

# Význam hyperbarické medicíny a současná doporučení u vybraných akutních indikací v urgentní medicíně a intenzivní péči

Hájek M.<sup>1,2</sup>, Klugar M.<sup>3</sup>, Chmelař D.<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup>Centrum hyperbarické medicíny, Městská nemocnice Ostrava

<sup>2</sup>Katedra biomedicínských oborů, LF Ostravské univerzity v Ostravě

<sup>3</sup>České národní centrum Evidence-Based Healthcare a Knowledge Translation, Institut biostatistiky a analýz, Lékařská fakulta, Masarykova Univerzita, Brno

<sup>4</sup>Referenční laboratoř ČR pro anaerobní bakterie, LF Ostravské univerzity v Ostravě

Evropský výbor pro hyperbarickou medicínu (European Committee for Hyperbaric Medicine, ECHM) zaměřuje svou činnost na podporu zvyšování kvality péče a bezpečnosti v hyperbarické medicíně. Dosud poslední 10. konsenzuální konference ECHM se uskutečnila v dubnu 2016 v Lille. V práci je popsána současná situace hyperbarické medicíny v ČR týkající se klinické praxe v tomto segmentu zdravotní péče. Jsou zdůrazněna specifika léčby hyperbarickým kyslíkem u pacientů vyžadujících intenzivní péči, zejména ve vztahu k fyziologickým změnám, ke kterým dochází v organismu kriticky nemocných. Závěrem je stručně shrnut aktuální přehled doporučení pro léčbu hyperbarickým kyslíkem dle 10. konsenzuální konference ECHM u vybraných urgentních indikací a klinických stavů, např. u nekrotizujících infekce měkkých tkání, intoxikace oxidem uhelnatým, plynové embolie, onemocnění z dekomprese apod.

**Klíčová slova:** hyperbarická medicína, hyperbarická oxygenoterapie, léčebná doporučení, nekrotizující infekce měkkých tkání, intoxikace oxidem uhelnatým, plynová embolie, onemocnění z dekomprese.

## Importance of hyperbaric medicine and current recommendations for selected acute indications in emergency medicine and intensive care

The European Committee for Hyperbaric Medicine (ECHM) focuses its activities on supporting the improvement of the quality of care and safety in hyperbaric medicine. The last 10th ECHM Consensus Conference was held in April 2016 in Lille. The current situation of hyperbaric medicine in the Czech Republic concerning clinical practice in this segment of health care is described. The specifics of hyperbaric oxygen treatment in patients requiring intensive care are emphasized, especially in relation to physiological changes occurring in critically ill patients. In conclusion, a review of recommendations for hyperbaric oxygen treatment according to the 10th ECHM Consensus Conference for selected urgent indications and clinical conditions, such as necrotizing soft tissue infections, carbon monoxide intoxication, gas embolism, decompression illness, etc. is briefly summarized.

**Key words:** hyperbaric medicine, hyperbaric oxygen therapy, clinical practice guidelines, necrotizing soft tissue infections, carbon monoxide intoxication, gas embolism, decompression injury.

## Úvod

V klinické praxi a odborné literatuře je popisováno několik desítek potenciálních indikací pro použití hyperbarické oxygenoterapie (HBO). Jedná se o indikace z velkého spektra medicínských oborů, jako jsou např. diabetologie, angiologie, chirurgie, traumatologie, ortopedie, pediatrie, onkologie, neurologie, otorinolaryngologie, urologie, ale také

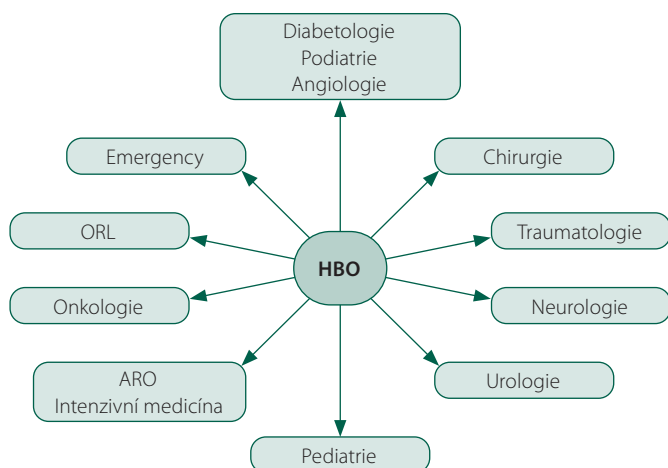
urgentní či intenzivní medicína (**obr. 1**). Využití hyperbarického kyslíku má nepochybně význam v moderní medicíně, neboť přináší lepší funkční výsledky, snižuje morbiditu, mortalitu a zmírňuje neurologické následky mnoha patologických stavů, zejména úrazové a infekční etiologie, při současné finanční efektivitě vynaložených prostředků. V ekonomicky vyspělých zemích (USA, Kanada, Austrálie, Evropa), kde

KORESPONDENČNÍ ADRESA AUTORA:

MUDr. Michal Hájek, Ph.D., michalhajek@email.cz

Článek přijat redakcí: 16. 5. 2019; Článek přijat k tisku: 12. 6. 2020;

Cit. zkr: Anest intenziv Med. 2020; 31(3): 106–113

**Obr. 1.** Multidisciplinární charakter hyperbarické medicíny

je kladen důraz na dodržování principů medicíny založené na důkazech (EBM) a hodnocení zdravotnických technologií (Health Technology Assessment, HTA), se počet uznávaných indikací pohybuje mezi 15–20 [1]. Dosud platné indikační spektrum schválené k léčbě HBO z veřejného pojištění v České republice dle Vyhlášky MZČR č. 331/2007 Sb. zahrnuje 21 diagnóz a klinických stavů.

#### Základní cíle práce jsou následující:

- popsat současnou situaci hyperbarické medicíny v ČR týkající se klinické praxe v tomto segmentu zdravotní péče, zejména ve vztahu k urgentní medicíně a péči o pacienty v závažném zdravotním stavu, vyžadujícím intenzivní péči,
- představit specifika léčby hyperbarickým kyslíkem u pacientů vyžadujících intenzivní péči, zejména ve vztahu k fyziologickým změnám, ke kterým dochází v organismu kriticky nemocných,
- zdokumentovat objektivní obtíže, překážky a nemožnost zajistit adekvátní kvalitní péči všem skupinám nemocných, které vyplývají z nedostatečné sítě a kapacitních možností léčebných center,
- prezentovat současná evropská doporučení pro léčbu hyperbarickým kyslíkem u vybraných urgentních stavů.

