

**Jacek Piechocki, Janusz Sokołowski, Kinga Niewińska, Juliusz
Jakubaszko**

Jacek Piechocki
Katedra Medycyny Ratunkowej Akademii Medycznej we Wrocławiu,
Mazowieckie Centrum Terapii Hiperbarycznej i Leczenia Ran w Warszawie
Ośrodek Tlenoterapii Hiperbarycznej „Creator” we Wrocławiu
50-345 Wrocław, ul. Bujwida 44a, tel. 71 328 60 45, fax. 71 328 60 16
jpiechocki@hiperbaria.pl

Janusz Sokołowski
Katedra Medycyny Ratunkowej Akademii Medycznej we Wrocławiu, Ośrodek Tlenoterapii
Hiperbarycznej „Creator” we Wrocławiu
50-345 Wrocław, ul. Bujwida 44a, tel. 71 328 60 45, fax. 71 328 60 16
sokolow@wp.pl

Kinga Niewińska
Katedra Medycyny Ratunkowej Akademii Medycznej we Wrocławiu, Ośrodek Tlenoterapii
Hiperbarycznej „Creator” we Wrocławiu
50-345 Wrocław, ul. Bujwida 44a, tel. 71 328 60 45, fax. 71 328 60 16
kinga@kn.pl

Juliusz Jakubaszko
Katedra Medycyny Ratunkowej Akademii Medycznej we Wrocławiu, Ośrodek Tlenoterapii
Hiperbarycznej „Creator” we Wrocławiu
50-345 Wrocław, ul. Bujwida 44a, tel. 71 328 60 45, fax. 71 328 60 16

**PROBLEMY TLENOTERAPII HIPERBARYCZNEJ
U DZIECI**

W artykule autorzy poruszają problem zastosowania tlenoterapii hiperbarycznej w kontekście odpowiedniego przygotowania ośrodka, oraz odmienności związanych z prowadzeniem terapii hiperbarycznej u dzieci. Autorzy zwracają uwagę na konieczność współpracy lekarzy wielu specjalności, oraz konieczności przeprowadzenia odpowiednich badań kwalifikujących dzieci do leczenia. Częstsze stosowanie tlenoterapii hiperbarycznej u dzieci wymaga odpowiedniego przygotowania ośrodka hiperbarycznego do leczenia dzieci.

Słowa kluczowe: tlenoterapia hiperbaryczna, komory hiperbaryczne

PROBLEMS OF HYPERBARIC MEDICINE IN CHILDREN

In this article authors presents the main problems concerning hyperbaric medicine in pediatric practice. Specially hyperbaric centre preparedness, and dissimilarity in hyperbaric management in children is emphasis. Cooperation between different medical specialists is discussed, as well as differents in children qualification to the treatment.

Keywords: hyperbaric oxygen therapy, hyperbaric chamber

WSTĘP

Tlenoterapia Hiperbaryczna (HBO₂ – Hyperbaric Oxygen Therapy) jest metodą terapeutyczną polegającą na stosowaniu 100% tlenu w warunkach podwyższonego ciśnienia. Zgodnie z aktualną definicją opracowaną podczas konferencji uzgodnieniowej w Lille w 2004 roku tlenoterapia hiperbaryczna polega na stosowaniu 100% tlenu przy ciśnieniu co najmniej 2 ATA (atmosfer absolutnych) przez okres co najmniej 60 minut.

Literatura medyczna obejmująca problemy związane z zastosowaniem HBO₂ u dzieci jest dość uboga. Najczęściej spotykamy się z opracowaniami dotyczącymi zastosowania HBO₂ w leczeniu poszczególnych jednostek chorobowych. Problem zastosowania HBO₂ u dzieci w sposób całościowy poruszają natomiast autorzy podręczników Tlenoterapii Hiperbarycznej wydawanych w Stanach Zjednoczonych (Kindwall, Jain) [1]. W literaturze medycznej spotykamy się także z pojedynczymi opisami zastosowania leczenia HBO₂ w leczeniu poszczególnych jednostek chorobowych (zatrucia tlenkiem węgla, czy martwiczych zakażeń tkanek miękkich) [2]. W europejskim podręczniku - Handbook of Hyperbaric Medicine, pod redakcją profesora Daniela Matthieu, nie został wyodrębniony rozdział, który byłby poświęcony odrębnością leczenia HBO₂ u dzieci [3]. Należy jednocześnie zaznaczyć, że problematyka staje się powoli tematem oddzielnych sesji na kongresach i konferencjach poświęconych leczeniu HBO₂. Natomiast, aktualnie zaaprobowana, lista wskazań do zastosowania HBO₂ u dorosłych i dzieci jest taka sama i obejmuje wiele różnych jednostek chorobowych (tab.1).Opracowane one zostały podczas konferencji uzgodnieniowej w Lille w 2004 roku [3].

