



Zdravotně  
sociální fakulta  
Faculty of Health  
and Social Sciences

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

**Hyperbarická oxygenoterapie v intenzivní péči**

## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Studijní program:

**SPECIALIZACE VE ZDRAVOTNICTVÍ**

**Autor:** Lukáš Mička

**Vedoucí práce:** PhDr. Andrea Hudáčková, Ph.D.

České Budějovice 2019

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci s názvem „*Hyperbarická oxygenoterapie v intenzivní péči*“ jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby bakalářské práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé bakalářské práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 7. 5. 2019 .....

### **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucí své práce PhDr. Andree Hudáčkové, Ph.D. za výborný přístup, ochutu a profesionální rady při zhotovování bakalářské práce. Také bych rád poděkoval všem účastníkům výzkumu za drahocenný čas, který mi věnovali a za otevřenost při výpovědích. Poděkování za podporu při studiích patří také mé rodině a partnerce.

# Hyperbarická oxygenoterapie v intenzivní péči

## Abstrakt

Teoretická část práce s názvem: „*Hyperbarická oxygenoterapie v intenzivní péči*“ obsahuje kapitoly týkající se hyperbaroxie jako metody, přetlakových komor a hyperbarického kyslíku. Pro praktickou část bylo vytvořeno 7 cílů týkajících se intenzivní péče. Cílem bylo zjištění zkušeností s efekty, s komplikacemi a negativními důsledky léčby. Probíhal také výzkum v oblasti léčebných a ošetrovatelských intervencí. Poté jsme se zaměřili na specifika práce s dítětem v HBO a specifika hyperbarického vybavení. Také jsme se zabývali prevencí vzniku nozokomiální infekce a faktory, které mohou u personálu zvyšovat riziko stresu a míru chybovosti.

K naplnění cílů bylo uskutečněno kvalitativní výzkumné šetření v podobě individualizovaného polostrukturovaného rozhovoru. Rozhovor obsahoval 16 otázek, na které odpovídali lékaři a sestry z hyperbarických oddělení v Kladně a Ostravě. Pro doplnění výzkumu probíhala analýza dat z kazuistik 9 pacientů léčených v komoře.

Dle výsledků bylo potvrzeno, že použitím metody je zdravotní profit viditelný u některých typů akutních indikací po každé expozici. HBO je považována za bezpečnou a respondenti se s vážnými komplikacemi zapříčiněnými léčbou v komoře nesetkávají. Intervence HBO v akutní péči se neliší od intervencí na JIP, pouze probíhají ve stísněných prostorových podmínkách. Specifikum péče u dítěte do 10 let tkví v tom, že premedikaci i ošetrovatelskou péči řeší dětská specializovaná sestra. K intenzivní HBO terapii musí oddělení disponovat speciálním dýchacím přístrojem a ventilátorem do hyperbarických podmínek. Potvrdila se naprostá sterilita hyperbarických prostorů, ke které pomáhá dodržování hygienického plánu nemocnice. Faktory zvyšující riziko stresu a míru chybovosti existují, ale po dodržování preventivních opatření ze strany personálu se riziko minimalizuje.

Bakalářské práce má sloužit jako informační materiál se základními informacemi o léčbě, edukaci a efektivitě léčby v hyperbarické komoře, který mohou využívat jak pacienti zvažující léčbu hyperbarickým kyslíkem nebo například budoucí lékařský a ošetrovatelský personál právě studující lékařské či nelékařské zdravotnické obory.

## Klíčová slova

HBO; oxygenoterapie; klient; pacient; pediatrický; expozice; kyslík; intenzivní péče

# **Hyperbaric oxygenotherapy in intensive care**

## **Abstract**

The theoretical part of work named: „Hyperbaric oxygenotherapy in intensive care“ consists of chapters related to hyperbaroxia as a method, the hyperbaric chambers and hyperbaric oxygen. For its practical part there were created 7 targets regarding intensive care. The main purpose was an investigation of experience with effects, complications and negative consequences of the therapy. A research was also released to the part of therapeutic and nursing interventions. After that we focused on specifications of work with a child in hyperbaria and specification of hyperbaric equipment. We studied also prevention against nosocomial infection and factors which could increase a risk of stress and cause making errors by staff.

To fill the target it was released a quality research investigation based on individual semi-structured interview. The interview included 16 questions which were answered by doctors and nurses from hyperbaric clinic in Kladno and Ostrava. To complete the studies, data analysis were used from 9 patients treated in the chamber.

According the results it was confirmed that using of this method makes visible a health profile in case of some types after each exposition. The Hyperbaroxy is considered as a safe and there are not serious complications caused by treatment for the respondents. Intervention HBO in acute care is not so different from that one in ICU. The only difference is a space condition. Specific premedication and nursing in case of the child till the age of 10 years is solved by special paediatric nurse. To release HBO therapy – it is necessary for the clinic to have a special respirator and medical ventilator for hyperbaric conditions. It was confirmed a complete sterility of hyperbaric spaces caused by keeping hygienic plan in a hospital. Factors which are increasing a risk as a stress and error exist, nevertheless keeping prevention steps by staff minimalize them.

The bachelor thesis should be used as an information based on a basic inquiry about treatment, education and efficiency of the treatment in the hyperbaric chamber. That can be used by patients thinking about care with hyperbaric oxygen as well as a future medical and nursing staff studying medical or nonmedical health branches.

## **Keywords**

HBO; oxygenotherapy; client; patient; paediatric; exposure; oxygen; intensive care

# Obsah

Úvod.....	8
1. Současný stav.....	9
1.1 Aktuální situace klinické aplikace HBO v ČR.....	10
1.2 Historie hyperbarické kyslíkové terapie.....	10
1.3 Hyperbarická oxygenoterapie.....	12
1.3.1 Vysvětlení metody.....	12
1.3.2 Fyzikální děje.....	14
1.3.3 Fyziologické děje.....	15
1.3.4 Indikační spektrum.....	17
1.3.5 Kontraindikace.....	19
1.3.6 Komplikace, rizika a nežádoucí účinky.....	20
1.3.7 Bezpečnostní požadavky a opatření.....	26
1.3.8 Rozvoj a novinky metody.....	28
1.4 Hyperbarická komora.....	28
1.4.1 Rozdělení.....	29
1.4.2 Princip fungování a způsob aplikace kyslíku.....	31
1.4.3 Vybavení a lékařská technika.....	32
1.4.4 Dostupnost.....	33
1.5 Kyslík.....	34
1.5.1 Efekt hyperbarické hyperoxie a hyperoxygenace.....	35
1.5.2 Práce s kyslíkem v přetlaku - metodické pokyny.....	37
1.6 Vybrané klinické stavy pro léčbu hyperbarickým kyslíkem.....	38
1.7 Ošetrovatelská a lékařská péče.....	42
1.7.1 Technika provedení terapie.....	43

1.7.2	Léčba v intenzivní péči a urgentní medicíně .....	44
1.7.3	Léčba u dětí.....	44
1.8	Odborné společnosti a orgány hyperbarické medicíny .....	45
2.	Cíle práce a výzkumné otázky .....	47
2.1	Cíle práce.....	47
2.2	Výzkumné otázky .....	47
3.	Metodika .....	48
3.1	Použité metody .....	48
3.2	Charakteristika výzkumných souborů .....	49
4.	Výsledky .....	51
4.1.1	Kategorizace výsledků rozhovorů .....	51
4.1.2	Kazuistiky .....	66
5.	Diskuze .....	76
6.	Závěr .....	84
7.	Seznam literatury .....	87
8.	Seznam příloh a obrázků.....	92
9.	Seznam použitých zkratek .....	108

## Úvod

„*Nejlepším lékem na světě je kyslík,*“ vyslovil nejmenovaný lékař záchranné služby. Tímto citátem jsem se nechal inspirovat k napsání úvodu mé rozsáhlé bakalářské práce. Právě léčebná metoda s názvem hyperbarická oxygenoterapie řeší problematiku léčby kyslíkem z pohledů, se kterými byste se bez nahlédnutí do publikací odvětví hyperbarické medicíny nesetkali. Mezi běžnou literaturou, v televizních pořadech ani jiných veřejných médiích informace o léčbě v hyperbarické komoře běžně nenajdete, a přece by například mohla zvrátit plánovanou amputaci poraněné končetiny, kdyby měl pacient o metodě povědomí a lékař metodu zahrnul do léčebného systému. A proto je mým cílem tuto tematiku mou prací objasnit a rozšířit mezi laickou veřejnost. Bakalářská práce bude sloužit jako informační materiál se základními informacemi o léčbě, edukaci a efektivitě léčby v hyperbarické komoře, který může využívat jak široká veřejnost, tak pacienti zvažující léčbu hyperbarickým kyslíkem nebo například budoucí lékařský a ošetrovatelský personál právě studující lékařské či nelékařské zdravotnické obory. Mým bližším záměrem v teoretické části práce bylo nastínit historii hyperbarické kyslíkové terapie, vysvětlit danou metodu a odkrýt fyzikální a (pato)fyzilogické děje probíhající v hyperbarické komoře. Dále jsem do práce zahrnul komplikace, rizika a nežádoucí účinky spjaté s léčbou. Uvedl jsem zde indikační a kontraindikační seznamy k léčbě HBO. Věnoval jsem se problematice bezpečnostních požadavků a opatření v rámci terapie, aktuální situaci klinické aplikace HBO v ČR a novodobému vědeckému rozvoji hyperbarické medicíny. Teoretická část dále obsahuje kapitoly týkající se hyperbarických komor, kyslíku, vybraných klinických stavů, ošetrovatelské a lékařské péče. Tematika odborných společností a orgánů hyperbarické medicíny je nastíněna na konci teoretické části práce. V praktické části práce jsou uvedeny výsledky výzkumného šetření, které byly získávány metodou individuálního polostrukturovaného rozhovoru s ošetřujícím a lékařským personálem v hyperbarické komoře. Technikou sběru dat byla také analýza informací z kazuistik akutních pacientů, které jsem obdržel na příslušných pracovištích.



## 1. Současný stav

Hyperbarická medicína je lékařská specializace, která propojuje odvětví hyperbarické oxygenoterapie a potápěčské medicíny (Hájek, et al., 2015). „*Tato tematika může být pro řadu lidí, včetně lékařského personálu, nezajímavá, vzdálená či nepochopitelná a to samo o sobě vzbuzuje nedůvěru či strach. Je to škoda, protože právě znalost metody hyperbarické oxygenoterapie může mnohým pacientům nejen zpříjemnit a zkvalitnit život, ale v mnohých případech ho doslova vytrhnout ze spárů smrti*“ (Horák, 2014, s. 22).

Hyperbarická medicína je relativně mladá disciplína lékařských věd. Moderní éra využití léčebné hyperbaroxie začala v období po druhé světové válce, kdy bylo ověřeno využití hyperbarie u desítek patologických stavů. V následujících obdobích se její vývoj zpomalil a v 80. a 90. letech začala být užitečnost hyperbarického kyslíku dokonce zpochybňována. Nadšení z efektů metody z období po 2. světové válce se však v posledních letech vrátilo a v celém světě došlo k novému nahlížení na hyperbarickou oxygenoterapii. Příčina nového rozmachu metody je úzce spjata s rostoucím počtem klinických i farmakoeconomických vědeckých publikací. Tyto důkazy vedly k realizaci hyperbarických center hlavně v USA, Číně a Rusku. Dnes je tento obor téměř rovnocenným oborem vůči ostatním. Postupné popularizaci HBO přispěl fakt, že hyperbarický kyslík působí na organismus jednoznačně a prokazatelně ze všech metod nejkompexnějšími efekty. Například antiischemickým, antibakteriálním a protizánětlivým efektem se podílí na urychleném hojení problematických ran a defektů (MnOF, 2017).

Také v České republice pro potěšení příznivců metody toto léčebné odvětví nezaostává i přes časté nepochopení významu hyperbaroxie a medicínského přínosu ze strany struktur řídicí a organizující systém poskytování zdravotní péče (Hájek, 2017). „*Kdo alespoň jednou v životě vstoupí do hyperbarické komory – jedno zda pacient, lékař či ošetřující personál, rychle pochopí, že s uzávěrem těžkých tlakových dveří barokomory se současně otevírá nový svět netušených medicínských problémů a stejně unikátních léčebných možností*“ (Hájek, 2017, s. 11).

### ***1.1 Aktuální situace klinické aplikace HBO v ČR***

Hyperbarická oxygenoterapie dosud není standardně indikovaná odbornými lékaři u syndromu diabetické nohy ani u jiných onemocnění. Můžeme se jen domnívat, jaké jsou hlavní důvody, proč i přes všechny vědecké poznatky a definované důkazy o prospěšnosti metody není HBO vyžadovaná odbornými lékaři (Hájek, 2011).

Názor, že metoda je finančně náročná a neekonomická, je bezpochyby nepravdivý. Je zde přítomna nedůvěra v neznámou metodu. V této problematice hraje významnou roli nevědomost a nedostatek informací o HBO. Tento nevědomý stav by se měl zlepšovat uvedením výuky hyperbarické medicíny na lékařské fakulty - IV. interní kliniky 1. LF UK, Ústav biofyziky LF UK Plzeň a LF Ostravské univerzity v Ostravě. Nárůstem vědomostí u této metody by se také měla zvyšovat její aplikace na úkor obav z vedlejších účinků či komplikací (Zub, et. al., 2016).

Je nepochopitelné, že u drtivé většiny přehledových článků týkajících se indikací k léčbě pomocí HBO, není metoda uvedena vůbec nebo o ní zde existuje jen malá zmínka. Zatímco metody jako larvální léčba, podtlaková léčba, některé farmakologické postupy jako enzymatická léčba jsou velkým hitem i bez podpory v EBM (Zub, et al., 2016).

Na webu České lékařské společnosti JEP jsou dostupné doporučené postupy pro praktické lékaře. V zde dostupném doporučeném postupu chirurgické společnosti k léčbě diabetické gangrény a diabetologické společnosti k léčbě diabetické nohy není o HBO ani poznámka nebo jen velmi stručné uvedení. Vzhledem k tomu, že bylo prokázáno a je několik let evidentní, že stačí léčit 4 pacienty metodou hyperbarické oxygenoterapie, abychom zabránili jedné amputaci, je tento fakt zarážející (Koliba, 2011).

Uskutečnění metody a indikování pacienta k ní je v běžné praxi snadné. Stačí mít v okruhu 50 km dostupné hyperbarické zařízení a zkonzultovat zdravotní stav určeného pacienta se zodpovědným lékařem daného zařízení. On pak následně rozhodne o vhodnosti metody pro daného klienta (Koliba, 2011).

### ***1.2 Historie hyperbarické kyslíkové terapie***

První hyperbarické zařízení na světě s názvem Domicilium zkonstruoval britský kněz Nathaniel Henshaw v roce 1662. Využívalo se u nemocných s poruchami zažívacího a

dýchacího ústrají. Toto zařízení se také využilo u pacientů s puruchou odkašlávání. V letech 1837-1877 se budovaly v Paříži, Miláně a Bristonu luxusní apartmány složené jako pneumatické instituty. To potvrzuje rostoucí popularitu léčebné hyperbarie v tehdejší době. V roce 1877 využil princip léčby pod vysokým tlakem Fontaine, který prováděl různé druhy operací (např. břišní kýly) na vlastnoručně zhotoveném mobilním hyperbarickém operačním sále. Jako dýchací médium však používal místo kyslíku vzduch. Už v této době brali vědci na vědomí otázku rizika spojeného s toxicitou kyslíku. Některé otázky zodpověděl již v roce 1878 Paul Bert, který potvrdil toxické účinky kyslíku na CNS. Dále pak Lorrain Smith v roce 1899 demonstroval toxicitu O<sub>2</sub> působící na plicní parenchym. Roku 1917 zkonstruoval Dräger komoru pro léčbu potápěčských nehod. První velká klinická komora byla vybudována v roce 1918 Cunninghamem. Dosahovala délky 30 metrů. Poté v roce 1928 zkonstruoval největší komoru v historii s označením „Steel Ball Hospital“, vysokou jako šestipodlažní budova. V těchto letech se v zařízeních Cunninghama ještě léčilo bez vědeckého podkladu (Jain, 2009).