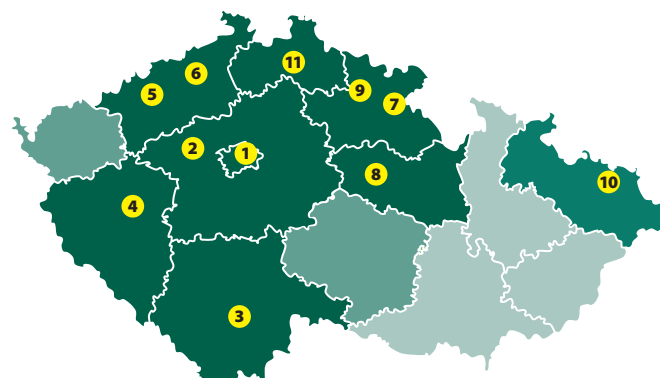
#### Dostupnost HBO v jednotlivých regionech, síť pracovišť

V ČR je nerovnoměrně rozmístěno 13 pracovišť – zatímco v Čechách je v provozu 12 zařízení, na Moravě funguje pouze jedno pracoviště v Ostravě. Nerovnoměrnost rozmístění jednotlivých zařízení je příčinou nevyrovnané dostupnosti péče (obr. 2). Zatímco v několika málo oblastech odpovídá dostupnost zařízení evropskému průměru, ve většině krajů tomu tak není. Pacienti jsou odesíláni k léčbě do mnoha desítek až stovek kilometrů vzdálených zařízení za zvýšených finančních nákladů jak pro pacienty, tak pro plátce zdravotní péče. Jakékoli hyperbarické zařízení chybí v Karlovarském, Olomouckém, Jihomoravském, Zlínském kraji a na Vysočině. Vícemístná zařízení pak nejsou dostupná v Karlovarském, Libereckém, Olomouckém, Jihomoravském, Zlínském, Plzeňském, Pardubickém kraji a na Vysočině. Místní a časová dostupnost léčby u chronických onemocnění je částečně zajištěna pouze v některých krajích, v dalších vůbec ne. Velmi alarmující a závažný stav

panuje zejména v moravských regionech, protože jediné pracoviště umístěné v Městské nemocnici Ostrava jednoznačně není a ani nemůže být logicky schopné pokrýt reálné požadavky na tuto léčbu z regionů se spádovou oblastí přes čtyři miliony obyvatel [2].

Velkým problémem je ošetření akutních stavů, zejména u pacientů v ohrožení života, se selhávajícími životními funkcemi, bezvědomím, na umělé plicní ventilaci apod. V těchto případech je nutné, aby zařízení, která tyto pacienty přijímají k léčbě, disponovala adekvátním přístrojovým vybavením, vyškoleným personálem pro doprovod a ošetření těchto pacientů uvnitř komory, optimálně se specializovanou způsobilostí z anesteziologie a intenzivní medicíny, a snadnou dostupností následné péče pro kriticky nemocného pacienta. Adekvátním přístrojovým vybavením se rozumí přístroje certifikované pro použití v hyperbarickém prostředí, především plicní ventilátory, monitory životních funkcí, lineární dávkovače, odsávací zařízení apod. Snadnou dostupností následné péče se rozumí umístění pracoviště HBO přímo v areálu nemocničního zařízení, optimálně v těsné blízkosti jednotky intenzivní péče či anesteziologického oddělení [1, 2].

Logicky velmi obtížně řešitelné jsou situace spojené s poraněním či postižením více osob současně. Tyto události nejsou vzácné, v našich podmínkách se nejčastěji jedná o hromadnou intoxikaci oxidem uhelnatým (CO). Tuto skutečnost dokazují údaje za období leden až únor 2015 ze severní a střední Moravy, kde došlo v Bruntále k intoxikaci 8 osob a v Olomouci k intoxikaci 13 osob současně. Taktéž v hlavním městě Praze bylo dokonce v letním období během jednoho dne ošetřeno 8 osob s intoxikací CO. Pro porovnání, v sousedním Slovensku došlo na zimním stadionu k hromadné intoxikaci oxidem uhelnatým 80 osob současně. Na tyto obtížně řešitelné situace upozorňují kompetentní orgány, kromě České společnosti hyperbarické a letecké medicíny ČLS JEP i zástupci zdravotnické záchranné služby a kolegové z odbornosti urgentní medicíny a medicíny katastrof [2].

**Obr. 2.** Mapa současné sítě pracovišť HBO v ČR (číslo v tabulce vpravo vyjadřuje kapacitu zařízení, počet míst v komoře, tj. max. počet pacientů, které lze ošetřit během jedné expozice)

1	Praha VFN	2	5	Most	6
	Praha Na Homolce	1	6	Ústí nad Labem	16
	Praha Ústav leteckého zdravotnictví	5	7	Hronov	2x 1
			8	Pardubice	2x 1
2	Kladno	12	9	Hostinné	6
3	České Budějovice	6	10	Ostrava	10
4	Plzeň-Bory	2	11	Liberec	1

## Léčba hyperbarickým kyslíkem ve vztahu k intenzivní medicíně

HBO není izolovaná léčebná modalita, ale je součástí komplexního a kontinuálního léčebného procesu. Pacienty v závažném stavu je nutné zajistit během léčby speciálně vyškoleným doprovodem, v případě oběhové nestability či nutnosti umělé plicní ventilace (UPV) i vícečlenným. U kriticky nemocných pacientů by měly být pro HBO vyčleněné indikace, u kterých lze z HBO předpokládat jasný profit. Je tomu tak proto, že díky technickým a organizačním okolnostem je zde léčba podstatně rizikovější než u pacientů v relativně stabilizovaném stavu. V evropské multicentrické observační studii byla incidence komplikací u pacientů vyžadujících během HBO intenzivní péči desetinásobně vyšší než u neintenzivních pacientů [3]. Jedná se o jednu z nejzávažnějších skupin nemocných, se kterou se v rámci diferencované péče setkáváme. Léčba těchto stavů je z hlediska diagnosticko-léčebné i ošetrovatelské péče velmi náročná po časové, technické, přístrojové, personální, organizační, logistické i finanční stránce.

Zásadními limitacemi při indikování HBO u pacientů se selhávajícími vitálními funkcemi, v septickém stavu, např. u závažných nekrotizujících infekcí měkkých tkání, jsou jak výše zmíněná obtížná dostupnost hyperbarických zařízení schopných poskytovat intenzivní péči, tak i aktuální klinický stav pacienta. Při rozhodování o způsobu léčby je nutné vzít v úvahu rizika transportu pacienta ve velmi nestabilním stavu, i odpověď na zavedenou antibiotickou a chirurgickou léčbu. V neposlední řadě je nutno zvážit to, na jakém typu oddělení bude pacient po případném transportu do hyperbarického centra hospitalizován (anesteziologicko-resuscitační oddělení, oborová, multioborová jednotka intenzivní péče). S výše uvedeným souvisí i dostupnost a možnosti přístrojového vybavení k podpoře vitálních funkcí, možnost umělé plicní ventilace, eliminačních metod, a v neposlední řadě kvalita ošetrovatelské péče [4].