Tabela 1.

(Aktualne wskazania do zastosowania HBO₂ -Lille 2004)

Schorzenia ostre	Schorzenia przewlekłe
Zatrucie tlenkiem węgla	Owrzodzenia w przebiegu stopy cukrzycowej
Zespoły zmiążdżeń	Uszkodzenia poradiacyjne (OUN, pęcherz moczowy, przewód pokarmowy, żuchwa, krtań)
Agresywne infekcje tkanek miękkich	Profilaktyka uszkodzeń poradiacyjnych w chirurgii szczękowej i stomatologicznej
Choroba dekompresyjna	Przewlekłe zapalenie kości i szpiku kostnego
Zatory powietrzne i gazowe	
Nagła głuchota	
Uszkodzenie poreperfuzyjne	
Wybrane ostre stany niedokrwienne w okulistyce	
Oparzenia obejmujące 20% BSA, >2°	

Liczne wskazania, w których korzystne może być zastosowanie HBO₂ u dzieci powodują, że w celu prawidłowego jej stosowania niezbędna jest ścisła współpraca lekarzy wielu specjalizacji: począwszy od lekarzy odpowiedzialnych za wczesnoszpitalny okres leczenia dziecka (lekarzy ratunkowych), poprzez specjalistów zajmujących się późniejszymi etapami leczenia dziecka (lekarzami intensywnej terapii, chirurgami, ortopedami, pediatrami), na lekarzach zajmujących się tlenoterapią hiperbaryczną kończąc [2]. W stanach ostrych HBO₂ jest skuteczna tylko, gdy zostanie zastosowana we wczesnym okresie choroby, zazwyczaj w ciągu pierwszych godzin od wystąpienia urazu, infekcji, czy też zatrucia, stąd ważna jest umiejętność właściwej kwalifikacji dziecka do zabiegu, często w bardzo krótkim przedziale czasowym.

Rozpowszechnienie wiedzy dotyczącej możliwych korzyści wynikających ze stosowania HBO₂ wśród specjalistów różnych dyscyplin medycznych umożliwia właściwe wykorzystanie tej metody leczniczej.

Wskazania wymienione w tabeli 1, opracowane przez European Committee for Hyperbaric Medicine, są wskazaniami opartymi na silnych dowodach naukowych, w których HBO₂ stosowana jest od wielu lat (na przykład w zatruciu tlenkiem węgla od początku lat 60-tych ubiegłego wieku). Należy jednak pamiętać, że rozwój medycyny, lepsze zrozumienie patofizjologii wielu chorób powoduje, że podejmowane są próby zastosowania HBO₂ w leczeniu innych jednostek chorobowych.

Stosowanie leczenia HBO₂ u dzieci wymaga znajomości fizjologii dzieci (w kontekście leczenia HBO₂, a także odmienności związanych z rozwojem psychologicznym dziecka. Niemożność nawiązania współpracy z dzieckiem uniemożliwia leczenie HBO₂. Dlatego tak istotna jest, podkreślana już na wstępie, współpraca specjalistów wielu dyscyplin medycznych [5].

W naszej praktyce leczenia HBO₂ zauważyliśmy, że wielu lekarzy ma obawy przed kierowaniem dzieci do ośrodków hiperbarycznych związanymi niepewnością co do częstości występowania działań nieporządanych. Szczególny niepokój budzą obawy związane z ze zmianami ciśnienia i objętości (w trakcie leczenia HBO₂), oraz toksycznym działaniem tlenu.

Najczęściej spotykanym działaniem niepożądanym jest uszkodzenie ciśnieniowe ucha środkowego. Przyjmuje się, że dzieci od 5 roku życia są potrafią skutecznie wyrównywać ciśnienia w obrębie ucha środkowego (zabieg Valsalvy,

ziewanie, przełykanie śliny). Korzystne może być stosowanie leków obkurczających błonę śluzową przewodów nosowych, oraz wcześniejsze przygotowanie płynów, cukierków, gumy do żucia, które mogą ułatwić wyrównanie ciśnienia. Część autorów zaleca, aby u młodszych dzieci wykonywać myringotomię, lub zakładać dreniki typanotomijne (jeśli HBO₂ będzie stosowane przez dłuższy czas). Zabiegi te są niezbędne w przypadku dzieci zaintubowanych, w śpiączce, lub niewspółpracujących [5].