Za skutečné zakladatele hyperbarické medicíny jsou považováni Brit Churchill-Davidson a holandský kardiochirurg prof. Boerema, kteří publikovali své vědecké práce koncem 50. a počátkem 60. let dvacátého století. Dr. Churchill-Davidson prověřoval účinnost hyperbarické oxygenoterapie v kombinaci s radioterapií u zhoubných nádorů. Pan profesor Boerema jako první prováděl v hyperbarické komoře náročné kardiochirurgické operace jako transpozice velkých cév nebo korekce Fallotovy tetralogie. Ve svých studiích prokázal, že experimentálně exsanguinovaná zvířata s téměř nulovou hodnotou hemoglobinu přežijí díky dodávce fyzikálně rozpuštěného kyslíku do plazmy v hyperbarickém prostředí. V hyperbarickém prostředí 3 ATA nechali vědci zvířata inhalovat čistý kyslík. Po 15 minutách terapie nebyly zaznamenány žádné patologické změny v monitoraci vnitřního prostředí - ABR, EKG ani EEG. Po retransfúzi krve zvířata žila dále a nedošlo u nich k symptomům z anoxie. Své vědecké poznatky z pokusů u zvířat profesor Boerema publikoval roku 1960 v díle „Life without blood“. Tato studie, poukazující na léčebný efekt hyperbarického kyslíku na hemoglobin, se stala základním kamenem moderní hyperbarické medicíny (Andrle, 2016).

V České Republice byla zprovozněna první hyperbarická komora v Městské nemocnici Ostrava v roce 1965. V těchto letech bylo zapotřebí léčit hyperbaroxií následky vzniklé

těžkým průmyslem na Ostravsku. Spoustu lidí zde přišlo k těžkým úrazům nebo k otravě oxidem uhelnatým. Ostravské hyperbarické zařízení bylo největším v Česku a zároveň třetím největším v Evropě. K Ostravě se brzy přidala zařízení v Praze, Košicích a v Plzni. V současné době je v ČR v provozu 13 léčebných hyperbarických komor (MnOF, 2017).

### ***1.3 Hyperbarická oxygenoterapie***

#### ***1.3.1 Vysvětlení metody***

*„Hyperbarická oxygenoterapie (HBO) je léčebná metoda, spočívající v inhalačním podávání kyslíku za podmínek zvýšeného atmosférického tlaku“ (Greiffeneggová, 2014, s. 2).*

Jeví se kauzálním způsobem léčby. Má využití u některých patologických stavů, kde významně zlepšuje léčebný výsledek a kvalitu života pacientů. V některých akutních indikacích může zachránit i život postiženého. U dalších stavů pomáhá zmírnit průběh nemoci, zredukovat následné komplikace způsobené onemocněním, nebo zaujímá doplňkovou roli u konzervativního nebo chirurgického léčebného postupu. Vyhláška 331/2007 sb. obsahuje indikační spektrum k léčbě metodou hyperbarické oxygenoterapie. Tato vyhláška byla schválena a je platnou pro Českou republiku. Toto spektrum zahrnuje přibližně 20 onemocnění a klinických stavů. Jendotlivé patologické stavy jsou vybrány na základě medicínských výsledků založených na důkazech nebo konsensu odborníků (Městská nemocnice Ostrava, 2017).

Atmosférické složení vzduchu je zastoupeno z 21 % kyslíkem a ze 78 % dusíkem. Při hyperbaroxii je vdechovaná koncentrace 5 x vyšší než ve vzduchu za atmosférického tlaku. Kyslíku se za těchto podmínek blíží 100 %. Hodnota tlaku, používaná v hyperbarické komoře k léčení, je přitom 2,5 - 3 násobně vyšší než u tlaku atmosférického (Greiffeneggová, 2014).

Na jednotlivých terapeutických sezeních dochází (na základě níže popisovaných fyzikálních procesů) ke zvýšení nabídky kyslíku pro organizmus. Nabídka může být při hyperbaroxii až 15x vyšší než při dýchání vzduchu za normálních podmínek. Dochází k 100 % nasycení hemoglobinu kyslíkem. Dále dochází k mnohonásobnému zvýšení obsahu rozpuštěného kyslíku v krevní plazmě. Díky tomu čtyřnásobně zvětšujeme oblast šíření kyslíku do tkání, a tím léčebně zvětšujeme hypoxémii. (ÚLZ Praha, 2018).

Díky této metodě můžeme obnovit správné fungování organismu, pokud při uvedených chorobných stavech zapříčiněných nedostatkem kyslíku zajistíme jeho dostupnost na potřebných místech ve tkáních (ÚLZ Praha, 2018).

Mezi krátký souhrn akutních stavů patří otrava CO, dekompresní porucha, plynová embolie, crush syndrom, těžká anaerobní infekce včetně plynaté sněti, postanoxické stavy, popáleniny, stavy po replantacích (SOL Trutnov, 2016).

U chronických pacientů se soustředíme na stavy jako diabetický defekt, ischemický vřed, hluchota, tinitus, algoneurodystrofie, postradiační změny (SOL Trutnov, 2016).

V této problematice existuje i řada specifických efektů hyperbarického kyslíku. Jedná se o efekty jako zmenšení velikosti bublin plynu, snížení otoku ve tkáních, modulace imunitních funkcí v boji proti infekci, snížení průběhu ischemicko-reperfučního syndromu, stimulace neovaskularizace a fibroblastové proliferace. Níže se budeme zabývat působením některých specifických efektů z uvedeného seznamu (ČLS JEP, 2017).

Hyperbaroxie je multidisciplinární obor se vztahem k mnoha medicínským i nemedicínským oborům. V hyperbarické medicíně mají zastoupení medicínské odvětví ARO, chirurgie, traumatologie, interna, dermatologie, ORL, oftalmologie, ortopedie, pediatrie, neurologie, onkologie, mikrobiologie, urologie, pracovní lékařství, pracovní hygiena, sportovní medicína. Hyperbaroxie má vztah s nemedicínskými obory teorie potápění, dekompresologie, matematické modelování jednotlivých typů bublin, teoretická a aplikovaná fyzika (ČLS JEP, 2017).

Léčba probíhá ve speciálních zařízeních s názvem hyperbarická komora. Disponují dvojím způsobem plnění. Prvním způsobem funguje na principu stlačeného vzduchu a pacient při něm inhaluje kyslík přes kyslíkovou masku. Při druhém způsobu plnění pacient inhaluje čistý kyslík uvnitř komory. Doba a počet expozičních se odvíjí od diagnózy a celkového stavu pacienta. Všechny faktory související s hyperbarickou léčbou upravuje a ordinuje pověřený lékař (Hájek, 2017).

Hyperbaroxie, jako každá jiná léčba, má své indikace, kontraindikace, dávkování, komplikace, potenciální vedlejší účinky, nežádoucí účinky. Má své uplatnění v moderní medicíně. Mělo by se na ní nahlížet jako na racionální léčbu v jistých klinických situacích nikoli jako na léčbu zázračnou. Její použití souvisí s vhodným doporučením ze

strany vašeho ošetřujícího lékaře (ÚLZ Praha, 2018). Před zahájením terapie musí být klienti také poučeni a vyšetřeni v požadovaném rozsahu pověřenou osobou na pracovišti. Výsledky a účinky by se neměly ani přeceňovat, ani podceňovat. V nedávné minulosti bylo odvedeno spousta práce k dosažení vědeckých důkazů o léčebném působení metody u některých indikací. Rutinní užívání hyperbaroxie v praxi je ale otázkou budoucnosti. Dnešní moderní medicína klade důraz na vědecké důkazy. Proto se v této problematice ještě čeká na provedení kvalitních prospektních studií, které by pomohly tuto metodu rozšířit do běžné praxe. Také zde hraje roli nedostatečná informovanost a odbornost lékařů v souvislosti s touto metodou (ČLS JEP, 2017).

Ve všech vyspělých zemích je hyperbarická medicína uznávanou či nástavbovou specializací, která spojuje problematiku hyperbarické oxygenoterapie a potápěčské medicíny. Potápěčská medicína má dlouholetou tradici v přímořských státech vlastnících válečné námořnictvo. Díky obrovské popularitě potápění v posledních desetiletích se problematika potápěčské medicíny začala týkat i nepřímořských států. I v ČR se najde její opodstatnění. Její úloha spočívá v prevenci a léčbě potápěčských nehod a v zajištění systému péče o profesionální i sportovní potápěče (Novotný, et. al., 2011).

### ***1.3.2 Fyzikální děje***

V hyperbarické oxygenoterapii se využívají fyzikální zákony, které platí pro plyny a tekutiny. Mezi nejdůležitější veličinu v HBO patří bezpochyby tlak. Tlak, kterým působí plynný obal Země na její povrch, se nazývá tlak atmosférický. Jeho hodnota odpovídá 101 kPa u hladiny moře při 0 °C. Tato hodnota se také označuje jako 1 bar či 1 ATA. Jednotky ATA se typicky používají právě u hyperbaroxie (Rosina, et al., 2013). V hyperbarické komoře se využívá tlak až 3 x vyšší, než je tlak atmosférický. Hodnota tlaku v hyperbarickém prostředí se pohybuje v rozmezí 250 – 300 kPa. Samotné účinky vyšších tlaků při hyperbaroxii se projevují v oblastech stlačitelnosti plynů, jejich rozpustnosti, difúzi v tělesných tekutinách a změně jejich fyzikálně-chemického chování při vyšších parciálních tlacích. Veličiny týkající se těchto účinků budou popisovány v této kapitole (Horák, 2014).

Další zásadní veličinou v hyperbarickém ději je **Daltonův zákon**. Ten říká, že výsledný tlak směsi plynů je dán součtem parciálních tlaků jednotlivých plynů, které směs tvoří. Dalším fyzikálním zákonem, jehož znalost je základem pro pochopení principů HBO, je **Henryho zákon**. Ten se týká rozpustnosti plynů v kapalinách. Přesně ho můžeme

definovat tak, že množství plynu rozpuštěného v kapalině závisí přímo úměrně na tlaku plynu nad hladinou a faktoru rozpustnosti. Množství plynu rozpuštěného v kapalině je přímo úměrné jeho parciálnímu tlaku nad kapalinou (Horák, 2014).

Mezi další důležité fyzikální děje a zákony, které se uplatňují v hyperbaroxii, patří **Pascalův zákon**. Vyjadřuje fakt, že tlak v plynech a tekutinách se šíří rovnoměrně všemi směry. Irský přírodovědec Robert Boyle přispěl vytvořením **Boyle-Mariottova zákona**, který vyjadřuje termodynamický vztah pro izotermický děj probíhající v ideálním plynu stálé teploty. Tento zákon říká, že součin tlaku a objemu daného váhového množství plynu je za dané teploty konstantní. Tohoto se využívá v léčbě dekompresní nemoci a vzduchové embolie v krevním oběhu. V hyperbarické komoře někdy dochází k menším změnám teploty, protože zde dochází k stlačování či rozpínání plynu. Díky tomu dochází k výměně tepla s okolím. Tento fyzikální děj se nazývá polytropický. Joule - Thompsonův jev nám vyjadřuje, že při adiabatické dekompresi se vzduch v hyperbarické komoře ochlazuje a stoupá relativní vlhkost. Pokud při dosažení těchto extrémních podmínek chybí účinné klimatizační zařízení, tak bude v prostoru přítomna 100% relativní vlhkost a přebytečná voda ve formě kapiček mlhy bude kondenzovat. Tímto procesem se dostaneme k tzv. rosnému bodu (MnOF, 2017).

### ***1.3.3 Fyziologické děje***

Existují 2 základní patofyziologické principy hyperbaroxie. První z nich spočívá v mechanickém efektu, spočívajícím v redukování velikosti bublin u pacientů s různými formami dekompresní nemoci či vzduchové embolie. Druhý princip je způsoben mnohonásobným zvýšením parciálního tlaku kyslíku ve tkáních s prodloužením jeho difúzní vzdálenosti a následným zvýšením množství fyzikálně rozpuštěného kyslíku v plazmě a dopravením do tkání postižených ischemií a hypoxií (Městská nemocnice Ostrava, 2017).

Z hlediska HBO je třeba se seznámit se základní úlohou a transportními cestami kyslíku v organismu. Kyslík je přijímán z okolí díky ventilaci. Parciální tlak atmosférického kyslíku je 160 mmHg. Přítomný vzduch v alveolách se s přichozím kyslíkem mísí. To způsobuje snížení alveolárního tlaku na 104 mmHg. Rozdíl mezi parciálním alveolárním tlakem kyslíku a venózním parciálním tlakem kyslíku je více než 60 mmHg. Tento gradient umožňuje difúzi plynů přes alveokapilární membránu do krve. Kyslík v krvi nabývá formy volného a vázaného kyslíku (Kittnar, 2011).

Ve formě vázané se kyslík váže na hemoglobin. Tělo průměrně velkého člověka obsahuje 900 g Hb. Každý gram barviva má schopnost pojmutí kyslíku v hodnotě 1,34 ml. V tomto případě při saturaci 97 %, což je fyziologická saturace u zdravého člověka, je pak transportní kapacita hemoglobinu asi 1200 ml. Vztah nasycení hemoglobinu kyslíkem a alveolárního tlaku kyslíku je dán disociační křivkou hemoglobinu, která je uvedena v **příloze č. 1** (Silbernagl, et al., 2016).

Některé patologické stavy organismu mohou křivku ovlivnit. U stavů jako snížení koncentrace 2,3 – difosfoglycerátu, snížení hladiny  $p\text{CO}_2$ , hypotermie, snížení koncentrace ATP nebo u alkalózy platí, že k dosažení stejné saturace postačí nižší alveolární tlak a následkem toho se křivka posune vlevo. Opačný proces, tedy posun disociační křivky vpravo, nastává u stavů jako zvýšení koncentrace 2,3 – DPG, zvýšení  $p\text{CO}_2$ , hypertermie, zvýšení koncentrace ATP či u acidózy (Kittnar, 2011).

Druhou formou, ve které se kyslík vyskytuje v lidském organismu, je volný, fyzikálně rozpuštěný v krevní plazmě. Za normálního tlaku je množství kyslíku rozpuštěného v plazmě přibližně 3 ml/l. Celkem tedy 15 – 18 ml v krvi, pokud dýcháme vzduch. Právě toto množství lze výrazně navýšit užitím HBO. V případě, že necháme pacienta dýchat 100 % kyslík (normobarická oxygenoterapie), dochází k nárůstu parciálního tlaku v alveolech přibližně 5x a stejně tak narůstá i množství kyslíku rozpuštěného v krevní plazmě (75 – 90 ml). Pokud však pacienta necháme inhalovat kyslík v hyperbarických podmínkách při tlaku 2 – 3 ATA (vlastní hyperbarická oxygenoterapie), vzroste množství fyzikálně rozpuštěného kyslíku až na 180 – 270 ml. Tato hodnota přibližně odpovídá klidové arteriovenózní diferenci, která se pohybuje kolem hodnoty 250 ml / min. Fyzikálně rozpuštěný kyslík v krevní plazmě, který je mimo jiné dostupnější pro tkáň, než kyslík vázaný, tak pokryje minutovou spotřebu a dokáže tak dočasně nahradit funkci hemoglobinu. Toho lze s výhodou využít u stavů intoxikace CO, kdy je narušena schopnost Hb transportovat kyslík (Horák, 2014).

Kyslík je krví transportován do tkání lidského organismu. Zde přechází do vlastních buněk. 80% objemu plynu přechází do mitochondrií, kde kyslík vstupuje do dýchacího řetězce, jehož výsledkem je základní energetický zdroj molekula ATP a odpadní látka oxid uhličitý. Většina tkání dokáže získat energii dočasně bez přísunu kyslíku. Tkáň jako mozek však tuto schopnost nemají, proto je nezbytné, neustále dodávat kyslík do krevního řečiště mozku (Kittnar, 2011).