Vždy musí být individuálně zvážen poměr rizik a možného prospěchu, nebezpečí narušení určitého léčebného postupu na JIP, např. přerušování kontinuální renální eliminace, apod. V některých případech mohou rizika převýšit prospěch provedené léčby. Zařazení léčby hyperbarickým kyslíkem do řetězce léčebného procesu by mělo být zásadně interdisciplinárním rozhodnutím [1].

## Fyziologické změny u kriticky nemocného pacienta během léčby hyperbarickým kyslíkem

Intenzivní péče v hyperbarickém prostředí je velmi unikátní záležitostí, přičemž bezpečná aplikace HBO v těchto podmínkách vyžaduje perfektní pochopení fyzikálních i fyziologických změn, ke kterým v organismu dochází. Během HBO dochází k výrazným fyziologickým změnám, především v kardiopulmonálním systému, které mohou negativně ovlivnit a zhoršit již tak závažný zdravotní stav. Dochází ke zvýšení hustoty plynů, zvýšení rezistence v dýchacích cestách, zvýšení dechové práce a spotřeby kyslíku v dýchacích svalectech. Poslední dva aspekty platí zejména pro spontánní nebo asistovanou ventilaci, což v kombinaci s nutným úsilím k otevření nádechového ventilu, eventuálně spuštění (triggeru) inspiria, zvyšuje nároky na dechovou práci. Při léčebném tlaku v komoře 280 kPa (2,8 ATA, absolutní at-

mosférický tlak) je hustota plynů trojnásobná a odpor v dýchacích cestách dvojnásobný, což u některých nedostatečně kompenzovaných typů ventilátorů vyžaduje změny ventilačního nastavení k vyloučení hypoventilace a hyperkapnie. Tyto dva stavy zvyšují mozkový krevní průtok a riziko kyslíkové toxicity [5]. Proto je vhodná plně řízená ventilace, což ovšem přináší další konsekvence, jako je analgosedace, eventuálně svalová relaxace k vyhnutí se interference pacienta s ventilátorem a riziku barotraumatu. Důležitá a nezbytná je během léčby v hyperbarické komoře monitorace ventilačních parametrů, kapnometrie, vyšetření krevních plynů apod. Ventilace 100% kyslíkem snižuje činnost řasinkového epitelu dýchacích cest, zvyšuje riziko mikroatektáz a riziko pravolevého vnitroplicního zkratování a hypoxie [5, 6]. Některá opatření mohou výše uvedené problémy omezit, např. zvlhčení, vložení HME (Heat and Moisture Exchanger) filtrů do dýchacího okruhu, nastavení pozitivního tlaku v dýchacích cestách na konci výdechu (PEEP) na hodnotu 5–10 cm H<sub>2</sub>O, v některých případech užití recruitment manévru. Pacienti jsou bezprostředně po expozici HBO vystaveni riziku přechodné hypoxemie, zejména pokud není použita adekvátní hodnota PEEP. K možným mechanismům patří vznik absorpčních atelektáz, kolaps částí alveolů ze ztráty PEEP během výměny ventilátorů, změny v centrální hemodynamice a další [7, 8].

Hemodynamika je taktéž během HBO významně ovlivněna. Zvýšená hustota plynů zvyšuje nitrohrudní tlak vedoucí k zvýšení afterloadu pravé komory, snížení venózního návratu a riziku selhání pravé komory. Povšechná vazokonstrikce zvyšuje vaskulární systémovou rezistenci a je zvýšeno riziko selhání levé komory s akutním plicním edémem. Naopak septičtí pacienti jsou ohroženi hypovolemií po ukončení HBO s odezněním vazokonstrikce [5]. U hemodynamicky nestabilních pacientů je nutný důkladný hemodynamický monitoring k správnému vedení volumoterapie a inotropní podpory. V některých případech je stav tak závažný, že je **výhodnější se HBO zcela vyhnout**, respektive ji odložit a realizovat s odstupem po stabilizaci zdravotního stavu. Např. u pacientů s respiračním selháním způsobuje vnitroplicní zkratování takovou míru hypoxie, že je zpochybněna samotná efektivita léčby HBO, protože není možné dosáhnout požadované míry hyperoxie ve tkáních a z toho vyplývajících léčebných efektů a benefitu pro pacienta. Některá pracoviště nepřipouštějí k léčbě HBO pacienty s vysokým podílem frakce O<sub>2</sub> (FiO<sub>2</sub>) nad 0,5 a s hodnotou PEEP nad 5 cm H<sub>2</sub>O, nutnou k zajištění normálních hodnot oxygenace za běžných podmínek na JIP [7]. Podobným způsobem je postupováno v případech, kdy je poměr arteriálního a alveolárního parciálního tlaku kyslíku nižší než 0,75. Dalším důvodem k ukončení či přerušování léčby je situace, kdy se nedaří během léčby HBO 2,0 ATA (absolutní tlak v hyperbarické komoře 200 kPa) dosáhnout vyššího arteriálního parciálního tlaku kyslíku než 800 mmHg [7]. Některé běžně používané typy plicních ventilátorů v USA (Sechrist 500 A) fungují správným způsobem pouze tehdy, pokud je hodnota PEEP pod 10 cm H<sub>2</sub>O [9]. Kriticky nemocní pacienti s nutností vyšší frakce O<sub>2</sub> než 0,4 k zajištění adekvátní ventilace, mohou mít projevy hypoxemie během ventilace hyperbarického vzduchu, a z těchto důvodů se u těchto pacientů doporučuje vynechat během léčby tzv. vzduchové pauzy (air brakes) [9, 10].

Stejně tak u plicního selhání je díky plicní heterogenitě a přítomnosti plicních okrsků s *air trappingem* zvýšeno riziko plicního barotraumatu. U traumat a pooperačních stavů mohou být vytvořeny nové vzduchem vyplněné dutiny se zvýšeným rizikem barotraumatu, např. tenzního pneumocefalu u pacientů s poraněním lebečních kostí. Velmi důležitým aspektem je obvykle omezený prostor hyperbarické komory ve srovnání s doporučenou plochou na ICU, což přináší zvýšené riziko nozokomiální infekce díky malým vzdálenostem a těsnému kontaktu mezi pacienty s rizikem vzájemné kontaminace. K tomu může přispívat i skutečnost, že ne všechna hyperbarická zařízení jsou vybavena tekoucí vodou s možností hygieny rukou personálu během ošetřovatelského procesu. Dále jsou v hyperbarické komoře zhoršené možnosti dezinfekce díky velkému množství hadic, kabelů, průchodek, ventilů a jiných zařízení. V neposlední řadě nepříznivé pracovní podmínky prostředí hyperbarické komory během léčby, zejména hluk, zvýšená teplota prostředí a vlhkost, mohou zvyšovat riziko stresu ošetřujícího personálu a zvýšenou míru chybování během léčebně-ošetřovatelského procesu [5, 6, 8, 11].