Uraz ciśnieniowy płuc zdarza się bardzo rzadko. Należy pamiętać, że objętość nawet małej odmy opłucnowej może wzrosnąć wielokrotnie w czasie dekompresji. Dlatego też przed rozpoczęciem leczenia niezbędne jest wykluczenie schorzeń, które mogą predysponować do powstania odmy: wrodzone pęcherze rozedmowe, cysty płucne, źle kontrolowana astma oskrzelowa. Stąd konieczność wcześniejszego wykonania badania rentgenowskiego klatki piersiowej. Schorzenia te nie są przeciwwskazaniem do leczenia HBO₂, należy natomiast zachować szczególną ostrożność w czasie dekompresji, lub nawet ją wydłużyć.

Toksyczne działanie tlenu dotyczy zazwyczaj ośrodkowego układu nerwowego (OUN) i płuc. Czynnikiem zwiększającym ryzyko toksycznego działania tlenu na OUN są: stosowanie wysokich ciśnień - powyżej 2,8 ATA, długi czas trwania terapii, gorączka, przewlekła sterydoterapia, hipowolemia, zatrucie tlenkiem węgla. Objawy (drgawki, widzenie tunelowe, nudności) ustępują zazwyczaj natychmiast po przerwaniu dopływu tlenu i nie pozostawiają trwałych następstw [3].

Toksyczne działanie tlenu na płuca (skrajnym przypadkiem może być rozwój ostrej niewydolności płuc (Acute Lung Injury - ALI), albo zwłóknienie płuc) pojawia się w przypadku długotrwałej, nieprawidłowo prowadzonej terapii. Stosowanie wysokich ciśnień powoduje, że objawy toksyczności płuc pojawiają się wcześniej niż w przypadku tlenoterapii normobarycznej. Toksyczność płucna tlenoterapii jest także zależna od całkowitej dawki tlenu. Aby zmniejszyć ryzyko wystąpienia toksycznego działania tlenu unika się stosowania ciśnień wyższych niż 3 ATA, oraz stosuje się przerwy powietrzne [6]. Należy zwrócić szczególną uwagę na ryzyko uszkodzenia siatkówki (retinopatia wcześniacza). Jeżeli planowane jest stosowanie HBO₂ u wcześniaków należy zapewnić stałą możliwość konsultacji okulisty dziecięcego [7]. Pamiętając o obkurczającym wpływie tlenu na przewód tętniczy należy zachować szczególną ostrożność w czasie stosowania HBO₂ u dzieci z przewodozależnymi wadami serca (tetralogia Fallota, hipoplazja lewej komory) [1].

Zgodnie z prawami gazów wzrost ciśnienia, przy stałej objętości, powoduje wzrost temperatury i odwrotnie, przy spadku ciśnienia temperatura ulega obniżeniu. Protekcja cieplna jest szczególnie istotna u noworodków. Stąd konieczność wyposażania nowoczesnych komór hiperbarycznych w systemy klimatyzacyjne, oraz grzewcze. Gdy systemy te nie istnieją należy zapewnić dziecku komfort cieplny poprzez stosowanie kocy, dodatkowych prześcieradeł pamiętając, że w komorach hiperbarycznych stosować można tylko materiały bawełniane [1].

Kolejnym problemem pozostaje wybór rodzaju komory hiperbarycznej. Komory wieloosobowe pozwalają na obecność rodzica w komorze (rodzic powinien przejść wcześniej odpowiednie badania kwalifikacyjne wskazane przy leczeniu HBO₂). Obecność rodzica daje dziecku poczucie bezpieczeństwa. Jednakże konieczność zakładania specjalnej maski tlenowej, lub kaptura (hood) tlenowego ograniczają możliwości ruchowe dziecka, a obecność wyposażenia medycznego (monitory, itp.) może działać na nie deprymująco.

Alternatywą mogą być komory jednoosobowe, które niestety także ograniczają możliwość poruszania się dziecka. Wydaje się jednak, że w nowszych komorach, o średnicy 32 cali małe dzieci mają możliwość (ograniczoną) poruszania się, częściej zmiany pozycji, a co najważniejsze, przebywania w towarzystwie rodzica. Akrylowa obudowa tych komór zapewnia ciągły kontakt wzrokowy z dzieckiem i rodzicem,

ponadto pozwala na oglądanie telewizji, czy wybranych, lubianych przez dziecko filmów, kreskówek. W komorach jednoosobowych, wypełnionych tlenem, nie ma konieczności oddychania za pomocą maski. Według Kindwalla dzieci należy leczyć w komorach jednoosobowych, gdy tylko pozwala na to stan kliniczny. Komory wieloosobowe są natomiast komorami z wyboru w przypadku dzieci wymagających intensywnego nadzoru i leczenia (wentylacja zastępcza, monitorowanie inwazyjne, stosowanie ciągłych infuzji dożylnych) [8].