Z toho vyplývá, že HBO tedy působí fyziologicky především na množství kyslíku, které je transportováno krví z plic ke tkáním lidského těla (Kittnar, 2011).

#### ***1.3.4 Indikační spektrum***

Hyperbarická medicína je multidisciplinárního charakteru a od toho se také odvíjí její různorodé indikační spektrum. Hyperbarická oxygenoterapie se využívá v medicínských oborech jako diabetologie, pediatrie, angiologie, chirurgie, traumalogie, neurologie, urologie, pediatrie, urgentní medicína, onkologie, ORL a intenzivní medicína (Hájek a kol., 2017).

Indikační seznam se vyvíjí zejména v souvislosti s vývojem vědeckých důkazů. Hlavní roli také hrají postavení oboru a jeho rozšíření, které je v každé zemi jiné. V ekonomicky vyspělých zemích západní Evropy, USA, Kanady, Austrálie, kde je kladen důraz na dodržení principů medicíny založené na důkazech, se počet indikací pohybuje v rozmezí 15 – 20 (Hájek a kol., 2017).

V USA uvádí klinické situace k léčbě HBO americká organizace UHMS (Undersea and Hyperbaric Medical Society). Jedná se o velmi uznávanou společnost. Organizací vytvořený seznam indikací je zahrnut do amerického systému pojištění a do hrazení ze systému zdravotního pojištění. Za indikační patologické stavy jsou považovány vzduchová a plynová embolie, intoxikace oxidem uhelnatým a intoxikace CO, intoxikace kyanidy, klostridiová myozitida a myonekróza, poranění s rozdrčením tkáně (crush injury), kompartmentový syndrom, těžké akutní traumatické ischemie měkkých tkání, dekompresní choroba, vybrané obtížně se hojící ulcerace, uzávěr a. centralis retinae, těžká anémie z výjimečné krevní ztráty, intrakraniální absces, nekrotizující infekce měkkých tkání, refrakterní osteomyelitida, radionekróza kostí i měkkých tkání, ohrožené hojení přenosů kůže a měkkých tkání, akutní popáleninové poranění a náhlé idiopatické percepční poškození sluchu (Weaver, 2014).

V Evropě jsou indikační seznamy definovány na konsensuálních konferencích organizovaných evropským výborem pro hyperbarickou medicínu (ECHM). Na konferencích se kromě definování indikačního spektra k HBO také vyjadřují k jiným aspektům hyperbarické a potápečské medicíny. Na základě objektivního shrnutí odborné literatury ECHM vydává vzhledem k naléhavosti 3 typy doporučení k zahájení terapie metodou hyperbarické oxygenoterapie (Horák, 2014).

U 1. typu se aplikace HBO velmi doporučuje a má kritický význam pro konečný funkční výsledek pacienta nebo kvalitu praxe. Do této kategorie podle ECC 2016 řadíme anaerobní nebo smíšenou bakteriální infekci, intoxikaci oxidem uhelnatým, dekompresní onemocnění, plynovou embolii, otevřené fraktury s drtivým poraněním, osteoradionekrózu, prevenci osteoradionekrózy po extrakci zubu, radionekrózu měkkých tkání a náhlou percepční poruchu sluchu (Mathieu, et al., 2017).

U 2. typu se aplikace HBO doporučuje. Její aplikace pozitivně ovlivňuje konečný funkční výsledek pacienta nebo kvalitu praxe. Do této kategorie podle ECC 2016 řadíme popáleniny na více než 20 % tělesného povrchu, uzávěr centrální sítnicové tepny, kompromitované kožní štěpy a svalově-kožní laloky, drtivé poranění bez fraktury, diabetickou ulceraci, avaskulární nekrózu hlavice femuru, ischemickou ulceraci, neuroblastom IV. stupně, osteoradionekrózu, radionekrózu měkkých tkání, refrakterní chronickou osteomyelitidu, chirurgický zákrok a implantaci na ozářených tkáních (Mathieu a col., 2017).

U 3. typu se aplikace HBO může zvolit. Je v tomto případě metodou volby v dané klinické situaci a jedná se o jednu z několika volitelných možností léčby. Do této kategorie podle ECC 2016 řadíme akutní a chronickou fázi traumatického poranění mozku, chronickou fázi iktu, postanoxickou encefalopatii, intersticiální cystitidu, replantaci končetin, reperfuční syndrom po revaskularizačním cévním zákroku, radiační poškození hrtnanu, radiační poškození CNS, vybrané nehojící se ulcerace u systémových onemocnění a srpkovitou anémií (Mathieu a col., 2017).

V České republice byl indikační seznam přijat na VII. Evropské konsensuální konferenci v roce 2004. Je zahrnut ve vyhlášce MZ ČR č. 331/2007 Sb. a je financován z veřejného pojištění. Zahrnuje 21 diagnóz a klinických stavů, které jsou zde rozděleny na indikaci akutní a chronickou. Mezi akutní klinické stavy řadíme např. plynovou embolii, dekompresní onemocnění, těžkou otravu oxidem uhelnatým, těžkou anaerobní nebo smíšenou nekrotizující infekci měkkých tkání, akutní traumatickou ischemii a stavy po replantaci končetiny. Mezi chronické klinické situace patří např. popáleniny nad 20 % tělesného povrchu, neuroblastom IV. Stupně, chronická refrakterní osteomyelitida a obtížně se hojící defekty u diabetu a ICH dolních končetin, pozdní iradiační poranění kostí a měkkých částí (ÚLZ Praha, 2018).

### **1.3.5 Kontraindikace**

Kontraindikace k HBO je obecně definována jako stav, který znemožňuje bezpečné provedení léčby, eventuálně by jejím provedením za jistých okolností mohlo dojít ke zhoršení zdravotního stavu pacienta až s následkem smrti. Rozdělení na absolutní a relativní může být velmi zavádějící, protože kontraindikace je v některých případech nutno hodnotit individuálně a s ohledem na indikaci a urgentnost léčby je vždy nutné zvažovat poměr přínosu léčby a rizika z ní plynoucího. Zatímco u absolutních je použití HBO přímo zakázáno, u relativních kontraindikací lze léčbu povolit, pokud její přínos převažuje nad riziky, které v dané situaci přináší (ČSHLM, 2017).

Někdy se uvádí jako jediná absolutní kontraindikace neošetřený pneumotorax. Během expozice (zejména během dekomprese na konci terapie) hrozí rozvinutí tenzního PNO. Berme tedy v úvahu riziko přítomnosti pneumotoraxu u stavů spojených s traumatem hrudníku či po kanylaci centrálního žilního řečiště (ÚLZ Praha, 2018).

Mezi absolutní kontraindikace dále řadíme léčbu kardiotonickými cytostatiky (zejména obsahující platinu), neboť byla prokázána zvýšená toxicita působící především na myokard, má cytotoxický efekt také na jiné tkáně a zhoršuje hojení ran. Absolutně je HBO kontraindikována také u pacientů léčených disulfiramem (antabus) z důvodu bloku enzymu superoxidodismutázy, což způsobuje vysokou toxicitu kyslíkových radikálů. Následkem tohoto bloku je výraznější nebezpečí poškození plic a neurologického poškození. Mnoho zdrojů uvádí, že u pacientů užívaných bleomycin může dojít v hyperbarickém prostředí k těžké intersticiální pneumonitidě a k vývoji příznaků plicní toxicity zapříčiněné vyšší koncentrací kyslíku (Horák, 2014).

Z relativních kontraindikací je třeba zmínit infekce horních cest dýchacích, u kterých existuje riziko vzniku barotraumatů uší a paranasálních dutin. Řadíme sem také těžké ušní poškození např. otosklerózu nebo ORL operace v anamnéze. Někteří pacienti mají problém s vyrovnáním tlakového gradientu mezi jednotlivými dutinami. U takových dochází k bolesti hlavy a k bolesti v oblasti ušní. Další problém existuje u náhrad kostního vedení, kde může dojít k dislokaci náhrady a k následnému poškození sluchu (MnOF, 2017).

K dalším relativním kontraindikacím z oblasti respiračního systému patří těžké astma bronchiale. U pacientů s CHOPN a se zvýšeným parciálním tlakem oxidu uhličitého v krvi je problémem rozvinutý plicní emfyzém, u kterého hrozí ruptura buly při

dekompresní fázi HBO (Horák, 2014). Buďme pozorní u pacientů se spontánním PNO v anamnéze. Do této kategorie řadíme dále resekční výkony na plicích, u kterých je zapotřebí kompresi a dekompresi provádět pozvolna (MnOF, 2017).

Dříve bylo za kontraindikaci uváděno těhotenství. Bylo zde zvýšené riziko vzniku malformací plodu. Toto zjištění bylo prokázáno experimentálně u zvířat, ale v následujících studiích nebylo potvrzeno (Horák, 2014).

Dříve se rovněž uvádělo, že terapii díky zvýšené dodávce kyslíku a živin stimuluje růst tumorů a aktivitu metastáz. Toto tvrzení také nebylo opakovaně prokázáno (Městská nemocnice Ostrava, 2017).

Za relativní kontraindikaci považujeme klaustrofobii a křečové onemocnění v anamnéze. Záchvatovité onemocnění a horečku, jako jeho predisponující faktor, sem také řadíme (Horák, 2014).

Vzrůstá počet pacientů s implantovaným kardiostimulátorem nebo implantovaným kardiostimulátor-defibrilátorem (ICD), kteří se léčí v hyperbarické komoře. Tato zařízení byla dříve testovaná pro užití v hyperbarickém prostředí s tlakem 3 - 7 ATA, což znamená 200 - 280 kPa a odpovídá tlaku v hloubce 10 – 18 metrů pod vodní hladinou. Tudíž HBO byla považována za zcela bezpečnou. V poslední době se však ukazuje, že někteří výrobci zřejmě z ekonomických důvodů testují přístroje pouze tak, že musí odolat po dobu 1 hodiny pouze tlakům 70 kPa až 150 kPa, což odpovídá hloubce 5 metrů pod vodní hladinou. Proto je nutno postupovat u každého pacienta s kardiostimulátorem přísně individuálně. V okamžiku rozhodnutí k hyperbarické terapii v akutní i chronické indikaci by měl lékař znát model implantovaného kardiostimulátoru. Většinou však pacient ani rodina nezná typ přístroje a legitimace od zařízení bývá často neznámá. Typ stimulátoru může zjistit lékař pomocí předozadní projekce u rentgenového vyšetření. Pověřený lékař si při RTG obraz zaměří a zvětší v oblasti přístroje. Dnes už jsou vědecky ověřeny typy zařízení, s kterými pacient může bezpečně HBO podstoupit (Novotný, 2012).

### ***1.3.6 Komplikace, rizika a nežádoucí účinky***

Hyperbarická oxygenoterapie doprovází komplikace stejně jako ostatní terapeutické postupy jiných lékařských odvětví. Komplikace, v důsledku podmínek hyperbarického prostředí, rozdělíme podle jednotlivých fází léčby (Kis Pisti et al., 2011)

Ve fázi komprese, kdy dochází ke zvyšování tlaku v prostředí komory, může dojít k barotraumatu. Tento problém zapříčiní nejčastěji poškození zvukovodů bubínku, středního a vnitřního ucha, kůže, vedlejších nosních dutin či zubů. Jedná se o nejčastější komplikaci v celé problematice (Kis Pisti, et al., 2011). Za vzrůstu okolního tlaku se objem vzduchu v tělesných dutinách zmenšuje. Nejnáchylnějším místem je středoušní dutina. Při vzestupu tlaku může pacient v této oblasti pocítit tlak až bolestivost, které jsou způsobeny „vtlačováním“ bubínku. Bez kompenzace, užitečné k dorovnání tlaků, může dojít až k jeho ruptuře a perforaci. K této kompenzaci se využívají Valsalvův a Frenzelův manévr. Jedná se o speciální medicínské manévry umožňující prostoupení vzduchu Eustachovou trubicí do středoušní dutiny. Své opodstatnění má především Frenzelův manévr. Klient se při této činnosti snaží, aby došlo k uzavření glottis, stlačení nosních křídel a aby pomocí jazyka, který funguje jako píst, byl vzduch tlačěn přes otevřené měkké patro do Eustachovy trubice (Horák, 2014).

U pacientů nespolupracujících nebo u pacientů s poruchou vědomí, kteří nejsou schopni manévry zvládnout a tlaky vyrovnat, je indikována oboustranná paracentéza, kterou provádí příslušný lékař v oboru ORL (Horák, 2014). U nespolupracujících zaintubovaných klientů se dá komplikacím předcházet také tím, že obturační manžetu endotracheální kanyly naplníme sterilní vodou. Pacienti se zavedeným drénem či močovým katétreem by měli mít tyto systémy napojeny na antireflexní ventily (Kis Pisti, et al., 2011).

Během fáze izokomprese může snadněji a rychleji dojít k intoxikaci kyslíkem, pokud při této fázi nedodržíme potřebnou dobu expozice a velikost tlaků. Pokud klient dýchá vzduch přesahující hodnotu tlaku 0,4 MPa, může se rozvinout nežádoucí stav tzv. dusíková narkóza. Ve fázi dekomprese, kdy se tlak snižuje, může dojít k stejnému poškození jako u fáze komprese, ale navíc hrozí vznik přetlakového barotraumatu plic. Tento stav se charakteristicky projevuje podkožním emfyzémem či pneumotoraxem (Kis Pisti, et al., 2011).

Dalšími komplikacemi doprovázející HBO jsou bolestivost paranasálních dutin, nejčastěji je tato bolest přítomna u dutin frontálních. Dále se zde setkáváme se záchvaty. Vznik záchvatů si přiblížíme v následující kapitole: *Toxicita kyslíku*. Vzácně dochází k dekompresní nemoci. V tomto prostředí může dojít také k psychickým obtížím. Abychom agorafobii či úzkost zredukovali, je třeba pacientovi předem

vysvětlit, že se vždy při terapii nemusí cítit dobře, že tyto stavy souvisí s měnicími se tlakovými podmínkami v hyperbarickém prostředí. Byla také prokázána vyšší podezření na vznik chromozomálních aberací u pacientů vystavených HBO po dobu 10 dní s 40 minutovou terapií denně při tlaku 1,5 – 2 ATA. Reverzibilní myopie či katarakta se zde také mohou u klientů objevit (Horák, 2014).

V malé přenosné hyperbarické komoře viz **příloha č. 2** může být způsobena nedostatečným prouděním vzduchu intoxikace CO<sub>2</sub>. Prevencí je kontrola, že je komora dostatečně ventilovaná. Míra ventilace má být vyšší než 40 litrů za minutu. Pacienti, kteří jsou náchylnější na stavy nauzey a zvracení mohou před vstupem do komory užít antiemetika. Ošetřující personál jim do komory vloží preventivně plastový igelitový sáček. Někteří špatně tolerují vodorovnou polohu. V přenosné komoře je proto možné uložit pacienta se zvýšenou polohou horní poloviny těla. U úzkostlivých klientů a klaustrofobiků udržujte vizuální i hlasový kontakt po celou dobu léčby a uložte komoru s pacientem v ní pohodlně tak, aby měl neustálý průhled ven (Küpper, a col., 2010).

### ***Toxicita Kyslíku***

Kyslík je pro život nepostradatelným plynem, avšak ve zvýšené koncentraci při terapii pod vyšším tlakem, nebo u nepřiměřeného času trvání kyslíkové aplikace může být pro lidský organismus nebezpečným. V roce 1775 anglický chemik a objevitel kyslíku Joseph Priestley popisoval kyslík jako plyn, který je nezbytný pro život na Zemi. O sto let později zveřejnil poprvé německý fyziolog Paul Bert možná nebezpečí, která může čistý kyslík přinášet. Bert popsal patologické nervové příznaky u pokusných objektů, které inhalovaly 100 % kyslík. Tento objev je dodnes označován jako Paul Bertův efekt. Dalším z průkopníků v oblasti kyslíkové toxicity je skotský patolog James Lorraine Smith, který popsal roku 1899 morfologické změny plicního parenchymu v návaznosti na inhalaci kyslíku. Zásadní pro tuto metodu byl rok 1945, kdy potvrdil americký lékař John W. Beam přítomnost ireverzibilních změn na mozkové tkáni u déle trvající hyperbarické oxygenoterapie (Silbernagl, et al., 2016).