## Konsenzuální konference ECHM, výsledky a vybraná doporučení podle 10. konsenzuální konference ECHM

Evropský výbor pro hyperbarickou medicínu (European Committee for Hyperbaric Medicine, ECHM) je zaměřen na podporu zvyšování kvality péče a bezpečnosti v hyperbarické medicíně. Jedním z nástrojů používaných k dosažení tohoto cíle je organizace konsenzuálních konferencí, vydávajících obecně uznávaná pravidla. Konference jsou organizovány v několikaletých intervalech a vyjadřují se k různým aspektům hyperbarické a potápěčské medicíny včetně doporučeného seznamu indikací. Pro posouzení počtu a kvality dostupných vědeckých důkazů se používá běžná metodologie medicíny založené na důkazech [12]. U každé hodnocené indikace, postupu, nebo klinické situace se stanovuje **tzv. stupeň důkazů** (level of evidence):

- A.** Existují nejméně 2 velké, zaslepené randomizované kontrolované studie (RCT) bez metodologických pochybení
- B.** Existují dvojité zaslepené, kontrolované, randomizované studie, ale s některými metodologickými nedostatky, studie, které hodnotí pouze malou populaci pacientů, nebo existuje pouze jedna studie
- C.** Založené pouze na konsenzu expertů
- D.** Nekontrolované studie, bez konsenzu expertů
- E.** Bez důkazů pozitivního působení, nebo existují metodické nebo interpretační neshody a pochybení, bránící přijmout jakékoli závěry
- F.** Postup není indikován žádným existujícím důkazem

### Existují 3 typy doporučení ECHM:

- **Doporučení typu 1 (Typ 1):** Velmi doporučené. Aplikace HBO má kritický význam pro konečný funkční výsledek pacienta nebo kvalitu praxe
- **Doporučení typu 2 (Typ 2):** Doporučené. Aplikace HBO pozitivně ovlivňuje konečný funkční výsledek pacienta nebo kvalitu praxe
- **Doporučení typu 3 (Typ 3):** Volitelné. Aplikaci HBO je možno zvolit jako metodu volby v dané klinické situaci, jedná se o jednu z několika volitelných možností léčby

Dosud poslední, 10. konsenzuální konference ECHM se konala v dubnu 2016 [13]. Pro zvýšení kvality metodologie konsenzuální konference a doporučení z ní vzešlých byly přijaty 2 nové metodické postupy:

- všechny zprávy k jednotlivým indikacím byly zaslány mezi odborníky a každý z nich byl požádán, aby posoudil klinický význam a důkazní úroveň jednotlivých navrhovaných doporučení (metoda Delphi),
- v průběhu konference byly zprávy a znalecké posudky prezentovány a diskutovány. Publikum pak hlasovalo o každém doporučení, přičemž výsledky hlasování byly dokumentovány a na základě shody mezi vědeckými důkazy a výsledky hlasování publika byla vydána závěrečná konsenzuální doporučení (tab. 1).

**Tab. 1.** Aktuální přehled doporučovaných indikací k HBO podle 10. konsenzuální konference ECHM 2016

	Stupeň důkazů		
	A	B	C
<b>Indikace typu 1</b>			
Anaerobní nebo smíšená bakteriální infekce			x
Intoxikace oxidem uhelnatým		x	
Onemocnění z dekomprese			x
Plynová embolie			x
Otevřená fraktura s drtivým poraněním		x	
Osteoradionekróza (mandibula)		x	
Prevence osteoradionekrózy po extrakci zubu		x	
Radionekróza měkkých tkání (cystitida, proktitida)		x	
Náhlá percepční porucha sluchu		x	
<b>Indikace typu 2</b>			
Popáleniny, 2. stupeň, více než 20 % tělesného povrchu			x
Uzávěr centrální sítnicové tepny			x
Kompromitované kožní štěpy a svalově-kožní laloky			x
Drtivá poranění bez fraktury			x
Diabetické ulcerace		x	
Avaskulární nekróza hlavy femuru		x	
Ischemické ulcerace			x
Neuroblastom, 4. stupeň			x
Osteoradionekróza (ostatní kosti kromě mandibuly)			x
Pneumatisis cystoides intestinalis			x
Radionekróza měkkých tkání (ostatní tkáně kromě cystitidy a proktitidy)			x
Refrakterní chronická osteomyelitida			x
Chirurgický zákrok a implantace na ozářených tkáních (preventivní léčba)			x
<b>Indikace typu 3</b>			
Poranění mozku u vysoce selektovaných případů (akutní a chronická fáze traumatického poranění mozku, chronická fáze ictu, postanoxická encefalopatie)			x
Intersticiální cystitida			x
Replantace končetin			x
Reperfuční syndrom po revaskularizačním cévním zákroku			x
Radiační poškození hrtanu			x
Radiační poškození CNS			x
Vybrané nehojící se ulcerace u systémových onemocnění			x
Srpkovitá anémie			x



## Stručný přehled doporučení pro léčbu hyperbarickým kyslíkem u vybraných akutních indikací v urgentní a intenzivní medicíně

### Onemocnění z dekomprese

Potápěčská dekompresní nehoda je život nebo zdraví potápěče ohrožující událost vznikající v souvislosti s potápěním. Je způsobena rychlým poklesem okolního tlaku při vynořování a je charakterizována vznikem volných bublin plynu v krvi a tkáních a jejich reakcí s organismem. V této souvislosti je třeba upozornit na anglosaskou terminologii. Dekompresní poranění nebo choroba (DCI, decompression injury nebo illness) je uváděno jako společné označení pro dekompresní nemoc (DCS, decompression sickness) a arteriální plynovou embolii (AGE, arterial gas embolism). Hlavním důvodem společného označení byla skutečnost, že v některých případech je velmi obtížné od sebe tyto jednotky odlišit, respektive vyloučit podíl barotraumatu na vývoji dekompresní choroby [14]. Lehčí formy onemocnění se označují jako **DCS I. typu** (forma kožní, muskuloskeletální, lymfatická, nespecifická apod.), těžší formy jako **DCS II. typu** (forma neurologická, kardiopulmonální – plicní, audiovestibulární). Hlavními symptomy DCS I. typu je muskuloskeletální bolest, kožní nebo lymfatické příznaky. Vedoucími symptomy DCS II. typu jsou neurologické a kardiopulmonální příznaky. U DCS II. typu je nezbytné provedení rekompresní terapie v hyperbarické komoře.