Ośrodek Tlenoterapii Hiperbarycznej zapewniający świadczenia dla dzieci powinien być wyposażony w leki, oraz sprzęt niezbędny do prowadzenia resuscytacji dzieci, a także prowadzenia sedacji u dzieci. Jednocześnie personel leczący dzieci powinien być przeszkolony w zakresie resuscytacji dzieci.

Warunki niezbędne do prawidłowego leczenia dzieci w komorach hiperbarycznych podsumowano w tabeli 2.

Tabela 2

Uwagi praktyczne dotyczące zastosowania HBO₂ u dzieci

1.	Leki i wyposażenie niezbędne do prowadzenia resuscytacji krążeniowo oddechowej u dzieci
2.	Przygotowane leki (w dawkach odpowiednich do wieku i masy ciała) umożliwiające natychmiastowe ich zastosowanie
3.	Personel przeszkolony w zakresie resuscytacji dzieci
4.	Zabawki, filmy, telewizja – metody umożliwiające odwrócenie uwagi dziecka i zapewnienie mu zajęcia w czasie trwania leczenia
5.	Obecność rodziców
6.	Metody umożliwiające wyrównanie ciśnień w uchu środkowym (napoje, cukierki), możliwość wykonania myringotomii
7.	Techniki umożliwiające regulację temperatury wewnątrz komory, dodatkowe prześcieradła
8.	Rozszerzone badania diagnostyczne przed rozpoczęciem leczenia u noworodków i niemowląt: konsultacja okulistyczna, RTG klatki piersiowej, diagnostyka w kierunku wady serca

W niniejszej pracy przedstawiono praktyczne uwagi dotyczące stosowania HBO₂ u dzieci. Należy zwrócić uwagę na fakt, że coraz lepsze zrozumienie podstaw mechanizmów działania HBO₂ powoduje, że leczenie to jest stosowane (szczególnie u dzieci) w coraz większej grupie schorzeń rzadziej spotykanych u dorosłych (Purpura Fulminans, krwotoczne zapalenie pęcherza moczowego po przeszczepach szpiku kostnego [9,10]). Zatrucie tlenkiem węgla występuje często u całych rodzin i leczymy często tak rodziców jak i zatrute dzieci.

Większa ilość schorzeń, w których stosowana jest HBO₂ powoduje, że niezbędna jest współpraca lekarska umożliwiająca prawidłowe ustalenie wskazań do leczenia, oraz odpowiednio wczesne jego rozpoczynanie.

Rozwój technologiczny powoduje, że schorzenia, których do tej pory nie spotykaliśmy u dzieci, jak choroba dekompresyjna, są coraz częściej opisywane w młodszych grupach wiekowych. Scuba Schools International i Professional Association of Dive Instructors zezwalają na nurkowanie na głębokość 12 metrów przez 10-latków, a National Association of Underwater Instructor wydaje certyfikaty zezwalające na takie nurkowanie 12 – 14 latkom [11]. Zmiany takie powodować mogą, że coraz częściej będziemy spotykali się ze schorzeniami, które leczone są w komorach hiperbarycznych [12].

Tlenoterapia Hiperbaryczna stanowi zazwyczaj leczenie wspomagające w leczeniu wielu jednostek chorobowych, nie może być stosowana zamiennie z innymi metodami leczniczymi jako izolowana metoda terapeutyczna, czy też

zaburzać ciągłości procesu leczenia chorego. Lokalizacja ośrodka HBO₂ powinna umożliwiać szybki i bezkolizyjny transport pacjenta z oddziału macierzystego do komory hiperbarycznej, a jednocześnie umożliwiać możliwość rozpoczęcia HBO₂ w jak najwcześniejszej fazie choroby. Stąd też ECHM zaleca, aby ośrodki HBO₂ były zlokalizowane w pobliżu oddziału ratunkowego, oddziału intensywnej terapii i bloku operacyjnego [3, 12].