Toxicita O<sub>2</sub> je závislá na délce jeho aplikace a na hodnotě tlaku vdechované směsi. Velmi vysoká koncentrace kyslíku působí toxicky. Koncentrace inhalovaného kyslíku ve vdechované směsi nad FiO<sub>2</sub> – 0,6 u dospělého člověka a 0,4 u novorozenců může působit na lidský organismus patologicky. Organismus dítěte je na hyperoxii

citlivější. Prvními příznaky kyslíkové intoxikace bývají bolesti při dýchání, kašel, nauzea a zvracení (Rosina, et al., 2013).

Společným patofyziologickým mechanismem toxických účinků kyslíku na tkáň lidského organismu je zvýšená tvorba kyslíkových radikálů. Tento proces se dnes označuje jako reaktivní formy kyslíku. Čím vyšší je koncentrace kyslíku, tím větší množství reaktivních forem kyslíku vzniká. Kyslíkové radikály ve zvýšeném množství jsou však za normobarických podmínek eliminovány buněčnými enzymy katalázou, peroxidázou a superoxidodismutázou (Kittnar, 2011).

V případě vysokého tkáňového  $PO_2$  v hyperbarickém prostředí přesáhne počet volných kyslíkových radikálů kapacitu zmíněných enzymů. Tento nepoměr a agresivní chování reaktivních forem kyslíku dále vede k lipoperoxidaci. Při tomto fyziologickém ději dochází k funkčnímu i strukturálnímu defektu různých buněčných systémů (Kittnar, 2011).

Dále dochází k tzv. oxidačnímu stresu, kdy se zcela utlumí buněčné oxidativní enzymatické systémy. To znamená, že se v organismu zhorší oxidace glukózy, jsou utlumeny chemoreceptory v globus erotikum. Následkem toho klesá minutový výdej srdce. Pak dochází ke zvyšování tonu nervu vagu, patologicky se dilatují plicní cévy. V cévním řečišti mozku a ledvin vzniká patologická vazokonstrikce (Adamus, 2012).

Nejvíce následků zanechá intoxikace kyslíkem na plicích a centrální nervové soustavě (Adamus, 2012). Pulmonální toxicita kyslíku je popsána v Lorraine Smithovu efektu. K této formě toxicity dochází při déle než 24 hodinové inhalaci 100 % kyslíku nebo při inhalaci čistého  $O_2$  pod tlakem 2 – 3 ATA. Má exsudativní a proliferativní vývojovou fázi. První exsudativní fáze se projevuje nejprve jako suchost v ústech, hltanu a hrtanu, která přechází v hyperémii horních cest dýchacích. Poté následuje dušnost, kašel a retrosternální bolest. Postupně dochází, vlivem působení reaktivních forem kyslíku, k destrukci pneumocytů I. typu, které jsou vůči jejich působení méně odolné. Vzniká perivaskulární, peribronchiální, intersticiální a intraalveolární edém doprovázený hemoragiemi a nekrózami (Adamus, 2012). Pokud klient přežije exsudativní fázi, dochází k fázi proliferativní. Na podkladu hyperplazie buněk intersticia a tvorby elastinu s kolagenem následuje resorpce exsudátu a ztlustění mezialveolárních sept. Tyto patologické změny jsou znakem, že stav intoxikace vystupňoval do obrazu ARDS.

Berme na vědomí také rizika vzniku onemocnění jako plicní atelektáza, pneumonie či bronchitida (Kittnar, 2011).

Působení toxicity kyslíku na centrální nervovou soustavu dále CNS popisuje Paul Bertův a John Beamův efekt. Tento typ toxicity vzniká v průběhu inhalace kyslíku při vyšším tlaku, než je užíván v terapeutických postupech v normobarickém prostředí. V první fázi se klinický obraz pacienta změní jen v poklesu srdeční frekvence, vzestupu krevního tlaku a nárůstu minutového srdečního výdeje. Následně se u klienta dostavují prodromální příznaky jako neklid, podrážděnost, svalové záškuby, nauzea a vertigo. Drobné svalové záškuby poté dostanou charakter záchvatu typu grand mal. Ten je charakteristický nástupem tonických křečí a ztrátou vědomí s následnou propagací do klonických křečí. Na EEG je přítomen nálezn podobný epileptiformním abnormalitám. Pokud se v této chvíli přeruší kyslíková terapie, tak patologické stavy velmi rychle zmizí, obnoví se pacientův zdravotní stav bez ireverzibilních změn CNS. John Beamův efekt popisuje, že pokud se v tento moment oxygenoterapie nepřeruší, vznikají ireverzibilní, strukturálně - funkční změny centrální nervové soustavy (Kittnar, 2011). Toxickým působením na CNS u novorozenců vzniká fibrodysplazie plic či retrolentární fibroplazie (Adamus, 2012).

Jako prevence kyslíkové toxicity se preventivně podávají látky s antioxidačními vlastnostmi. Při terapii v hyperbarickém prostředí se využívají antioxidanty, jako vitamíny A, C, E, horčík, selen, karnitin, koenzym Q10, benzodiazepiny, lithium, levodopa, propanolol (Kittnar, 2011).

### ***Náhlé úmrtí během léčby***

V krátkém sdělení si přiblížíme problematiku náhlého úmrtí u dvou pacientů během léčby v průběhu expozice v hyperbarické komoře. Ihned zahájené resuscitace byly bez efektu. V obou případech byla zahájena intenzivní srdeční masáž sestrou, která je přítomna u terapie. Po vymoření komory byl k rozšířené kardiopulmonální resuscitaci přivolán resuscitační tým. Pro pacienty, kteří byli přítomni také v komoře, byla tato událost velmi nepříjemná. Charakter události poukazuje na ošetřovatelská specifika intenzivní péče v komoře. Od zdravotního personálu se vyžadovalo zahájení resuscitace na podlaze komory mezi sedadly, vymoření komory během 3 – 4 minut, evakuace přítomných pacientů a transport resuscitovaného klienta mimo komoru (Pácová, 2017).



**Případ 1:** Anamnesticky jde o pacientku narozenou roku 1948. Paní byla diabetičkou na terapii PAD i inzulinem. Přítomna je zde kompenzovaná ischemická choroba srdeční, ICHDK, výrazná skleróza od pánevních tepen periferně. Byla léčena pro chronickou osteomyelitidu obou článků palce pravé dolní končetiny. Byla hospitalizována na chirurgii pro diabetickou gangrénu meziprstí. Poté podstoupila amputaci TMT I – II PDK. Rána je dehiscenčního charakteru a povleklá nekrózami. Na podporu hojení rány byla indikována hyperbarická oxygenoterapie. Při 45 expozici dochází k bezvědomí s náhlou zástavou dechu a oběhu. Ihned přítomná sestra zahájila KPR. Při transportu klienty z komory je přítomna asystolie. Lékař paní zaintubuje. Dále je zahájena farmaceutická terapie adrenalinem a elektroimpulzoterapie externím defibrilátorem. Opakované výboje zachycují střídání asystolie a fibrilace komor. Nakonec přetrvává asystolie a je konstatována smrt s příčinou akutního trombotického uzávěru kmene levé věnčité tepny srdce (Pácová, 2017)

**Případ 2:** Anamnesticky se jedná o pacienta narozeného roku 1979. Ve 13 letech se pokoušel oběsit. Po úspěšné resuscitaci byl léčen v komoře a dále rehabilitován v Jánských Lázních. Kvůli těžké spasticitě těla je schopen chůze jen s dopomocí. Jde o hypertonika na terapii Micardisem. Roku 2015 absolvoval HBO indikovanou kvůli spasticitě. Terapie měla velmi dobrý efekt. V roce 2016 se u něj při expozici objevil náhle neklid, slabost s rychle nastupujícím bezvědomím, gaspingem a oční mydriázou. Přítomný lékař se středním zdravotnickým personálem zahajují nepřímou srdeční masáž a pacienta zaintubují. Po monitoraci EKG je přítomna asystolie, která přetrvává i po farmaceutické léčbě. Lékař konstatoval úmrtí s příčinou masivní plicní embolizace. U klienta došlo k ruptuře aneurysmatu aorty těsně nad chlopněmi s následnou srdeční tamponádou (Novotný, 2017).

U těchto případů vidíme, jaká rizika mohou u komorbidních klientů při terapii nastat. Kazuistiky dále nastiňují obtížnost resuscitace v podmínkách hyperbarické komory. Jako nejlepší prevencí těchto náhlých stavů je vysoká odbornost zdravotnického personálu v oboru KPR, místní orientace techniků, technická vybavenost i znalost tísňových linek (Novotný a kol., 2017).

### ***Vliv na kardiovaskulární systém***

Základními důsledky hyperoxie v hyperbarickém prostředí u savců jsou vazokonstrikce, hypertenze, bradykardie a snížení srdečního výdeje (MnOF, 2017).

Vazokonstrikce byla popsána při pokusech na psech, na dobrovolnících a u pacientů léčených v hyperbarickém prostředí. Jejím hlavním projevem je zvýšení arteriálního tlaku a systémové vaskulární rezistence. V důsledku vazokonstrikce dochází k centralizaci oběhu. Velkou roli u patologického mechanismu vazokonstrikce zastává přímé ovlivnění buněk hladkého svalstva cév kyslíkem či ovlivnění reaktivní formou kyslíku (MnOF, 2017).

Kenmure a kol. v roce 1973 demonstrovaly změny hemodynamiky u 20 dobrovolníků, kteří inhalovali vzduch pod tlakem 1 ATA a 100 % kyslík pod tlakem až 2 ATA. Inhalace vedla k poklesu srdečního výdeje o 10 %, který byl způsoben především poklesem srdeční frekvence. Souběžně pozorovali vzestup systémové vaskulární rezistence o 15 %, akce levé komory klesla o 8 % a o 3 % se navýšil střední arteriální tlak. V normobarickém prostředí nebylo tak výrazných výsledků dosaženo. Studie Klugara a kol. a studie Schipkeho potvrdili, že hyperbarické prostředí má vliv na kardiovaskulární systém v souvislosti se zvýšením aktivity autonomního nervového systému a zvýšenou stimulací vagu (Hájek a kol., 2017).

### ***1.3.7 Bezpečnostní požadavky a opatření***

Bezpečnost je jedním z nejdůležitějších faktorů doprovázející léčbu v hyperbarické komoře. Vzhledem ke své specifické povaze disponuje oxygenoterapie v komoře riziky vzniku funkčních či strukturálních defektů komory či riziky nedodržení předepsaných postupů techniky a taktiky HBO (Horák, 2014). Tento fakt může překlentnout ve status, který přímo či nepřímo ohrožuje pacienta nebo zdravotnický personál na životě. Hyperbarická komora je zdravotnickým prostředkem typu II. b dle zákona č. 346/2003 Sb. Je tedy považován podle definice za prostředek se středním rizikem, a také s potenciálním vznikem nebezpečí. Podle normy Medical Devices Directive (MDD) má zajistit výrobce zařízení proškolení pověřené osoby, která pak může školit další zdravotnický personál pracující se zdravotnickým prostředkem (Hájek a kol., 2017).

Základním bezpečnostním požadavkem je **strukturální integrita hyperbarické komory**. V případě vzniku defektu nastupuje v komoře rychle dekomprese, která může zapříčinit vznik barotraumatu nebo v přítomnosti vyšších tlaků až dekompresní nemoc. Kontrola stavu soudržnosti zařízení je úkolem dohlížejícího technika (Horák, 2014).

Dalším požadavkem je **stav atmosféry uvnitř komory**. Zajišťuje se čistota plynů a hlídá se výše přetlaku uvnitř komory. Přetlak se vytváří kompresorem, pomocí

tlakového zásobníku nebo ze zásob zmrazeného plynu uvolňovaného z odpařovače. Je nezbytné pravidelně kontrolovat funkci a čistotu plnicích zařízení. Důležitá je prevence úniku kyslíku do komory. Tomu se předchází kontrolou dýchacích masek a ventilačních okruhů. Kyslíková koncentrace ve vícemístných komorách má být korigována pod 23%. Touto korekcí napomáháme k udržení správné efektivity léčby. Následně se požaduje, aby kyslík, vpouštěný do komory, byl zvlhčován (Horák, 2014).

Musí být zajištěn **odvod odpadních produktů**. Hamilton a Sheffield v roce 1997 stanovili bezpečné hranice maximálních hodnot plynů ve vícemístných komorách. Podle nich by kyslík neměl přesahovat koncentraci 23 %, koncentrace CO<sub>2</sub> by neměla být vyšší než 0,1 %, koncentrace CO vyšší než 0,002 % a halogenů více než 0,00002 %. Koncentrace vodních par se pak pohybuje v bezpečné hladině okolo hodnoty 0,3 mg/l (ČSHLM, 2017).

Nepostradatelnou součástí kapitoly je **požární bezpečnost**. Do současné doby bylo evidováno méně než 30 závažnějších požárů při hyperbarické oxygenoterapii. Do roku 1970 neexistovaly žádné regule upravující požární bezpečnost, a proto je takto nízké číslo případů požáru zázrakem. Příčinou požárů byla především kombinace více faktorů jako zanechání vznětlivých materiálů uvnitř zařízení, překročená hladina kyslíku, přítomnost elektroniky či nedostatečná protipožární opatření. Z tohoto důvodu jsou nejvíce rizikové jednomístné komory plněné kyslíkem. Musí být přijata všechna nezbytná preventivní opatření k vyloučení požáru. Tato pravidla zahrnují úplnou nepřítomnost elektronických součástí uvnitř zdravotnického prostředku, nepřítomnost látek a materiálů (nylon), na jejichž povrchu může vzniknout statický náboj a absenci přípravků založených na bázi oleje (ÚLZ Praha, 2018). Pacienti a zdravotnický personál mají zákaz nošení hořlavých předmětů a veškerých zdrojů jiskření do komory. Speciální nároky jsou kladeny na užití prostředků povrchové desinfekce. Pacienti podepisují informovaný souhlas viz **příloha č. 3**, v kterém se seznámí s léčbou a s bezpečnostními pokyny včetně forezních dopadů jejich porušení (Městská nemocnice Ostrava, 2017).

Komora a její vybavení musí odpovídat standardům. Musí být bez výjimek vyrobena z nehořlavého materiálu. Veškeré vybavení musí být důkladně testováno v hyperbarických podmínkách a elektronika musí splňovat předepsané regule (Novotný, 2012). V současné době jsou k dispozici doporučující normy EU týkající se provozování hyperbaroxie jako EN 14931 a European Code of Good Practice for

Hyperbaric Medicine. Podle těchto norem, zaměřených na bezpečnost, se řídí i hyperbarická zařízení v České republice (Městská nemocnice Ostrava, 2017).

### ***1.3.8 Rozvoj a novinky metody***

Mezi nejzajímavější novinky patří ve světě výzkumné aktivity týmu profesora Thoma v oblasti reaktivních kyslíkových a dusíkatých substancí (oxidu dusnatého) indukovaných na růst a diferenciaci autologních vaskulogenních kmenových buněk během hyperoxického stresu. Vědci z Philadelfie prokázali, že po HBO stimulaci dochází až k 9 x zvýšení hladiny kmenových buněk v krvi (Thom et al., 2011). Čínští vědci se zaměřili na implantaci kmenových buněk v cílových tkáních a prokázali pozitivní efekt metody na experimentálních modelech s poraněním mozku traumatem nebo oxidem uhelnatým (Langrová, 2009).

Zajímavá byla publikace nového doporučeného postupu léčby dekompresního onemocnění německé společnosti GTUEM se zaměřením na efektivitu léčby při HBO. Představení publikace proběhlo na evropské konferenci EUBS ve Skotsku v roce 2009. Léčba dekomprese je v tomto dokumentu založena výhradně na užití tabulky US NAVY 6 a jejích modifikací, což vede k výraznému zjednodušení léčby (Langrová, 2009).

