. Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2007. 7. Sieroń A, Cieślak G, Kawecki M: Zarys medycyny hiperbarycznej. α-Medica Press, Bielsko-Biała 2006. 8. Zarządzenie Prezesa Narodowego Funduszu Zdrowia Nr 88/2013/DSOZ z dnia 18 grudnia 2013 r. w sprawie określenia warunków zawierania i realizacji umów w rodzaju świadczenia zdrowotne kontraktowane odrębnie. 9. Sheffield P, Heimbach R: The physician and chamber safety. *Hyperbaric and Undersea Medicine*. Vol. 1. Medical SEMINARS, San Antonio 1981. 10. Boussuges A, Blanc P, Molenat F: Prognosis in iatrogenic gas embolism. *Minerva Med* 1995; 86: 453-457. 11. Abramovich A, Shupak A, Ramon Y et al.: Hyperbaric oxygen for carbon monoxide poisoning. *Harefuah* 1997; 132: 21-24. 12. Guzman J: Carbon monoxide poisoning. *Crit Care Clin* 2012; 28: 537-548. 13. Norkool D, Kirkpatrick J: Treatment of acute carbon monoxide poisoning with hyperbaric oxygen. A review of 115 cases. *Ann Emerg Med* 1985; 14: 1168-1171. 14. Korhonen K: Hyperbaric oxygen therapy in acute necrotizing infections with a special reference to the effects on tissue gas tensions. *Ann Chir Gynaecol* 2000; 214: 7-36. 15. Wilkinson D, Doolette D: Hyperbaric oxygen treatment and survival from necrotizing soft tissue infection. *Arch Surg* 2004; 139: 1339-1345. 16. Grzybowski J: Biologia rany oparzeniowej. Wyd. 1. α-Medica Press, Bielsko-Biała 2001. 17. Constant J, Suh D, Hussain M et al.: Wound healing angiogenesis: the metabolic basis of repair. Plenum Press, New York 1996: 151-159. 18. Winter G, Perrins D: Effect of hyperbaric oxygen treatment on epidermal regeneration. *Tokyo Igaku Shoin Ltd., Tokyo* 1970. 19. Radović V, Barić D, Petricević A et al.: War injuries of the crural arteries. *Br J Surg* 1995; 82: 777-783. 20. Jacey M, Tappan D, Kifzler K: Hematologic responses to severe decompression stress. *Aerospace Med* 1974; 45: 417-421. 21. Cianci P, Lueders H, Lee H et al.: Adjunctive hyperbaric oxygen reduced the need for surgery in 40-80% burns. *J Hyperb Med* 1988; 3: 97-171. 22. Maxwell G, Meites H, Silverstein P: Cost effectiveness of hyperbaric oxygen therapy in burn care. *Winter Symposium on Baromedicine* 1991. 23. Jadczyk M, Rapiejko P, Kantor I et al.: Ocena wyników leczenia nagłej głuchoty idiopatycznej z zastosowaniem terapii tlenem hiperbarycznym. *Otolaryngol Pol* 2007; 61: 887-891. 24. Narożny W: Hiperbaria

tlenowa w patologii ucha wewnętrznego – fakty i mity. *Otolaryngol Pol* 2006; 5: 153-161. **25.** Fagan P, McKenzie B, Edmonds C: Sinus barotrauma in divers. *Ann Otol Rhinol Laryng* 1976; 85: 61-64. **26.** Capes J, Tomaszewski C: Prophylaxis against middle ear barotrauma in US hyperbaric oxygen therapy center. *Am J Emerg Med* 1996; 14: 645-648. **27.** Grzegorz B: Druga twarz tlenu. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1995. **28.** Takahashi H, Kobayashi S: New indications for hyperbaric oxygen therapy and its complication. *Adv Otorhinolaryngol* 1998; 54: 1-13. **29.** Asadamongkol B, Zhang J: The development of hyperbaric oxygen therapy for skin rejuvenation and treatment of photoaging. *med. Gas Res* 2014; 4: 1-7. **30.** John B, Chamilos G, Kontoyiannis D: Hyperbaric oxygen as an adjunctive treatment for zygomycosis. *Clin Microbiol Infect* 2005; 11: 515-517. **31.** Bennett M, Jepson N, Lehm J: Hyperbaric oxygen therapy for acute coronary syndrome. *Cochrane Database Syst Rev* 2015; 7(23): CD004818. **32.** Ingvar H, Lessen N: Treatment of focal cerebral ischemia with hyperbaric oxygen. *Acta Neurol Scand* 1965; 41: 92-95.

nadesłano: 08.11.2016

zaakceptowano do druku: 30.11.2016