- Doporučuje se užití HBO v léčbě DCI (doporučení typu 1, stupeň C)
- Doporučuje se aplikace 100% normobarického kyslíku v rámci první pomoci (doporučení typu 1, stupeň C)
- Doporučuje se intravenózní resuscitace roztoky krystaloidů neobsahující glukózu (doporučení typu 1, stupeň C)
- Doporučuje se léčba HBO rekompresními léčebnými tabulkami (tabulka US NAVY 6 nebo helium/O<sub>2</sub> (Heliox) tabulka Comex Cx30 nebo ekvivalent) pro zahájení léčby DCI (doporučení typu 1, stupeň C). Tabulku US NAVY 5 lze užít pro vybrané lehké případy [15]

### Plynová embolie

Plynovou embolií (gas embolism, GE) se rozumí vstup plynu v definované formě bublin do cévních struktur. Vzniká při průniku vzduchu buď přímo do arteriálního řečiště krevního oběhu (**obr. 3**), nebo do žilního (venózního) řečiště. Kauzálně je plynová embolie nežádoucí i problémem iatrogenním, s vážnými následky na morbiditu a v závažných případech může vést až ke smrti. Vzhledem k tomu, že plynová embolie může vyplývat z procedur prováděných v téměř všech klinických oborech, je důležité, aby si všichni kliničtí lékaři byli vědomi tohoto problému [14].

- Doporučuje se použití HBO v léčbě plynové embolie (doporučení typu 1, stupeň důkazů C)
- Doporučuje se použití HBO v případech arteriální a žilní plynové embolie s neurologickými a/nebo kardiologickými projevy. Krátký interval (méně než 6 hodin) mezi embolií a zahájením HBO je spojen s lepším konečným výsledkem. Nicméně, odpověď na HBO s podstatným zlepšením klinického stavu byla pozorována v mnoha případech kazuistických zpráv a v malých případových

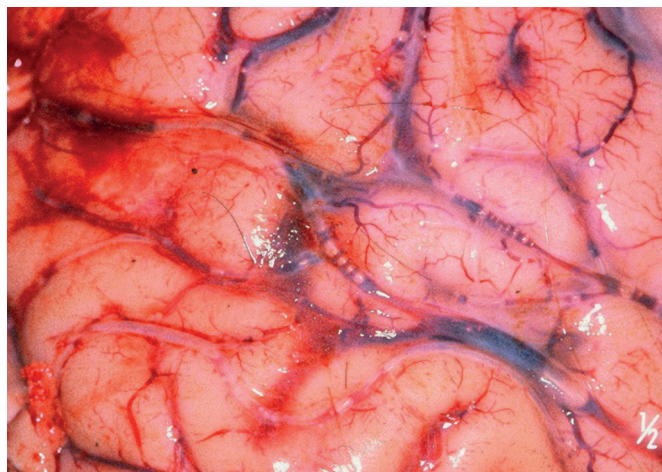
sériích i u pacientů po uplynutí 24 hodin i více (doporučení typu 1, stupeň důkazů B)

- Doporučuje se okamžitá aplikace 100% kyslíku. Nicméně, i když příznaky odezní, vzhledem k riziku sekundárního zhoršení v pozdějším období se provedení HBO stále doporučuje (doporučení typu 1, stupeň důkazů B) [15]

### Intoxikace oxidem uhelnatým

Intoxikace CO je významným zdravotním a socioekonomickým problémem v řadě zemí a zaujímá první místo mezi náhodnými otravami v Evropě i Severní Americe. Celosvětově jsou každoročně pro toto onemocnění ošetřeny řádově stovky tisíc pacientů, desítky tisíc pacientů zemře nebo utrpí trvalé neurologické poškození. V České republice je celkový počet případů odhadován na 1000–1500 za rok. Závažné intoxikace, zejména intoxikace s dlouhou expozicí CO, nebo intoxikace vedoucí k zástavě oběhu, jsou spojené s vysokými hodnotami laktátu, pyruvátu a těžkou metabolickou acidózou. Velmi závažný důsledek může mít působení oxidu uhelnatého v těhotenství s ohledem na poškození plodu [16]. Aplikace 100% kyslíku za normobarických podmínek (NBO) v přednemocniční i nemocniční péči je velmi důležitá, neboť vede k poklesu karboxylhemoglobinu (COHb). Je doporučena po dobu minimálně dvanácti hodin systémem, kterým lze dosáhnout FiO<sub>2</sub> blížící se 1,0 buď průtokovým systémem (obličejová maska s rezervoárem a vysokým průtokem kyslíku, minimálně 15 l/min), nebo systémem bez zpětného vdechování (těsnicí obličejová maska, CPAP maska nebo CPAP helma, Rubenův ventil či jeho modifikace) s nádechovou a výdechovou chlopní. Vhodné je užití těsnicí obličejové masky a systému s automatickým ventilem (demand valve), umožňující dosáhnout hodnot FiO<sub>2</sub> v rozmezí 0,9–1,0. Částečně vyhovující je tzv. vysokokoncentrační maska s výdechovými ventily a rezervoárem, kterou lze spolu s vysokým průtokem kyslíku (minimálně 15 l/min) dosáhnout inspirační frakce kyslíku 0,6–0,7. V žádném případě není vhodné užití běžné masky s bočními otvory bez rezervního vaku, kde lze dosáhnout maximální hodnoty FiO<sub>2</sub> 0,3–0,4 [16, 17]. Bylo publikováno několik randomizovaných kontrolovaných studií (RCT) srovnávajících funkční neurologický výsledek mezi užitím kyslíku metodou HBO a NBO. Ze sedmi publikovaných RCT byly dvě

**Obr. 3.** Masivní plynová embolie mozkových cév při přetlakovém barotraumatu plic (podle [14])



dvojitě zaslepené randomizované studie, jedna studie byla publikovaná pouze jako abstrakt. Některé z nich potvrdily benefit HBO, některé nikoli [18, 19, 20]. Cochranova metaanalýza hodnotila celkově 1361 pacientů v rámci několika RCT a prokázala pozitivní efekt HBO na redukcí DNS měsíc od ukončení léčby u dvou studií, zatímco u ostatních nikoli. Obě pozitivní studie byly bohužel předčasně zastaveny pro „prospěch“ léčby, zatímco tři negativní studie měly nízkou schopnost detegovat pozitivní efekt HBO, protože zahrnovaly pouze lehčí případy intoxikace bez ztráty vědomí. Na základě výše uvedených kontroverzních výsledků není HBO rutinně favorizována před NBO s ohledem na redukcí incidence neurologických následků a k definitivnímu zhodnocení je nutné provést další multicentrické randomizované kontrolované studie [21].