Nesmírně efektivní studii prezentovali lékaři z hyperbarického centra vojenské nemocnice v Bruselu. Klienti s traumatickou zlomeninou kyčelního kloubu, kteří v zájmu studie inhalovali kyslík, měli podložitelně nižší potřebu pooperačních krevních náhrad ve srovnání s kontrolní skupinou dýchající vzduch. Tímto bruselští vědci potvrdili klinický efekt předchozí experimentální práce. V tomto předchozím experimentu probíhala třicetiminutová inhalace normobarického kyslíku trvající několik dnů po sobě. Následným přerušením inhalace přirozeně navodili stimulaci endogenní produkce erythropoetinu a poté i hemoglobinu (Hájek, 2009).

Asadamongkol a Zahn (2014) ve své výzkumné studii uvádějí pozitivní účinky HBO i v estetice. Potvrdili, že metoda zmírňuje tvorbu vrásek, omlazuje pleť a zlepšuje stav kůže.

### ***1.4 Hyperbarická komora***

Na prvním místě ve vybavení určeného k HBO je hyperbarická komora. Jedná se o vzduchotěsně uzavíratelné, ocelové nebo akrylátové tlakové nádoby, které díky své

specifické stavbě dokážou odolávat vnitřně vytvářenému přetlaku (Horák, 2014). Jejich provoz podléhá přísným bezpečnostním kritériím. Pro provoz vícemístných komor platí společná evropská technická norma EN ČSN 14931. Existuje celá řada vlastních komor různého designu, který je určený jen volbou ze strany výrobce (MnOF, 2017).

#### **1.4.1 Rozdělení**

Tlakové komory vytvářející hyperbarické prostředí lze rozdělit podle různých kritérií. Hyperbarická zařízení se dělí hlavně podle účelu, velikosti, způsobu plnění, počtu míst a mobility (Horák, 2014).

Podle **účelu** se HBO komory dělí na komory pro potápěčskou medicínu, hyperbarické lékařské komplexy a experimentální zařízení určené k lékařskému výzkumu (Harch, McCullough, 2009).

Hyperbarické komory určené pro **potápěčskou medicínu** jsou cíleně vytvořená zařízení, jejichž význam se uplatňuje v tréninku hloubkových potápěčů. V tomto případě je možné použít rekompresní terapii po hlubokých déletrvajících ponorech (Harch, McCullough, 2009). Dále se používají i v rámci emergentní léčby, kdy se aplikuje dekompresní terapie jako u klasických léčebných hyperbarických komor (Horák, 2014)

V hyperbarických **lékařských komplexech** jsou kontinuálně nastaveny podmínky hyperbarie. Využívají se k léčbě všech indikací vedoucích k HBO, k chirurgickým výkonům a ve výzkumu. Jeden z největších hyperbarických zařízení tohoto typu se nachází u Moskvy (Horák, 2014).

Význam **experimentálních** hyperbarických komor spočívá převážně v experimentální medicíně. Zpravidla tyto typy komor mají možnost plnění i jinými způsoby než jenom samotným vzduchem či kyslíkem. Využívají se zde dodávky směsi plynů jako heliox, nitrox a trimix (Městská nemocnice Ostrava, 2017). Jedná se o komory určené hlavně pro zvířecí terapii a pro experimentální výzkum na zvířatech. Zkoumají se zde také tkáňové kultury. Svůj význam má dále u experimentů v humánní sféře. Používá se v oblasti výcviku a potápěčských simulátorů. V tomto typu zařízení probíhá také výzkum v oblasti hydrokomor (Horák, 2014).

Podle **velikosti** se komory dělí na komory malé, které jsou jednomístné a mají objem 1 - 2 m<sup>3</sup>, dále se rozdělují na komory středního typu s objemem 4 - 8 m<sup>3</sup> a komory velké, jejichž objem se pohybuje v řádu desítek m<sup>3</sup> (Harch, McCullough, 2009).

U hyperbarických zařízení jsou známy tři hlavní **způsoby** jejich **plnění**. Malé jednomístné komory jsou plněné čistým kyslíkem. Vícemístné střední a velké komory jsou plněné vzduchem. Dekompresní a experimentální komory se plní směsí plynů nitrox, trimix a hydrox (MnOF, 2017). Existují i komory pro velmi vysoké tlaky, které se plní směsí kyslíku a hélia s názvem heliox. V hyperbarické medicíně jsou známy také hydrobarokomory, které jsou plněné vodou (Harch, McCullough, 2009).

Podle **počtu míst** se komory dělí na jednomístné a vícemístné. Existuje zde spousta odlišností, které budou následně uvedeny (Městská nemocnice Ostrava, 2017).

**Jednomístné** komory jsou nejčastějším typem komor. Můžeme v nich umístit jednu osobu, ve výjimečném případě nemocné dítě s rodičem. Jsou vyrobeny z ocele a průhledného akrylátu. Jejich stavba ve většině případů umožňuje odolávat tlaku přibližně 3 ATA. Na rozdíl od jiných typů se jednomístné komory celé plní kyslíkem, takže není potřeba další dýchací techniky pro klienta. Není nutná maska, zakrývající dýchací cesty, čehož se využívá s výhodou v intenzivní péči (Harch, McCullough, 2009). Emergentní léčba však probíhá (z důvodu limitujícího přístupu doprovodného ošetřujícího personálu k pacientovi) v omezeném rozsahu, což je v případě nezbytné intervence nevýhodné. Stejně tak je nevýhodou, že plnění komory kyslíkem zvyšuje riziko vzniku požáru. Naopak výhodou spočívá v izolaci pacienta, čehož se hojně využívá u léčby infekcí, u pacientů s poruchou obranyschopnosti nebo při léčbě dětí. V případě prosklených komor je snadné pozorovat změny zdravotního stavu pacienta. Klient má také v komoře dostačující soukromí (Horák, 2014).

Jednomístnou komoru je možno vybavit speciálními přírubami, které umožňují umístění komunikačního prostředku mezi pacientem a odbornou obsluhou, invazivní i neinvazivní monitoring, umělou plicní ventilaci a podávání infuzí. Pro provoz jednomístných zařízení neexistuje závazná zákonná norma (ČSHLM, 2017).

**Vícemístné** hyperbarické komory jsou zkonstruovány až pro 20 klientů. Léčba většího počtu pacientů najednou je hlavní výhodou. Tyto komory jsou tlakované medicínálním vzduchem, proto je zde nižší riziko vzniku požáru. Ve většině případů v nich lze

dosáhnout tlaku až 6 ATA, co je vyšší hodnota tlaku než v jednomístných komorách. Po fázi komprese začíná pacient inhalovat kyslík z kyslíkové masky (Harch, McCullough, 2009). Je možná také realizace léčby, při níž musí být přítomen lékař nebo sestra. Dále existuje možnost léčby, která vyžaduje použití speciálního diagnostického či terapeutického vybavení jako UPV, endotracheální odsávání, monitoring a resuscitační pomůcky. Vhodným příkladem jsou hyperbarické komory v Amsterdamu či Grazu, v níž je umístěn i operační sál (Horák, 2014).

HBO komory se podle **mobility** rozdělují na komory transportní a stabilní. Zkonstruovány jsou modifikace mobilních jednomístných i vícemístných hyperbarických komor (Horák, 2014).

Jednou z variant mobilních jednomístných komor je tzv. *Gamow back*. Jedná se o skládací přenosnou komoru, kterou lze s výhodou použít přímo na místě k léčbě akutní výškové nemoci. Novější verzí je mobilní komora s názvem Chamberlite, která se používá k akutní léčbě u intoxikace oxidem uhelnatým a u dekompresní nemoci (Harch, McCullough, 2009).

I u vícemístných komor jsou známy mobilní modifikace. První takové přenosné zařízení bylo zkonstruováno v Japonsku. Jednalo se o obdobu autobusu, který byl schopen po komunikacích dorazit na místo, kde byla akutně vyžadována příslušná hyperbarická léčba. Využívají se také ve výzkumu či ve vojenské medicíně (Horák, 2014).

#### ***1.4.2 Princip fungování a způsob aplikace kyslíku***

V principu fungování je nutno odlišit princip fungování v jednomístné a vícemístné komoře. Rozdíl souvisí se způsobem plnění jednotlivých druhů zařízení. **Jednomístná** komora je plněna kyslíkem, který pacient dýchá přímo z prostředí uvnitř komory a nepotřebuje k tomu tedy navíc žádné kyslíkové těsnící masky nebo jiné přídavné lékařské vybavení (Langrová, 2009). U jednomístných komor jsou k provozu kladeny minimální prostorové, technické a technologické požadavky. Všechny její součásti se snadno instalují a zapojují. Personál vše může snadno obsluhovat, bez rizika dekompresního onemocnění. Oproti vícemístnému zařízení má komora nižší pořizovací i provozní náklady. Můžou se zde léčit děti či nespolupracující dospělí s kvalitativní poruchou vědomí, kteří ve vícemístném zařízení netolerují naprosto těsnou masku na obličej (MnOF, 2017).

Komora **vícemístná** se nejčastěji plní vzduchem z kompresorů. Reálnou možností je vypouštění vzduchu z vzdušníků, což jsou nádoby, ve kterých je medicínální vzduch skladován a vysoce tlakován. Posléze je z nich vypouštěn do komory. Výhoda spočívající v rychlejší naplnění komory se využívá při léčbě dekompresní choroby u klientů po potápěčských nehodách. Příprava medicínálního plynu musí splňovat přísné evropské normy, a tak je vzduch potřebně upravován použitím filtrace a mikrofiltrace. Přívod kyslíku (inspirační ventil) si klient otevře vlastním nádechovým úsilím z regulátoru nádechu, čemuž se odborně říká dýchací automatika. Dýchá vždy z těsnící kyslíkové masky. Proces výdechu se odehrává přes regulátor, který směřuje výdechový plyn skrze potrubí a speciální zařízení ven z komory. Tento systém se označuje jako overboard dumping. Dodržení tohoto principu je nezbytné, protože případné zvýšení koncentrace kyslíku v prostředí komory by mohlo vést k navýšení rizika vzniku požáru. V moderních hyperbarických zařízeních se setkáte s minimálním nádechovým i výdechovým odporem. Léčba je řízená digitálně počítačem, který ovládá operátor. Tento příslušník je technickým pracovníkem obsluhy hyperbarické komory (Hájek, Langrová, 2009).

Další možností podávání kyslíku je kontinuální dodávka průtokovým **flow systémem** z tzv. kyslíkové helmy - Oxygen Hood, která se nasazuje na hlavu a utěsňuje manžetou kolem krku. Malým dětem lze kyslík podat pomocí dětské modifikace anesteziologického systému. Pacienti s akutní indikací v bezvědomí jsou při HBO terapii ventilováni ventilátorem na UPV přes orotracheální či tracheostomickou kanylu (Městská nemocnice Ostrava, 2017).

### ***1.4.3 Vybavení a lékařská technika***

Základní lékařskou technikou je vybavení na inhalaci kyslíku. Ve vícemístných komorách se používá jako prostředník inhalace **kyslíková těsnící maska**. Bezpodmínečně musí splňovat parametry jako těsnost. Tento aspekt je důležitou ochranou před únikem kyslíku do HBO komory. Masky musí perfektně sedět na obličejí léčeného klienta, a tak by ani neměly působit diskomfortně. V současnosti se používají silikonové či gumové kyslíkové masky. Masky musí být napojené na speciální okruh, který zajišťuje přívod čistého kyslíku a odstraňování odpadních produktů dýchání (Horák, 2014).



Pro klienty v intenzivní péči a pro pacienty s respiračním selháním musí být vždy dostupné **respirátory a ventilátory** pro zajištění UPV. I Pro tato zařízení, která aplikují HBO u akutních stavů, platí objemová i funkční stabilita v hyperbarických podmínkách a absence elektronických součástí uvnitř komory (Horák, 2014).

V oblasti diagnostiky v podmínkách hyperbaroxie lze využít velký rozptyl **diagnostického vybavení**. Z důvodu absence elektronických součástí, jejichž interakce s prostředím by mohla vést ke vznícení, většinou nelze využít tuto techniku v jednomístných komorách plněných kyslíkem. Základem diagnostické techniky je měření pulzní oxymetrie pomocí transkutánního pulzního oxymetru – TcpO<sub>2</sub>. Neinvazivně tak monitorujeme saturaci periferní krve. Standardně dostupné by také mělo být vybavení ke sledování elektrických projevů organismu jako elektroencefalograf - EEG a elektrokardiograf - EKG. Zařízení na sledování krevních plynů a glykémie nejsou běžnou součástí lékařské výbavy v HBO (ÚLZ Praha, 2018).

Dle Hájka (2017) můžeme do kategorie **dalšího vybavení** zařadit lékařskou techniku pro kardiopulmonální resuscitaci – defibrilátory, pomůcky k zajištění dýchacích cest, dále močové katetry či infúzní sety. Vybavení komory musí vždy odpovídat spektru léčených pacientů.

#### **1.4.4 Dostupnost**

V České republice se metoda prakticky aplikuje na 13 pracovištích. V provozu je dále 10 potápěčských dekompresních nebo výcvikových komor v rámci záchranných složek armády, policie, hasičského sboru nebo Báňské záchranné služby. V ČR fungují také 3 experimentální pracoviště v Plzni, Olomouci a Ostravě (Němec, 2016).

Dostupnost péče pro klienta s chronickou indikací je v Čechách přiměřená až dostačující, neboť zde existuje 12 zařízení. Problematika nedostupnosti metody, logistických problémů při zajištění léčby a transportu do HBO centra se aktuálně řeší na území Moravy. Dostupnost péče o pacienty na území Moravy v porovnání s územím Čech není dostatečně zajištěna. Dle výsledků z hyperbarických center ČR jsou pacienti z území Čech k HBO indikováni 7× častěji než klienti na Moravě. Navíc ošetření všech mimorajonních pacientů je z kapacitních a logistických důvodů (souvisejících s několika týdenní terapií) prakticky nemožné (Růžička, et al., 2009). Dalšímu rozšiřování kapacit na Moravě není nakloněna VZP s chybně podloženou argumentací, že všechny indikované pacienty z tohoto regionu obsáhne pracoviště v Městské

nemocnici v Ostravě. V současnosti zájem o léčbu v tomto centru převyšuje kapacitu hyperbarické komory a kapacity příslušných oddělení určených pro hospitalizaci klientů. Existuje však zákonná a konkrétní snaha zřídit další hyperbarická centra na území Moravy v Brně a ve Zlíně (Hájek, Koliba, 2011).

### ***Přehled***

V **příloze č. 4** je uveden grafický přehled jednotlivých léčebných center hyperbarické oxygenoterapie na území ČR k 1. srpnu 2016. Akutní stavy klientů na území Čech a Moravy se nejčastěji léčí v centrech v Ústí nad Labem, Kladně a Ostravě. Tato centra disponují potřebným vybavením, kapacitou a odpovídající odborností pracujícího personálu ke zvládnutí potenciálních krizových stavů a komplikací. Další hyperbarická centra se jmenovitě nacházejí v Pardubicích, Liberci, Plzni, Mostu, Hostinné, Českých Budějovicích, Hronově a 3 x se zastoupením v Praze – FN Praha, ULZ Praha, Praha Nemocnice Na Homolce (Němec, Hájek, 2016).