PIŚMIENNICTWO

1. Kindwall E.; „Hyperbaric Medicine Practise” Best Publishing Co; ISBN 9-780941332-78-1, Flagstaff, 2008
2. Waisman D, Shupak A.; „Hyperbaric Oxygen Therapy in the Pediatric Patient: The Experience of the Israel Naval Medical Institute „Pediatrics” nr 102 1998; 102:E53
3. Mathieu D.; „Handbook of Hyperbaric Medicine” Springer; ISBN 1-4020-4376-7, Dordrecht, 2006
4. Strauss MB, Hargens AR, Gershuni DH, et al. Reduction of skeletal muscle necrosis using intermittent hyperbaric oxygen in a model compartment syndrome. *J Bone Joint Surg* 1983; 65A:656-662
5. Ueda H, Shien CW, Miyazawa T, Yanagita N. Otological complications of hyperbaric oxygen therapy. *Adv Otorhinolaryngol.* 1998;54:119-26.
6. Keenan HT, Bratton SL, Norkool DM, Brogan TV, Hampson NB. Delivery of hyperbaric oxygen therapy to critically ill, mechanically ventilated children. *J Crit Care.* 1998 Mar;13(1):7-12.
7. Vazquez RL, Spahr RC Hyperbaric oxygen use in neonates. A report of four patients. *Am J Dis Child.* 1990; 144:1022-1024
8. Santamaria JP, Williams ET III, Desautels DA Hyperbaric oxygen therapy in pediatrics. *Adv Pediatr.* 1995; 42:335-366
9. Cesaro S, Brugiolo A, Faraci M, i in. Incidence and treatment of hemorrhagic cystitis in children given hematopoietic stem cell transplantation: a survey from the Italian association of pediatric hematology oncology-bone marrow transplantation group. *Bone Marrow Transplant.* 2003 Nov;32(9):925-31.
10. Dollberg S, Nachum Z, Klar A, Haemophilus influenzae type b purpura fulminans treated with hyperbaric oxygen. *J Infect.* 1992; 25:197-200
11. Tsung J, Chou K. An adolescent scuba diver with 2 episodes of diving-related injuries requiring Hyperbaric Oxygen recompression therapy. *Ped Emerg Care.* 2005; 10:681-686
12. Sukoff MH, Gottlieb SF. Hyperbaric oxygen therapy. In: Nussbaum E, ed. *Pediatric Intensive Care.* 2nd ed. Mount Kisko, NY: Futura Publishing Company, Inc; 1989:483-507
13. ECHM. Recommendation of the Jury. 7th European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine, Lille, Francja, 3-4 September 2004. [http://www. Oxynet.org](http://www.Oxynet.org)

Autorzy:

dr n. med. Jacek Piechocki

Pełni obowiązki kierownika Mazowieckiego Centrum Terapii Hiperbarycznej. Jest adiunktem Katedry Medycyny Ratunkowej Akademii Medycznej we Wrocławiu. Specjalista anestezjologii i intensywnej terapii oraz medycyny ratunkowej. Lekarz Lotniczego Pogotowia Ratunkowego. Instruktor pletwonurkowania I klasy CMAS. Autor wielu prac z zakresu medycyny ratunkowej i tlenoterapii hiperbarycznej.

lek. Janusz Sokołowski

Zatrudniony jest na stanowisku asystenta w Katedrze Medycyny Ratunkowej Akademii Medycznej we Wrocławiu. Od początku swojej pracy zawodowej związany jest z Pracownią, następnie Ośrodkiem Tlenoterapii Hiperbarycznej we Wrocławiu. Autor szeregu prac i doniesień zjazdowych poświęconych zastosowaniom tlenoterapii hiperbarycznej w klinice medycyny ratunkowej. Specjalista medycyny ratunkowej.

dr n. med. Kinga Niewińska

Pracuje na stanowisku adiunkta w Katedrze Medycyny Ratunkowej Akademii Medycznej we Wrocławiu. Doświadczenie z zakresu tlenoterapii hiperbarycznej zdobyła w licznych europejskich ośrodkach. Autor szeregu prac z zakresu medycyny ratunkowej oraz tlenoterapii hiperbarycznej. Specjalista anestezjologii i intensywnej terapii, oraz medycyny ratunkowej.

prof. dr hab. Juliusz Jakubaszko

Kierownik Katedry Medycyny Ratunkowej Akademii Medycznej we Wrocławiu, oraz prezes Polskiego Towarzystwa Medycyny Ratunkowej, krajowy konsultant ds medycyny ratunkowej. Autor wielu prac z zakresu terapii nerkozastępczej, oraz zastosowań tlenoterapii hiperbarycznej w leczeniu stanów poischemicznych.