- Doporučuje se aplikace 100% kyslíku u všech osob s intoxikací CO v rámci první pomoci (doporučení typu 1, stupeň důkazů C)
- Doporučuje se použití HBO u všech osob s intoxikací CO, které vykazují poruchu vědomí, klinické neurologické, kardiální, respirační nebo psychologické příznaky navzdory jakékoliv hodnotě karboxylhemoglobinu při příjmu do nemocnice (doporučení typu 1, stupeň důkazů B)
- Doporučuje se použití HBO u těhotných žen s intoxikací CO navzdory jakékoliv hodnotě karboxylhemoglobinu a klinickému stavu při příjmu do nemocnice (doporučení typu 1, stupeň důkazů B)
- Je racionální léčit pacienty s lehkou intoxikací CO normobarickým kyslíkem (NBO) po dobu 12 hodin nebo léčbou HBO (doporučení typu 3, stupeň důkazů B)
- Nedoporučuje se aplikace HBO u asymptomatických pacientů prezentovaných 24 hodin po ukončení působení CO (doporučení typu 1, stupeň důkazů C) [15]

### Anaerobní a smíšené infekce měkkých tkání

Nejčastějšími anaerobními infekcemi, u nichž je zvažováno použití HBO, jsou nekrotizující smíšené infekce měkkých tkání (NSTI), přestože u této indikace dosud nebyla provedena žádná dvojitě zaslepená prospektivní kontrolovaná studie, prokazující klinickou efektivitu této léčebné metody. **Klostridiová myonekróza**, neboli plynatá sněť, vyvolávaná anaerobními grampozitivními kmeny *Clostridium perfringens* je velmi závažná rychle progredující infekce způsobující tkáňovou nekrózu rozsáhlých svalových skupin. Rychlost šíření tkáňové nekrózy je způsobena klostridiovými exotoxiny. Kromě lokálních příznaků infekce je charakterizována celkovou alterací a zpravidla rychlou progresí septického šoku a selháním orgánových systémů s nutností orgánové podpory. **Nekrotizující fasciitida** je charakterizovaná infekcí zasahující podkožní měkké struktury až po hlubokou fascii a je zpravidla způsobena smíšenou aerobně-anaerobní bakteriální flórou. Etiologie je podobná jako u plynaté sněti. Zpravidla se objevuje u traumatických či chirurgických ran, okolo cizích těles, zpravidla u imunokompromitovaných pacientů (diabetes, hepatopatie, arteriální nedostatečnost). Jednou z popisovaných nekrotizujících infekcí měkkých tkání v oblasti perineální (urogenitální) je tzv. Fournierova gangréna [4, 22] (obr. 4a, b).

Základem léčby je tzv. tkáň šetřící chirurgická léčba, spočívající v nekompromisním chirurgickém debridementu nekrotických tkání, provedení širokých incízi a proplachy antiseptickými roztoky (prefero-

vány jsou betadine, chlorhexidine, zatímco peroxid vodíku není vhodný vzhledem k riziku nebezpečí plynové embolie). Je doporučeno provádět převazy v intervalech 8–12 hod. Součástí léčebného postupu je včasná adekvátní empirická širokospektrá antibakteriální terapie, v pozdějším období cílená na základě výsledků provedeného mikrobiologického vyšetření. Všeobecná intenzivní a ošetrovatelská péče je samozřejmostí léčebného procesu. HBO je považována za adjuvantní metodu, tedy v kombinaci s oběma předchozími, nikoli samostatně a zástupně. Obecně je přijat názor, že HBO může být odůvodněna v případě, že je dostupná hyperbarická komora [23].

- Doporučuje se použití HBO u anaerobních nebo smíšených bakteriálních infekcí (doporučení typu 1, stupeň důkazů C)
- Doporučuje se použití HBO u nekrotizujících infekcí měkkých tkání všech lokalizací, zejména u perineální gangrény (doporučení typu 1, stupeň důkazů C)
- Doporučuje se integrovat HBO do léčebného protokolu kombinujícího okamžitý a odpovídající operační zákrok s antibiotickou léčbou cílenou na anaerobní a aerobní mikroflóru (doporučení typu 1, stupeň důkazů C)
- Doporučuje se integrovat HBO do léčebného protokolu intrakraniálního abscesu, pokud je splněna jedna z podmínek: mnohočetné abscesy, absces v hluboké nebo dominantní lokalizaci, kontraindi-

**Obr. 4a–b.** Fournierova gangréna na počátku léčby (nahore) a po 7 expozicích HBO a parciální sutuře operačních ran (dole)



kace k operačnímu výkonu, nedostatečná odpověď na léčbu nebo zhoršení stavu navzdory standardní léčbě (doporučení typu 1, stupeň důkazů C) [15]

## Popáleniny

Popáleniny představují zvláštní druh agrese vůči lidskému organismu. Jelikož je kůže, co se týče plochy, největší ze všech orgánů, jakákoli změna její integrity má přímý vliv na funkci dalších orgánových systémů. Mortalita u popálenin je úměrná hloubce a ploše popálenin, současnému inhalačnímu poranění a přidruženým patologickým stavům, včetně věku a celkového stavu pacienta. Doba hospitalizace po popálení je hrubě odhadována na 1 až 1,5 dne na každé procento povrchové plochy spálené kůže. Asi 20 % z pobytů v nemocnici se skládá z akutní péče. Při popálené ploše 30 % tělesného povrchu (TBSA) bude nemocniční pobyt trvat cca 7 týdnů a celková léčba kolem jednoho roku. Předpokládaný efekt HBO spočívá ve snížení otoku a extravazace plazmy s uchováním mikrocirkulace v okrajových tkáních nebo tkáních, kde nekróza nepostihuje kožní kryt ve všech jejích vrstvách, což umožňuje přežití kožních elementů. Dalším efektem je zajištění adekvátní oxygenace popálených tkání, neoangiogeneze, antibakteriální efekt, ovlivnění ischemicko-reperfučního poranění, efekt na inhalační poranění, urychlení hojení, snížení mortality a nákladů na léčbu. Užití HBO v této kategorii se bude i nadále soustřeďovat do velkých specializovaných center s integrovaným hyperbarickým zařízením nebo zařízením v sousedské blízkosti v rámci jedné budovy, jako je tomu v některých sousedních zemích (Slezské Siemianowice, Polsko) [22, 24].

- Je navrženo užití HBO v léčbě popálenin 2. st. s více než 20 % TBSA (doporučení typu 2, stupeň důkazů C)
- Je doporučeno, aby pouze specializovaná centra HBO v bezprostřední blízkosti popáleninových center léčila popáleniny adjuvantním způsobem a byla součástí komplexní léčby popálenin včetně optimálního monitoringu a tekutinové léčby (doporučení typu 1, stupeň důkazů C)
- Je navrženo, že největšího profitu mohou dosáhnout těžce popálení (více než 20 % TBSA), s velkým povrchem hlubokých popálenin v částečné tloušťce rány (doporučení typu 2, stupeň důkazů C)
- Je navrženo, aby u popálenin obličeje (uši, nos), krku, rukou, prstů a hráze mohla být HBO využívána i v případě, že celková plocha popálení je menší než 20 % TBSA (doporučení typu 2, stupeň důkazů C)
- Je navrženo, aby byla léčba HBO zahajována do 6 (nejvýše do 8) hodin po popálení, dvě expozice denně při tlaku 2,5 ATA po dobu minimálně tří dnů (doporučení typu 2, stupeň důkazů C) [15]

## Poranění mozku u vybraných pacientů

Poškození centrálního nervového systému (CNS) zahrnují širokou škálu stavů charakterizovaných poruchou struktury nebo funkce míchy (myelopatie) nebo mozku (encefalopatie). Hypoxicko-anoxické encefalopatie jsou častým patologickým stavem na jednotce intenzivní péče, a to zejména po srdeční zástavě. Navzdory pokroku, jehož bylo dosaženo, prognóza zůstává vážná. Kraniotraumata (kraniocerebrální poranění, KCP) a mrtvice jsou hlavními příčinami poškození mozku.