### ***1.5 Kyslík***

#### *Vliv kyslíku a oxidu uhličitého na lidský organismus*

Krevní plyny vyvolávají u člověka svým působením na organismus různé fyziologické nebo patologické stavy. Některé veličiny jako množství, parciální tlak či fyziologický stav organismu nám určují, jaký stav v souvislosti s krevními plyny O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> v lidském organismu nastal. Hodnota parciálního tlaku kyslíku nám udává množství kyslíku v krvi. Pokud se jeho hodnota pohybuje ve fyziologickém rozmezí 9,9 – 14,4 kPa, tak se jedná o normoxémii. Člověk při tomto stavu má ideální hladinu kyslíku v krvi. Patologický stav hypoxémie je přítomen při hodnotách PO<sub>2</sub> nižší než 9,9 kPa. Stav při hodnotách PO<sub>2</sub> vyšších než 14,4 kPa nazýváme hyperoxémií. Častěji řešíme patologický stav označovaný jako **hypoxie**, který se vyznačuje nižším množstvím kyslíku v celém organismu nebo v některé z jeho částí, nikoliv jen v krvi. Hypoxický pacient má sníženou hladinu parciálního tlaku kyslíku v organismu. Tzv. parciální tlak CO<sub>2</sub>, tedy množství oxidu uhličitého v krvi se pohybuje v rozmezí 5,3 ± 0,5 kPa. Vyšší hodnota se označuje jako hyperkapnie, nižší pak jako hypokapnie (Silbernagl, et al., 2016).

Dalším z patologických stavů u krevních plynů se nazývá **Hyperoxie**. Parciální tlak kyslíku při něm překračuje horní hranici fyziologické hladiny pro PCO<sub>2</sub>. S hyperoxií se

setkáváme při HBO, kde se využívá její terapeutický efekt. Jejím následkem dochází k oslabení transportní funkce hemoglobinu na kyslík i oxid uhličitý. Tento jev je založen na tzv. **Haldaneovém efektu**, kdy afinita kyslíku na Hb způsobí změnu disociační konstanty barviva a to se stává silnější kyselinou. Dochází ke snížení vzájemné vazby Hb na CO<sub>2</sub> a ke zvýšení uvolňování protonů. Zvýšený tlak kyslíku působí na karotická a aortální tělíška inhibičně. Hyperoxie také vede k depresi ventilace. Dále působí na myokard, kde se projevuje snížením srdečního výdeje a bradykardií. Na zvýšení PO<sub>2</sub> v organismu reagují vazokonstrikčně cévy centrálního řečiště srdce, plic a mozku. Na buněčné úrovni zpomaluje proces buněčného dýchání a aktivitu enzymů, které obsahují –SH skupinu. Následkem toho dochází k nárůstu tvorby reaktivních forem kyslíku (Kittnar, 2011).

### ***1.5.1 Efekt hyperbarické hyperoxie a hyperoxygenace***

*„Samotné účinky vyšších tlaků při hyperbaroxii se projevují v oblasti stlačitelnosti plynů, jejich rozpustnosti a difúzi v tělesných tekutinách a změně jejich fyzikálně-chemického chování při vyšších parciálních tlacích“* (Městská nemocnice Ostrava, 2017, s. 1). Podrobněji principy účinků hyperbaroxie uvádí Henryho zákon. Na jeho podkladu dochází k navýšení množství rozpuštěného kyslíku v krvi, dále prodloužení difúzní vzdálenosti mezi kapiláry a tkáněmi se zvýší až o čtyřnásobek. Ve srovnání s dýcháním vzduchu v běžném prostředí za normobarických podmínek množství difundovaného objemu kyslíku do tkání roste desetinásobně. Procesem hyperoxygenace zvyšujeme při hyperbarické terapii nabídku a dostupnost kyslíku v krvi i v tkáních. Tento fakt graduje ve velké množství efektů nejen v oblasti transportu a metabolismu kyslíku, ale také na kardiovaskulární, respirační, nervový a imunitní systém, metabolismus, genetickou a enzymatickou výbavu. Tyto efekty jsou jedinečné a často jinou medikací či lékařskou metodou nenahraditelné (MZ ČR, 2010).

Při detailnějším přiblížení efektů během terapie dochází k vazokonstrikci zdravé tkáně, čímž se krevní tok nasměruje do tkáně hypoxické. Krevní průtok se tedy ve tkáních sníží až o 20 %. Toho se využívá v léčbě tkáňového otoku. Byly vědecky prokázány četné efekty hyperoxie a hyperoxygenace ve vztahu k infekci a systémové zánětlivé odpovědi. V podmínkách hyperbaroxického prostředí se produkují reaktivní kyslíkové substance. Tento fakt má v našem organismu vliv na metabolismus mikrobů. Další nesporné výhody Hájek a Koliba (2011) shledávají v oblasti imunologie. Zesílením respiračního burstu leukocytů se zkvalitní proces fagocytózy a celkové imunity. To

znamená, že kombinace prudkého zvýšení spotřeby kyslíku a vytváření reaktivních kyslíkových substancí zapříčiní usmrcení fagocytovaných bakterií. Některé antimikrobiální látky potřebují ke správnému fungování adekvátní parciální tlak, což tato oxygenoterapie zajišťuje. Byl vědecky doložen efekt součinnosti HBO s působením antibiotik jako sulfonamidy a aminoglykosidy. Vědecké práce, v souvislosti s baktericidním efektem vůči striktním anaerobním bakteriím a zastavením tvorby alfa toxinu bakterie *Clostridium perfringens*, byly také popsány. U anaerobních bakterií tlumí hyperoxie produkci toxinů jejich metabolismu. HBO způsobuje downregulaci prozánětlivých cytosinů (Hájek, Koliba, 2011).

Novodobé vědecké studie hyperbarické oxygenoterapie potvrdili stimulaci neovaskularizace či vaskulogeneze. Při tomto ději dochází k mobilizaci progenitorových kmenových buněk z kostní dřeně. Buňky se poté usadí v místě rány a diferencují ve vaskulární buňky. HBO, zvýšením hladiny NO v kostní dřeni tzv. eNOS efektem, zvyšuje 8 x hladinu autologních vaskulogéních kmenových buněk v krvi. Dále HBO stimuluje růst a diferenciaci kmenových buněk. Tento efekt se odborně nazývá homing, což doslovně znamená usídlení kmenových buněk. Dále je stimulována angiogeneze, fibroblastová proliferace a tkáňová reparace (Milovanova, et al., 2009). Léčebná metoda dále posiluje a urychluje granulaci, epitelizaci a demarkaci mezi nekrotickou a živou tkání. Zvýšená stimulace těchto procesů vede dohromady k urychlenému hojení problematických ran (Thom, et al., 2011).

HBO má významný efekt na genové úrovni. Má vliv u signálního transduceru vůči DNA s regulací mnoha buněčných procesů u genů a enzymů. Tento efekt popisuje ovlivnění více než 8100 genů během 24 hodinové terapie. Tento efekt je významný v tom, že je navýšena aktivita genů enzymatických, protizánětlivých, protekčních, růstových, reparačních a také genů pro faktory a antioxidační proteiny. U prozánětlivých a proapoptických proteinů, faktorů a enzymů je genová aktivita naopak snížena (Godman, et al., 2010).

Byl prokázán pozitivní efekt na průběh ischemicko-reperfúzního fenoménu v souvislosti se snížením lipidové peroxidace. Dochází také ke zmírnění projevů patologických stavů systémové zánětlivé odpovědi, multiorgánové dysfunkce, septického šoku a těžké akutní pankreatitidy (MnOF, 2017). Při použití tlaku do 2 ATA při terapii je zjevné

zlepšení deformability erytrocytů, zvýšení aktivity osteoklastů a utlumení časného stádia apoptózy (Rozložník a kol., 2016).

### **1.5.2 Práce s kyslíkem v přetlaku - metodické pokyny**

Aplikaci kyslíkové terapie v hyperbarickém centru je nutno provádět dle indikace lékaře. Nelze nebrat na vědomí jeho pokyny. Koncentraci, průtok a délku léčby stanoví lékař podle zdravotního stavu klienta a typu onemocnění. Hodnotu tlaku v léčebném zařízení a míru dávkování upravuje příslušný lékař podle klinického nálezu pacienta (Hájek a kol., 2017).

Určitá doporučení k inhalační terapii v hyperbarické komoře k jednotlivým klinickým stavům na základě současných vědeckých poznatků jsou uvedena dále. Hyperbarická oxygenoterapie se provádí při tlacích vyšších než 1 ATA. Obvykle se klienti léčí kyslíkem ztlačeným na 2 – 3 ATA (EMA, 2016).

Každá inhalace se pohybuje v časovém rozmezí 45 – 300 minut. Délku určuje lékař dle druhu indikace k terapii. U akutních stavů někdy stačí 1 – 2 léčebná sezení. U pacientů s chronickými obtížemi může trvat léčba více než 30 expozicí. Pokud to zdravotní stav vyžaduje, inhalace lze opakovat 2 – 3 x denně (EMA, 2016).

U terapie **intoxikace oxidem uhelnatým** je nutné podání 100 % co nejdříve po expozici CO a následné otravě. Terapie musí pokračovat, dokud koncentrace karboxyhemoglobinu neklesne pod nebezpečnou hodnotu 5 %. Kyslík je nutno podat ve vysokých 100 % koncentracích. Hyperbarický kyslík ztlačený nad 3 ATA je přednostně indikován u pacientů s akutní otravou CO nebo po jeho vystavení po dobu delší než 24 hodin. HBO je u této intoxikace zásadní pro těhotné, pro klienty v bezvědomí, nebo pokud mají vyšší koncentraci karboxyhemoglobinu v krvi. Upozorňuje se na inhalaci normobarického kyslíku mezi opakovanými inhalacemi. Tyto postupy mohou zvyšovat toxické účinky kyslíku. Kyslík v hyperbarickém prostředí v nízkých dávkách je vhodné aplikovat při opožděné léčbě intoxikace oxidu uhelnatého (Hájek, Chmelař, 2011).

Jednotlivé expozice u terapie postižených **kesonovou nemocí** by měly být krátké. Doporučuje se nastavení tlaku kyslíku na hodnotu 2,8 ATA. Pokud přetrvávají příznaky onemocnění, je možné inhalaci opakovat až desetkrát (EMA, 2016).

Jednotlivé expozice u léčby hyperbarickým kyslíkem u klientů se **vzduchovou embolií** by měly být provedené rychle. Doporučuje se nastavení tlaku kyslíku na hodnotu 2,8

ATA. Pokud přetrvávají příznaky onemocnění, je možné inhalaci opakovat pětkrát až desetkrát. Dávkování vdechované směsi se upravuje podle klinického stavu pacienta. Snažíme se o cílové hodnoty krevních plynů PaO<sub>2</sub> nad 8 kPa a saturaci hemoglobinu v krvi nad 90 % (EMA, 2016).

Hyperbarická oxygenoterapie u klientů při poškození zdraví ozářením s projevy **osteoradionekrózy** se obvykle skládá z 90 - 120 minut dlouhé oxygenoterapie při tlaku vdechované směsi v rozmezí 2,0 - 2,5 ATA. Pacienti dochází do hyperbarického centra na sedení po dobu zhruba 40 dní (EMA, 2016).

Pokud pacient onemocní **klostridiovou myonekrózou**, dostane doporučení v podobě 90 minut dlouhé inhalace hyperbarického kyslíku stlačeného na hodnotu 3 ATA během prvních 24 hodin. Poté klient dochází na terapie dvakrát denně po dobu 4 – 5 dnů, dokud se jeho klinický stav nezlepší (EMA, 2016).

## ***1.6 Vybrané klinické stavy pro léčbu hyperbarickým kyslíkem***

### ***Vzduchová (plynová) embolie***

Následky plynové embolie vyplývají z barotraumatu plic expanzí vzduchu při zadržení dechu nebo tzv. air trappingem, což znamená, že člověk pohltní části vzduchu v plicích okrcích během rychlého snížení okolního tlaku. Tento proces nejčastěji nastává při vynořování během potápění (Skoumal, et al., 2017).

### ***Akutní traumatická ischémie***

Tato problematika souvisí s rozsáhlým drtivým poraněním. Jde o traumatické poškození kostí, cévní a nervové tkáně a měkkých tkání. Tyto typy poranění mají značnou míru komplikací. Jednou z nich je masivní posttraumatický otok, který má škodlivý efekt na hojení a kontrolu infekce v postižené části těla. V tomto případě je zvýšené riziko vzniku compartment syndromu, který se vyznačuje útlakem měkkých tkání s rizikem tkáňové hypoxie. Při včasném neřešení problému může dojít k nekróze tkáně a dalším obtížím. Důsledkem je nedostatečné dodání kyslíku do tkání ke splnění metabolických požadavků, prograduje v buněčnou dysfunkci a následně k buněčné smrti (Hájek, 2014).

Využití hyperbaroxie u pacientů s drtivým poraněním končetin se v dnešní době považuje za významnou součást léčby. Ve většině vyspělých států je hyperbarická léčba standardně indikována jako součást léčby těchto poranění. V zahraničí i v ČR se

potvrdila vysoká četnost použití hyperbaroxie v léčbě drtivých poranění končetin zejména u otevřených zlomenin a traumatických amputací. Tato metoda v rámci komplexní léčby spolu s chirurgickou a antibiotickou léčbou přispěla k urychlení léčby, snížila počty reoperací a amputací. Také snížila počet závažných infekcí u těchto stavů (Madeja, 2016).

### ***Dekompresní nehoda***

Dekompresní onemocnění vzniká při rychlém poklesu tlaku v okolním prostředí, kdy organismus reaguje na přítomnost inertního plynu ve formě bublin. Rychlé nebo nezvládnuté dekomprese mohou zapříčinit tkáňovou supersaturaci nebo tvorbu extravaskulárních a intravaskulárních plynových bublinek. Bublíny plynu mechanicky utlačují tkáň nebo embolizují venózní řečiště (Novotný, et al., 2011).

U klientů s dekompresní nemocí se terapeuticky využívá hlavně fyzikální působení tlaku v hyperbarické komoře. Na podkladě Boyle-Mariottova zákona dochází ke zmenšení dusíkových bublin. Dále se uplatňuje fakt, že při terapii nedochází k dalšímu nárůstu dusíku, protože pacient inhaluje jen čistý kyslík. V léčbě se v současnosti používají doporučené terapeutické postupy ze schémat dle US Air Force (Horák, 2014).

### ***Otrava oxidem uhelnatým***

Během nedokonalého spalování látek vzniká parciální oxidací uhlíku vedlejší produkt tohoto metabolismu s názvem oxid uhelnatý. Silnou chemickou vazbou přilne ke krevním proteinům s následkem blokace jejich fyziologických funkcí. Pro intoxikaci CO je typický rozvoj kombinované tkáňové hypoxie. Dochází zejména k hypoxemické a histotoxické tkáňové hypoxii. Tyto mechanismy se vzájemně potencují (Chmelař, et al., 2011). Konkrétní doporučení související s terapií intoxikace CO je uvedeno v kapitole: *Práce s kyslíkem v přetlaku - metodické pokyny*.

### ***Nekrotizující infekce měkkých tkání***

Do této problematiky patří souhrn onemocnění, které se vyznačují extenzivní a rychle se rozvíjející nekrózou. Tato nekróza postihuje oblasti kůže, podkožních tkání, fascií a svalů. Nekrotické tkáňe můžeme lokalizovat především v oblastech břišní stěny a trupu, peritonea, krku a končetin. Z hlediska bakteriologie tkáňe postihují původci kmenů aerobních i anaerobních bakterií. Smíšený původce je méně četný. Do této problematiky zahrnujeme i chronické komplikace diabetu tzv. syndrom diabetické nohy (Hájek a kol.,

2017). Hyperbarická oxygenoterapie se pobyhuje na postu cenné doplňkové metody léčby vybraných diabetických ulcerací. Urychluje hojení, snižuje množství amputací o 25% a v dlouhodobém hledisku zvyšuje množství kompletně zhojených ulcerací (Hájek, Koliba, 2011).

#### *Efekt ve vztahu k nehojícím se defektům*

Při extrémní tkáňové hypoxii jsou nemožné pochody tkáňové reparace a velmi často dochází k problematickému hojení rány. Proces cyklování stimuluje vznik hypoxických i hyperoxických signálních efektů. Využití cyklování – střídání hypoxie a hyperoxie během léčby v komoře je velkou výhodou k zajištění optimálního průběhu hojení. Všechny tyto výhodné efekty jsou uvedeny v kapitole: *Efekt hyperbarické hyperoxie a hyperoxygenace* (Hájek, Koliba, 2011).

#### **Popáleniny**

Popáleninová poranění představují specifický druh agrese vůči organismu. Změna integrity kůže má pro svou rozsáhlost přímý vliv na funkci dalších orgánových systémů. Mortalita u popálenin je přímo úměrná hloubce a ploše popálení, současnému poranění respiračního aparátu a přidruženým patologickým stavům jako věk a celkový zdravotní stav postiženého pacienta. Doba hospitalizace je u tohoto stavu odhadována podle na 1 - 1,5 dne na každé 1 % povrchové plochy spálené kůže. Akutní péče zahrnuje 20 % z celkové ošetrovatelské péče v péči o popáleniny. Léčba pacienta s popálením 30 % povrchu těla bude trvat kolem jednoho roku. Součástí ošetrovatelského plánu takového pacienta bude po vzniku poranění 7 týdenní hospitalizace (Germonpre, 2016).

HBO přispěje v léčbě popálenin snížením otoku a extravazace krevní plazmy se zachováním mikrocirkulace v okrajových tkáních nebo v tkáních, kde nekróza nepoškozuje kůži ve všech vrstvách, což umožní přežití některých kožních elementů. Dle Germonpreho (2016) můžeme přispět dalšími HBO efekty jako zajištěním adekvátní oxygenace popálených tkání, stimulací neoangiogeneze, antibakteriálním efektem, ovlivněním ischemicko-reperfuzního poranění, pozitivním efektem na inhalační poranění a urychlením hojení. Těmito efekty můžeme přispět k snížení mortality a snížení nákladů na léčbu v dané zdravotnické problematice. Existuje určitá míra kontroverze vůči použití hyperbarické oxygenoterapie při léčbě popálenin z důvodu absence kvalitních kontrolovaných klinických studií. Nicméně na základě 10. konsensuální konference ECHM z roku 2016 jsou popáleniny 2. stupně a popáleniny



nad 20 % tělesného povrchu řazeny do indikací 3. typu. Jsou tedy zařazeny do kategorie volitelných indikací pro HBO.

### ***Akutní percepční ztráta sluchu***

Tato otologická příhoda se vyznačuje akutním a rychle progredujícím charakterem. Je způsobena poškozením hlemýžďe. Vznikla idiopaticky – zjevně s neznámou příčinou. U každého případu se zvažuje, jaká z možných příčin se ukazuje být reálnou. Uvažuje se vždy o cévních, virových či autoimunitních etiologiích. V medicíně založené na důkazech se léčba akutní percepční ztráty sluchu pomocí HBO hodnotí velmi pozitivně. Na základě těchto recenzí by se její implementace měla u této problematiky navyšovat (Hájek et al., 2015).

### ***Poškození CNS***

Pokud je centrální nervová soustava poškozena těžkým traumatickým poraněním mozku nebo hypoxicko-anoxickou encefalopatií, tak byl popsán pozitivní efekt HBO související se zmírněním projevů těchto poškození. V tomto případě metoda pozitivně působí proti apoptóze, přispívá k redukci edému mozku, zlepšuje integritu hematoencefalické bariéry a prokazatelně snižuje rozsah sekundárního mozkového poškození. Všechny tyto efekty jsou uvedeny v kapitole: *Efekt hyperbarické hyperoxie a hyperoxygenace* (Duda, et. al., 2012).

### ***Mimořádná krevní ztráta***

Tento patologický problém se vyznačuje ztrátou červené krevní řady z důvodu krvácení. Touto ztrátou dochází ke zhoršení potřebné dodávky kyslíku do tkání a může se rozvinout do hemoragického šoku. Pokud postižený klient nemůže být zahrnut z léčebných nebo náboženských důvodů do transfuzní terapie, tak mu okamžitá aplikace hyperbarické oxygenoterapie může zajistit krátkodobé přežití. Kromě HBO je nutné také dodání erythropoetin stimulujících látek ESA k urychlení neogeneze erytrocytů a hemoglobinu k substitučnímu uhrazení krevní ztráty (Kispisti, et al., 2009).

### ***Sepse***

Septický stav je komplexní syndrom, který je těžké definovat, diagnostikovat a léčit. Jde o komplexní reakci organismu proti infekci na subcelulární, celulární i orgánové úrovni. Obtíže spojené s diagnostikou a léčbou septických stavů vedly k vydání doporučení pro

diagnostiku a léčbu sepse s názvem **septické balíčky**. Balíčky byly vytvořeny s cílem minimalizovat počet u mortality pacientů s nejtěžšími formami sepse (Hyánek, 2016).

Součástí doporučení je fakt, že hlavním bodem terapeutických cílů jsou včasná diagnostika, určení lokalizace a eradikace zdroje sepse, časná ATB terapie, volumoterapie a vasopresorická podpora oběhu (Gotts, Matthay, 2016). Zdrojem sepse jsou u závažných stavů nekrotizující fasciitidy či plynaté sněti anaerobní či potencionálně anaerobní mikroorganismy. U těchto těžkých stavů se uplatňuje pobyt v hyperbarické komoře v rámci doplňkové léčby (Hyánek, 2016).

Pokud je HBO léčba indikována, tak z ní profitují klienti kriticky nemocní, závislí na přístrojové podpoře a agresivní léčbě. Jednomístná hyperbarická komora přináší do péče o vážně nemocného klienta jistá kapacitní i funkční omezení. Po dobu expozice je pacient mimo přímý dosah personálu, není u něj možné uskutečnit ošetrovatelské intervence, jsou omezeny možnosti monitorace, není možné aplikace infuzní terapie. Proto je třeba pracovat s těmito nedostatky a řešit je intenzivní přípravou pacienta na jednotlivé expozice s důrazem na hemodynamickou stabilizaci. Expozice při sepsi spočívá v 1 až 2 sezeních v délce 90 minut. V rámci 24 hodin péče o pacienta je pobyt v komoře natolik krátký, aby tato s pobytem spojená omezení oproti přínosu hyperbarické terapie pozbyla významu (Hyánek, 2016).

### ***1.7 Ošetrovatelská a lékařská péče***

Ve vyspělých zemích Evropy i ostatních kontinentů jsou klienti během léčebné terapie doprovázeni středním zdravotnickým personálem nebo ošetřujícím lékařem. Jejich úkol spočívá v edukování pacienta. Je třeba pacientovi nastínit, jak správně používat dýchací zařízení, jak správně provádět manévry vedoucí k vyrovnání tlaku ve středoušních dutinách. Nemalý význam má také psychická podpora klienta a kontrola správného průběhu kyslíkové terapie. Když je HBO aplikována u pacienta s akutní indikací, je třeba do léčebného procesu zahrnout i ošetrovatelské a léčebné intervence, jako jsou monitorace vitálních funkcí, obluha zdravotnických prostředků a přístrojů. Podle Hájka (2017) do těchto léčebných úkonů zařazujeme také podávání léků. I v hyperbarické medicíně má své opodstatnění důkladně vedená zdravotnická dokumentace. Stanovisko výboru České společnosti hyperbarické a letecké medicíny k vedení zdravotnické dokumentace na pracovišti hyperbarické oxygenoterapie je uvedeno v **příloze č. 5** (Křiška, 2009).

### **1.7.1 Technika provedení terapie**

#### *Personální vybavení pracoviště*

Vedoucí zařízení hyperbarické komory je vždy lékař, který musí splňovat některé podmínky. Musí mít za sebou řadu zkušeností v oboru hyperbarické medicíny, musí být dobře proškolený, detailně seznámený s problematikou hyperbarické medicíny a také musí splňovat požadavky odbornostní kvalifikace dle standardů schválených v roce 2004 na konferenci v Lille (Marroni, et al., 2008). K léčbě hyperbarickým kyslíkem může indikovat pacienta i praktický lékař, ambulantní specialista či lékař v nemocnici specializovaný v jakémkoli medicínském odvětví. Realizaci vlastní léčebné terapie poté domlouvá s lékařem určité barokomory. Před terapií postiženého vyšetří interní specialista. Neprodleně a pohotově jsou pak léčeni klienti v akutním zdravotním stavu spadající do kategorie akutních indikací k HBO. V zdravotní péči o pacienty se dále uplatňuje střední zdravotnický personál, který musí být dobře zaškolený v dané problematice. O vlastní komoru a její vybavení se starají technici. Ti mají na starost také bezpečnost v souvislosti s prací se zařízením. Je evidováno minimum potíží, které může ošetřující personál v hyperbarickém prostředí postihnout. Do kategorie nejčastějších zdravotních komplikací u personálu patří barotrauma uší a dekompresní nemoc. Potenciální riziko vzniku těchto stavů však existuje pouze za podmínek využití vysokého tlaku nad 6 ATA. S takovými tlakovými podmínkami se v komoře setkáváme jen v minimálním množství indikovaných případů (Horák, 2014).

#### *Technika provedení HBO*

Terapie většiny patologických zdravotních stavů je realizována za tlaku v rozmezí 1,5 – 2,5 ATA s dobou trvání přibližně 45 minut. Některé akutní terapie jsou jednorázové. U chronických afekcí léčba trvá několik týdnů a je zapotřebí absolvovat až desítky sezení. Hyperbarická terapie se skládá ze 4 hlavních fází. Ošetřovatelské úkony, jako jsou příprava pacienta, edukace, jeho umístění dovnitř zařízení, monitora a zajištění dýchacích cest jsou obsažené v **1. přípravné fázi** terapie. Zvyšování tlaku uvnitř komory na hodnoty, které jsou terapeutické pro daný patologický stav, probíhá v **2. kompresní fázi**. Inhalace kyslíku při stanoveném tlaku po určitou dobu je náplní **3. izokompresní fáze**. Na konec dochází v komoře k pozvolnému poklesu tlaku. Tímto dějem se vyznačuje **4. dekompresní fáze** (Horák, 2014).

Monitoring klienta během léčby musí být nezbytnou součástí terapie. Využívá se více druhů monitoringu. Pacient se sleduje vizuálně a to buď přímo u prosklených oken komory, nebo nepřímou, díky kamerovému systému. Dále se sleduje stav klienta zvukově. Proto musí být nutně v komoře instalován některý z komunikačních systémů. V monitoraci se také využívá více druhů diagnostického vybavení. Úroveň sledování klienta během terapie musí odpovídat typu onemocnění a jeho aktuálnímu stavu (ČSHLM, 2017).

### ***1.7.2 Léčba v intenzivní péči a urgentní medicíně***

V některých klinických situacích u klientů s rizikem selhání vitálních funkcí může hrát tato metoda zásadní roli. V těchto případech může být nenahraditelná žádnou jinou metodou či lékařským postupem. U jiných patologických stavů je využívána v rámci intenzivní péče jako metoda doplňková. Zde je součástí komplexní léčby. Doplňuje farmakoterapii, či chirurgickou léčbu, přičemž zlepšuje funkční výsledky, morbiditu a snižuje mortalitu u závažných stavů. Hyperbarická oxygenoterapie je s urgentní medicínou úzce propojena (Hájek a kol., 2017).

Během léčby v hyperbarické komoře je nutné klienty zajistit speciálně vyškoleným personálem. Vícečlenný doprovod je povolán v případě oběhové nestability pacienta či nutnosti umělé plicní ventilace. Pro terapii v režimu intenzivní péče platí určitá pravidla. Dle metodologie ECHM jsou u kriticky nemocných klientů vyčleněny akutní indikace s doporučením I. typu. Jedná se o indikace, které představují **silné doporučení** k aplikaci HBO během celkové léčby. U těchto závažných indikací se za předpokladu využití metody očekává jasný profit. Kvůli technickým a organizačním záležitostem je v tomto režimu léčba rizikovější, než u relativně stabilizovanějších stavů. V emergentních případech se vždy zvažuje poměr rizika a možných výhod pro pacienta. Dále se rozhoduje, jak moc je velké nebezpečí narušení určitého léčebného postupu na JIP např. chvilkové přerušení renálních eliminačních metod. Implementace k léčbě v hyperbarickém prostředí by měla být v intenzivní péči interdisciplinárním rozhodnutím (Hájek, 2014).

### ***1.7.3 Léčba u dětí***

Lékaři základních i nadstavbových pediatrických oborů, jako jsou dětský kardiolog, dětský onkolog a hematolog, dětský chirurg a ortoped nebo dětský intenzivista, se

mohou setkat se situací, kdy bude třeba zvážit nasazení terapie hyperbarickým kyslíkem do jejich léčebného programu (Hájek a kol., 2017).

Obecně se indikační seznam klinických stavů u dětských pacientů neliší od indikačního spektra u dospělých. Stejně jako u dospělých se i u dětí typicky objevují velmi závažná onkologická onemocnění, jako neuroblastom nebo meduloblastom. Pro dětský věk jsou typické hlavně v letních měsících indikace některých druhů úrazů a tonutí v batolecím a předškolním věku. Poměrně často se děti potýkají překvapivě s percepční ztrátou sluchu a sluchovými šelesty. Setkáváme se u nich také s jinými obtížemi zapadajícími do specializace ORL. Dále existují zcela specifické pediatrické indikace k HBO, jako jsou autismus, dětská epilepsie či dětská mozková obrna. Tyto indikace se ale řadí do seznamu *off label* indikací, protože jejich efekt kvůli chybějícím přesvědčivým a kvalitním vědeckým důkazům nemůžeme ověřit (Frawley, et al., 2013).

### ***1.8 Odborné společnosti a orgány hyperbarické medicíny***

Pouze v několika evropských zemích platí legislativní pravidla a nařízení, týkající se provozu hyperbarických komor, především s ohledem na technické a bezpečnostní aspekty (Městská nemocnice Ostrava, 2017).

Existují jen některé státy v Evropě, v kterých jsou uzákoněna pravidla a nařízení v souvislosti s provozem hyperbarických komor. Tyto legislativní předpisy by měli být zaměřeny na technické a bezpečnostní aspekty, dále předpisy upravující personální požadavky s ohledem na minimální vzdělání, školící trénink a průběh léčebného procesu u chronických i akutních indikací (MnOF, 2017).

V květnu 2004 byl zveřejněn společností ECHM celoevropský protokol s názvem *European Code of Good Practice*, který byl publikován díky specialistům hyperbarické medicíny z mnoha zemí. Měl by být základním dokumentem pro evropské země s ohledem na léčebná doporučení během praxe v hyperbarické medicíně, s ohledem na určité zásady při práci, regulace a standardy. Schéma správné praxe pro léčbu hyperbarickým kyslíkem podle evropského kodexu je uvedena v **příloze č. 6** (Mathieu, et al., 2011).

V České Republice nebyla dosud přijata legislativa, která by usměrňovala činnost v hyperbarické medicíně. V roce 2004 po přijetí zákona č. 095/2004 Sb. se hyperbarická medicína stala samostatným medicínským výukovým oborem. Z tohoto důvodu byla

koncem roku 2004 založena odborná společnost s názvem Česká společnost hyperbarické a letecké medicíny ČSHLM. Tato společnost řeší veškeré kompetence a odpovědnost za rozvoj oboru v ČR. Aktuální problematikou společnosti je řešení dohodovacího řízení s VZP, které se týká prosazení změny indikačního seznamu, stanovení bodového hodnocení výkonů, vypracování vzdělávacího a akreditačního systému, navázání spolupráce s vědeckými a výzkumnými programy v zahraničí. Dalším cílem je vybudování hyperbarických center s vícemístnými komorami v současných fakulních nemocnicích s napojením na oddělení s intenzivní péčí. Hyperbarická medicína se často potkává s patologickými stavy týkající se potápěčské problematiky. Společnost se proto snaží klást větší důraz na spolupráci s jednotlivými potápěčskými svazy. S nimi chce řešit tematiku legislativy, systému péče, prevence a kontrol profesionálních i amatérských potápěčů (ČSHLM, 2017).