Každý rok téměř dva miliony lidí ve Spojených státech amerických utrpí poranění mozku, což je hlavní příčinou úmrtí a invalidity mezi běžnou populací. Mrtvice postihuje v této zemi téměř milion lidí ročně a je nejčastější příčinou neschopnosti udržet nezávislý způsob života. Neexistuje žádná účinná léčba nebo metabolická intervence v běžné klinické praxi ani po KCP, ani po mozkové mrtvici u pacientů s chronickou neurologickou dysfunkcí. Intenzivní terapie a rehabilitační programy jsou považovány za zásadní pro dosažení maximální kvality života, ale často bývají pouze částečně úspěšné [25]. Co se týče traumatického poranění mozku, existuje velké množství experimentálních studií potvrzující pozitivní efekt HBO. Byl popsán neuroprotektivní efekt prostřednictvím nárůstu antiapoptotických proteinů, efekt HBO na snížení poškození DNA mozkových ischemických buněk, mozkové nekrózy, mozkového edému, snížení mortality, rozsahu sekundárního mozkového poškození a zlepšení integrity hemoencefalické bariéry [25]. Ve vyhledávací databázi Pubmed v roce 2018 bylo možno identifikovat třicet studií (8 klinických a 22 preklinických), které aplikovaly léčbu HBO do 30 dnů od KCP. Výsledky jak preklinických, tak klinických studií byly konzistentní, a prokázaly, že HBO významně zlepšuje fyziologické parametry, aniž by působila negativně na mozkovou nebo plicní toxicitu, což může potenciálně zlepšit klinické výsledky [26]. V databázi Epistemonikos lze nalézt za posledních 10 let 5 systematických review (SR) na téma užití léčby HBO u KCP. V Cochranově metaanalýze z roku 2012 bylo hodnoceno sedm studií zahrnujících již 571 osob. Výsledky dvou studií prokázaly, že HBO ve srovnání s kontrolou přináší statisticky významné snížení podílu osob s nepříznivým výsledkem měsíc po léčbě hodnocením škály Glasgow Outcome Scale (GOS) ( $p = 0,001$ ). Taktéž bylo dosaženo významného snížení úmrtnosti ( $p = 0,003$ ), přičemž je nutno léčit 7 pacientů k vyhnutí se jednomu úmrtí navíc (parametr NNT = 7). Došlo k významnému zlepšení v Glasgow Coma Scale (GCS) u pacientů léčených HBO v průměru o 2,68 bodu ( $p < 0,0001$ ) [27]. V SR publikované v roce 2016 autoři v osmi studiích prokázali vyšší skóre GCS po léčbě ve skupině HBO (společný rozdíl v průměru = 3,13, 95% CI 2,34–3,92,  $P < 0,001$ ) ve srovnání s kontrolní skupinou. Autoři uzavírají, že pacienti podstupující hyperbarickou terapii dosáhli významného zlepšení GCS a GOS s nižší celkovou úmrtností, což svědčí o její užitečnosti jako standardního režimu intenzivní péče při traumatickém poškození mozku [28]. V SR z roku 2017 autoři uzavírají, že pro akutní léčbu středně těžkého až těžkého KCP, ačkoli se v některých studiích vyskytují metodologická pochybení, vzhledem ke složitosti poranění mozku, může být HBO prospěšná jako relativně bezpečná doplňková terapie, je-li ji možné aplikovat [29]. Ve výše uvedené SR z roku 2018 byly výsledky klinických studií konzistentní, a tyto klinické údaje podpořily vznik studie HOBIT (Hyperbaric Oxygen Brain Injury Treatment). Tento komplexní systematický přehled ukazuje, že HBO má potenciál být první významnou léčbou v akutní fázi těžkých KCP [26]. Výsledky probíhající multicentrické RCT HOBIT by měly být známy v roce 2022.

- Je racionální zvážit HBO u akutního středně těžkého traumatického poranění mozku a u chronického traumatického poranění mozku u vybrané skupiny pacientů, kteří mají jasně prokázané metabolicky nefunkční oblasti mozku (doporučení typu 3, stupeň důkazů B)



- Doporučuje se použití HBO u traumatického poranění mozku v kontextu výzkumného studijního protokolu podle pravidel správné praxe klinického výzkumu (doporučení typu 1)
- Nedoporučuje se použití HBO v akutním stadiu mrtvice (doporučení typu 1, stupeň důkazů C)
- Je racionální zvážit HBO v rámci výzkumné klinické studie u vybrané skupiny pacientů v chronickém stadiu mrtvice, u kterých jsou prokázány metabolicky nefunkční oblasti mozku, které se neshodují s nekrotickými oblastmi mozku (doporučení typu 3, stupeň důkazů C)
- Je racionální použití HBO jako doplňující prostředek u pacientů s hypoxicko-anoxickou encefalopatií po oběšení (doporučení typu 3, stupeň důkazů C) [15]

## Závěr

Intenzivní péče v hyperbarickém prostředí je velmi unikátní záležitostí, přičemž bezpečná aplikace HBO v těchto podmínkách vyžaduje

perfektní pochopení fyzikálních i fyziologických změn, ke kterým v organismu dochází. V posledním desetiletí přibýlo mnoho kvalitních důkazů o prospěšnosti metody HBO v mnoha oblastech medicíny. Velkým a neřešeným problémem je dostupnost hyperbarických zařízení schopných poskytovat intenzivní péči. Na základě doporučení 10. konsenzuální konference ECHM z roku 2016 došlo k rozšíření doporučeného seznamu o některé indikace, které byly dříve řazeny mezi nedoporučované indikace, u některých indikací došlo ke zvýšení síly a změně typu doporučení. V kontrastu s tím je evidentní, že je nutné rozšířit páteřní síť vícemístných hyperbarických zařízení tak, aby kopírovaly síť fakultních nebo bývalých tzv. krajských nemocnic tam, kde fakultní nemocnice nejsou přítomné. Je evidentní, že jediné ostravské pracoviště hyperbarické medicíny, zajišťující péči pro nemocné z území několika moravských krajských celků se spádovou oblastí přes čtyři miliony obyvatel není a ani nemůže být logicky schopné pokrýt reálné požadavky na tak náročnou léčbu. Státní orgány ani plátcí zdravotní péče dosud nevyhodnotili dostatečně citlivě závažnost této situace.

**PROHLÁŠENÍ AUTORŮ: Prohlášení o původnosti:** Práce je původní a nebyla publikována ani není zaslána k recenznímu řízení do jiného média. **Střet zájmů:** Autoři prohlašují, že nemají střet zájmů v souvislosti s tématem práce. Všichni autoři rukopis četli, souhlasí s jeho zněním a zasláním do redakce časopisu Anesteziologie a intenzivní medicína. **Podíl autorů:** MH (80 %) zpracoval přehled literatury a vypracoval rukopis, MK (10 %) a DCH (10 %) kriticky připomínkovali a upravili rukopis. **Financování:** Ze zdrojů pracoviště.

## LITERATURA

1. Hájek M. Hyperbarická oxygenoterapie v urgentní medicíně a intenzivní péči. In: Ševčík P, Matějovič M, Černý V, Včavchov K, Chytrá I. (eds). Intenzivní medicína. 3. přepracované a rozšířené vydání. Praha, Galén 2014: 133–142.
2. Hájek M, Pudil R, Rozložník M, Chmelář D, Beran V, Novomeský F, et al. Hyperbarická medicína v České republice – aktuální pohled. *Pracov Lék* 2015; 67(2): 61–70.
3. Kot J, Hájek M, Houman R, Klemen H, Kemmer A, Kirchner H, et al. Comparison of incident rates during intensive care versus non-intensive care HBO sessions- a prospective one month observational study in eight European centres. *Proceedings of a Joint Meeting of the ICHM and the EUBS*, 7–10 September 2005, Barcelona, s. 70.
4. Chmelář D, Hájek M. Nekrotizující infekce měkkých tkání. In: Hájek M. (ed) *Hyperbarická medicína*. Praha: Mladá fronta 2017: 284–300.
5. Mathieu D, Ratzenhofer-Komenda B, Kot J. Hyperbaric oxygen therapy for intensive care patients: position statement by the European Committee for Hyperbaric Medicine. *Diving Hyperb Med* 2015; 45(1): 42–46.
6. Lind F. A pro/con review comparing the use of mono- and multiplace hyperbaric chambers for critical care. *Diving Hyperb Med* 2015; 45(1): 56–60.
7. Weaver L. Management of critically ill patients in the monoplace hyperbaric chamber. In: Kindwall EP, Whelan HT (ed). *Hyperbaric Medicine Practice: Second Edition Revised*. Best Publishing Company, Flagstaff 2002: 245–322.
8. Millar IL. Hyperbaric intensive care technology and equipment. *Diving Hyperb Med* 2015; 45(1): 50–56.
9. Weaver L. Hyperbaric oxygen in the critically ill. *Crit Care Med* 2011; 39(7): 1784–1791.
10. Weaver L, Churchill S. Hypoxemia with a breathing periods in US Navy Treatment Table 6. *Undersea Hyperb Med* 2006; 33: 11–16.
11. Kot J. Staffing and training issues in critical care hyperbaric medicine. *Diving Hyperb Med* 2015; 45(1): 47–50.
12. Mathieu D. 7<sup>th</sup> European Consensus Conference On Hyperbaric Medicine, Lille 2004. *Europ. J. Underwater Hyperbar Med* 2005; 6(2): 29–38.
13. Mathieu D, Marroni A, Kot J. Tenth European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine: preliminary report. *Diving and Hyperbaric Medicine* 2016; 46(2): 122–123.
14. Novomeský F. *Potápěčská medicína*. Osveta, Martin, 2013.
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 and Hyperbaric Medicine* 2017; 47(1): 24–32.
16. Hájek M. Oxid uhelnatý. In: Hájek M. (ed) *Hyperbarická medicína*. Praha: Mladá fronta, 2017: 220–258.
17. Prohaska R, Welslau W. HBO Therapy for CO Intoxication. In: Hájek M, Chmelář D (eds.): *Sborník abstrakt společné mezinárodní konference 1. středoevropská konference hyperbarické a potápěčské medicíny, 2. ostravské dny hyperbarické medicíny*. 17–18. 6. 2010. Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií, Ostrava 2010, 25–28.
18. Annane D, Chadda K, Gajdos P, Jars-Guincestre M-C, Chevret S, Raphael J-C. Hyperbaric oxygen therapy for acute domestic carbon monoxide poisoning: two randomized controlled trials. *Intensive Care Med* 2011; 37(3): 486–492.
19. Scheinkestel CD, Bailey M, Myles PS. Hyperbaric or normobaric oxygen for acute carbon monoxide poisoning: A randomised controlled clinical trial. *Med J Aust* 1999; 170: 203–210.
20. Weaver LK, Valentine KJ, Hopkins RO. Carbon Monoxide Poisoning – Risk Factors for Cognitive Sequelae and the Role of Hyperbaric Oxygen. *Am J Respir Crit Care Med* 2007; 176: 491–497.
21. Buckley NA, Juurlink DN, Isbister G, et al. Hyperbaric oxygen for carbon monoxide poisoning. *Cochrane Database Syst Rev* 2011; 13(4): CD002041.
22. Hájek M, Chmelář D, Rozložník M, Lochmanová A, Kuzma J, Klugar M. Současná evropská doporučení pro léčbu hyperbarickým kyslíkem. *Pracov. Lék* 2019; 1–2: 42–51.
23. Bennett MH, Levitt D, Millar I. The Treatment of Necrotizing Fasciitis with Hyperbaric Oxygenation – Progress report of a Cochrane review. In: Lind F et al (ed.): *Focus report – Treatment with Hyperbaric Oxygen, Addendum 1*, Stockholms läns landsting. 2011: 102–122.
24. Germonpre P. Hyperbaric Oxygen Therapy (HBO) in thermal burns. Report on 10<sup>th</sup> ECHM Consensus Conference on Hyperbaric Medicine. April 15–16<sup>th</sup> 2016, Lille.
25. Hájek M, Klečka L. Poškození centrálního nervového systému. In: Hájek M. (ed) *Hyperbarická medicína*. Praha: Mladá fronta, 2017: 341–363.
26. Daly S, Thorpe M, Rockswold S, Hubbard M, Bergman T, Samadani U, et al. Hyperbaric Oxygen Therapy in the Treatment of Acute Severe Traumatic Brain Injury: A Systematic Review. *J Neurotrauma*. 2018; 35(4): 623–629. doi:10.1089/neu.2017.5225
27. Bennett MH, Trytko B, Jonker B. Hyperbaric oxygen therapy for the adjunctive treatment of traumatic brain injury. *Cochrane Database Syst Rev* 2012; 12: CD004609. doi: 10.1002/14651858.CD004609.pub3
28. Wang F, Wang Y, Sun T, Yu HL. Hyperbaric oxygen therapy for the treatment of traumatic brain injury: a meta-analysis. *Neurol Sci*. 2016; 37(5): 693–701. doi:10.1007/s10072-015-2460-2
29. Crawford C, Teo L, Yang E, Isbister C, Berry K. Is Hyperbaric Oxygen Therapy Effective for Traumatic Brain Injury? A Rapid Evidence Assessment of the Literature and Recommendations for the Field. *J Head Trauma Rehabil*. 2017; 32(3): E27–E37. doi:10.1097/HTR.0000000000000256