V **České Republice** působí a spolupracují v oboru hyperbarické medicíny společnosti ČSHLM, Česká společnost pro léčbu rány, Strany potápěčské, Svaz potápěčů České republiky. V **celoevropském** působení hyperbarickou medicínu zastupují společnosti ECHM a EUBS. V **USA** fungují v oboru hyperbarické medicíny společnosti UHMS a ACHM. V **Kanadě** se hyperbarickou medicínou zabývá organizace Health & Santé Canada. V **Austrálii a Oceánii** se problematikou hyperbaroxie zabývají společnosti SPUMS a HOLLT (MnOF, 2017).

## **2. Cíle práce a výzkumné otázky**

### **2.1 Cíle práce**

Cíl 1: Zjistit zkušenosti s hlavními pozitivními důsledky HBO pro klienta se závažným zdravotním stavem.

Cíl 2: Zjistit zkušenosti s častými komplikacemi hyperbaroxické oxygenoterapie u pacienta s akutní indikací.

Cíl 3: Zmapovat, jaké jsou ošetrovatelské intervence u pacientů s akutním postižením zdraví při HBO.

Cíl 4: Vyzkoumat, jaká jsou specifika léčebně-ošetrovatelského procesu v hyperbarickém prostředí u intenzivní péče o pediatrické pacienty.

Cíl 5: Zmapovat, jaká specifika má hyperbarické vybavení a lékařská technika oproti standardnímu vybavení na JIP a standardních odděleních.

Cíl 6: Zjistit, jak se uvnitř hyperbarické komory předchází vzniku nozokomiální infekce.

Cíl 7: Zjistit, jaké faktory mohou u ošetrujícího personálu zvyšovat riziko stresu a míru chybovosti během léčebně-ošetrovatelského procesu.

### **2.2 Výzkumné otázky**

- 1) Jaké hlavní zdravotní profity může získat klient se závažným zdravotním stavem léčený metodou HBO?
- 2) Jaké jsou časté komplikace hyperbaroxické oxygenoterapie u pacienta s akutní indikací?
- 3) Jaké jsou ošetrovatelské intervence u pacientů s akutním postižením zdraví při HBO?
- 4) Jaká jsou specifika léčebně-ošetrovatelského procesu v hyperbarickém prostředí u intenzivní péče o pediatrické pacienty?
- 5) Jaká specifika má hyperbarické vybavení a lékařská technika oproti standardnímu vybavení na JIP a standardních odděleních?
- 6) Jak se uvnitř hyperbarické komory předchází vzniku nozokomiální infekce?
- 7) Jaké faktory mohou u ošetrujícího personálu zvyšovat riziko stresu a míru chybovosti během léčebně-ošetrovatelského procesu?

### 3. Metodika

#### 3.1 Použité metody

Za účelem naplnění cílů této bakalářské práce bylo realizováno kvalitativní výzkumné šetření. Technikou sběru dat byl individuální, polostrukturovaný rozhovor s připravenými okruhy otázek. Data byla sbírána také z kazuistik pacientů s akutní indikací k léčbě HBO. Výzkumné soubory tvořily sestry a lékaři působící v hyperbarické komoře, se kterými byly provedeny rozhovory a také pacienti s akutní indikací pro HBO terapii, kteří byly v komoře léčeni. Informace od klientů léčených na hyperbarickém pracovišti jsme získali formou kazuistik. Kazuistiky byly sestavené tak, že byla analyzovaná zdravotnická dokumentace. Pro doplnění informací probíhala analýza dat z kazistik akutně léčených pacientů. Výzkum byl realizován v Centru hyperbarické medicíny v Mětské nemocnici v Ostravě a na soukromém pracovišti v hyperbarické komoře společnosti Kübeck, s.r.o. v Kladně. Obě uvedená centra se každoročně setkávají s více případy léčby pacientů s akutními zdravotními stavy a o tuto problematiku se zajímají. Hlavně proto bylo předmětem snažení domluvit si spolupráci právě s nimi. Po oslovení a vysvětlení podstaty výzkumu souhlasila s šetřením obě pracoviště. Po domluvě se staniční sestrou Centra hyperbarické medicíny v Ostravě byla zpracována formální žádost k realizaci výzkumného šetření viz **příloha č. 7**, která byla po odeslání vedení MnOF vyhověna. Na pracovišti v Kladně proběhla telefonická domluva s vedoucím lékařem hyperbarické komory. Takže k realizaci výzkumu na kladenském pracovišti stačila pouze ústní žádost. Před provedením rozhovoru byli sestry a lékaři informováni o anonymitě publikovaných výsledků a také o tom, že všechny získané informace budou použity pouze za účelem zpracování bakalářské práce. Výzkum v Ostravské nemocnici proběhl 7. 11. 2018 a druhá část výzkumu proběhla na kladenském pracovišti 18. 12. 2018.

Hlavní část výzkumného šetření se skládala z rozhovorů, z kterých bylo obdrženo největší procento informací. Proběhly celkem 4 rozhovory se 4 respondenty. Byla použita technika otevřeného kódování tužka – papír. Při čtvrtém rozhovoru už se odpovědi (v porovnání s předchozími třemi rozhovory) začaly opakovat a výpověď už nepřinášela téměř nic nového. V rámci naplňování výzkumných cílů tedy došlo k nasycení souboru, a tak pátý rozhovor nebyl realizován. Respondenti se snažili se mnou průběh rozhovoru korigovat tak, aby zazněly k daným výzkumným otázkám



výpovědi se všemi důležitými informacemi. Sami dokonce nabídli zpětné doplnění některých informací, pokud by to průběh výzkumu vyžadoval. Bylo vytvořeno 7 kategorií výsledků rozhovorů, které byly sestaveny chronologicky dle zkoumaných cílů. Jako vedlejší zdroj při sběhu dat byly využity informace z 9 kazuistik akutně léčených pacientů. Z analýzy dat z případových studií byl vytvořen souhrn v podobě seznamu, v kterém jsou uvedeny pozitivní efekty, komplikace a negativní důsledky léčby.

Představení obou hyperbarických komor, charakteristika pracovišť v současnosti, popsání organizace centrem, či konkrétní příklady pracovních postupů při HBO jsou uvedeny v **příloze č. 9**. Tyto informace jsou získány od respondentů. Seznam otázek, na které respondenti odpovídali, je uveden v **příloze č. 10**.

### **3.2 Charakteristika výzkumných souborů**

Výzkumný soubor č. 1 tvořili sestry a lékaři působící v hyperbarické komoře, se kterými byly provedeny rozhovory. Pro naplnění všech cílů bylo zapotřebí, aby se na výzkumu podílel jak střední nelékařský zdravotnický personál, tak ošetřující lékaři. Některé výzkumné otázky jsou určeny pro lékaře jiné pro všeobecné sestry. Charakteristika výzkumného souboru č. 1 je uvedena v tabulce č. 1

Tabulka č. 1

Respondenti	Odkaz	Specializace
Sestra 1	R-S1	ARIP, Moderní pojetí hojení ran
Lékař 2	R-L2	Anesteziologie
Lékař 1	R-L1	Vnitřní lékařství
Sestra 2	R-S2	ARIP

Zdroj: Vlastní

Výzkumný soubor č. 2 tvořili klienti převážně s akutní indikací k terapii v hyperbarické komoře. Pokud byly pro výzkum zvoleny případové studie s klienty s chronickou indikací, tak z důvodu nastínění komplikací, které vznikly během expozice i u chronicky léčených pacientů. Data o všech těchto pacientech byla sbírána z případových studií. Kazuistiky byly sestavovány způsobem, že byla analyzována zdravotnická dokumentace. Bylo analyzováno 9 kazuistik. Při výběru konkrétních akutních indikací byla hyperbarická pracoviště předem informována o tom, že by bylo v rámci výzkumu

zapotřebí použít k analýze jednu konkrétní kazuistiku klienta s konkrétním typem akutní indikace tak, abychom ve výsledku dosáhli zastoupení všech akutních indikací. Všechny typy akutních indikací k léčbě hyperbarickým kyslíkem (v porovnání s aktuálním seznamem diagnóz) ale nebyly na pracovištích k dispozici. Bylo však ve snaze získat taková data, aby pomohla k naplnění cíle č. 1 a č. 2. Charakteristika výzkumného souboru č. 2 je uvedena v tabulce č. 2.

Tabulka č. 2

Respondenti	Pohlaví	Věk	Indikace	Počet expozic
K1	Muž	35	Kraniocerebrální trauma	28
K2	Muž	48	Intoxikace CO a jinými škodlivými plyny	1
K3	Žena	52	Lehká intoxikace CO	1
K4	Muž	33	Osteoradionekróza	15
K5	Žena	37	Protrahovaná otrava CO	1
K6	Muž	35	Protrahovaná otrava CO	25
K7	Žena	40	Ischemické vředy a jiné defekty	15
K8	Dítě	1	Syndrom po náhlé srdeční zástavě	16
K9	Dítě	8	Postanoxická encefalopatie	13

Zdroj: Vlastní

## **4. Výsledky**

### **4.1.1 Kategorizace výsledků rozhovorů**

1. Hlavní pozitivní důsledky HBO pro klienta se závažným zdravotním stavem
  - 1.1. Zdravotní profit metody u jednotlivých akutních indikací
  - 1.2. Léčebný efekt u urgentních stavů po první expozici
2. Časté komplikace léčebné metody u pacienta s akutní indikací
  - 2.1. Jednotlivé typy komplikací
  - 2.2. Negativní důsledky léčby
3. Ošetrovatelské intervence u pacientů s akutním postižením zdraví při HBO
  - 3.1. Intervence z obecného hlediska (příprava, úkony, edukace)
  - 3.2. Specifika oproti práci se zajištěným pacientem na ARO
  - 3.3. Intervence u akutního klienta před jednotlivými expozicemi
  - 3.4. Intervence u akutního klienta po jednotlivých expozicích
4. Specifika léčebně-ošetrovatelského procesu u akutního pediatrického pacienta
  - 4.1. Specifika léčebného procesu
  - 4.2. Specifika ošetrovatelského procesu
5. Specifika hyperbarického vybavení a lékařská techniky oproti standardnímu vybavení na JIP a standardních odděleních
  - 5.1. Specifika u konkrétního vybavení a techniky
6. Prevence vzniku nozokomiální infekce v prostorách hyperbarické komory
  - 6.1. Předcházení vzniku a šíření nozokomiálních nákaz přes stížené hygienické podmínky
7. Faktory zvyšující riziko stresu a míru chybovosti u ošetrujícího personálu během léčebně-ošetrovatelského procesu
  - 7.1. Faktory zvyšující riziko stresu a míru chybovosti
  - 7.2. Prevence vzniku faktorů zvyšujících riziko stresu a míru chybovosti

## **1. Hlavní pozitivní důsledky HBO pro klienta se závažným zdravotním stavem**

### **1.1. Zdravotní profit metody u jednotlivých akutních indikací**

*U jakých konkrétních akutních indikací jste byl/a svědkem pozitivního efektu léčby?*

R-S1 a R-L2 shledávají u akutních indikací pozitivní efekt častěji než u klientů s chronickou indikací k HBO. Potřebný efekt po první expozici je podle nich viděn okamžitě. U případů s chronickou indikací k léčbě nemusí být viděno zlepšení po každé expozici. Na rozdíl od toho u traumatické ischemie je k dosažení potřebného efektu někdy zapotřebí absolvovat až 30 léčebných sezení. R-S2 dodává: *„Potřebný hyperbarický efekt jsem na našem pracovišti častěji zažila u dospělých než u pediatrických pacientů“*.

Dle statistiky jednoho z pracovišť se nejvíce řeší trojice akutních indikací. Setkávají se s pacienty s dekompresní chorobou, s plynovou embolií a s klienty po intoxikaci CO. *„Konkrétně u těchto patologických stavů se předpokládá jasný zdravotní profit, což u nás výzkumy potvrzují z více než 90 %“*, udává R-L2.

R-L2 dále nastiňuje, že pacienti, kteří prodělají dekompresní nemoc na pracovišti, většinou osloví pracoviště a přijedou na terapii. Ale s těmito případy se setkávají 3 x – 4 x ročně.

### **1.2. Léčebný efekt u urgentních stavů po první expozici**

*Jaké léčebné efekty u urgentních stavů byly zaznamenány na vašem pracovišti po první expozici?*

Všichni respondenti vypovídají o tom, že u klienta po otravě oxidem uhelnatým často stačí jedna expozice a hladina COHb se dostává na hodnotu 0. Potřebný detoxikační efekt je dosažen a léčba může být úspěšně ukončena. Občas se indikuje ještě 1 expozice navíc kvůli předcházení vzniku pozdních změn intoxikace CO. Takže u klasické otravy CO je efekt okamžitý a výborný. *„U ostatních akutních stavů k HBO je třeba většinou více expozic, ale po každém sezení bývá vidět určité zlepšení“*, shodují se R-L1 a R-L2.

Dále bylo zjištěno, že se v komoře zajištěný klient v celkové analgosedaci někdy probouzí už během terapie v komoře (po otravě CO). *„Pokud otevřou na příkaz oči, tak se zahájí extubace, nebo se přidá aplikace dalších sedativ“*, dodává R-L1. Někdy je třeba ještě druhé sezení v komoře. To vždy rozhoduje neurologické vyšetření.

## 2. Časté komplikace léčebné metody u pacienta s akutní indikací

### 2.1. Jednotlivé typy komplikací

*Jaké časté komplikace jste zažil/a a jaký byl postup jejich řešení?*

R-S1 i R-S2 se zmínili o tom, že se ošetřující personál střetává s **komplikacemi**, jako jsou problémy s vyrovnáváním tlaku ve středouší. Není to však problém, který by se nedal ihned řešit a nevidí ho jako nějaké závažné nebezpečí. Často se s tím setkávají, když jsou klienti nachlazení. Po krátkodobém nácviku většinou problémy vymizí. Vyrovnání zvládnou děti, staří lidé i klienti se zhoršeným stavem vědomí. Na tento faktor negativně působí obava a nezvyk prostředí.

Od R-S1 se potvrdilo, že mají na pracovišti k dispozici několik opatření k vyřešení **časté komplikace** vyrovnávání tlaku ve středouší. „*Pokud se to klientovi nedaří, tak lze použít léčebný přípravek na prokapávání s názvem Sanorin a tablety Clarinase, což je kombinovaný preparát. (Aplikujeme většinou hodinu před expozicí nebo dle indikace lékaře)*“ (R-S1). Můžeme také vyzkoušet Valsalvův manévr. V tomto případě nám může také pomoci kooperace technika a všeobecné sestry, protože někdy pomůže vyjetí z komory a následné najetí dovnitř zařízení.

Výzkum potvrzuje, že většímu riziku vzniku dekompresní choroby je vystaven ošetřující personál, protože sestry neinhaliují čistý kyslík jako pacienti a také na ně (na rozdíl od pacientů) působí během expozice inertní plyn.

Z výpovědi R-L2 se ukázalo, že běžně řeší případy dekompresní příhody u sester. Nastiňuje, že pokud se každý den účastní oxygenoterapie a nesplní 12 hodin dlouhý odstup mezi dvěma ponory, tak je k tomu personál náchylnější. Když tato komplikace nastane vícekrát za sebou, tak má sestra navázaný v těle zbytkový dusík.

R-L2 uvedl příklad situace z hyperbarického zařízení, kde byl svědkem při vzniku dekompresní choroby u personálu z velmi ojedinělého důvodu. Při expozici u zdravotní sestry zjistili, že má na rozhraní pravé a levé srdeční síně otevřený foramen ovale. Následkem toho vzduchové bubliny přešly mezi síněmi zprava doleva a vytvořily tak embolizačně obraz dekompresní nemoci. Větší pravděpodobnost výskytu je možná po dlouhodobé kumulaci bublin.

Při zmapování **častých komplikací** byl objeven specifický preventivní postup, který na oddělení minimalizuje riziko vzniku dekompresní nemoci u sester a zároveň jeho realizování potvrzují R-L1 a R-S2. Podstata prevence je založena na tom, že se při navyšování tlaku na začátku expozice dodržuje 3 minuty dlouhá pauza v tlaku srovnatelném s třímetrovou hloubkou. Poté dojde k denaturaci inertního plynu z organismu. Právě tento plyn je škodlivý a umí způsobit obraz dekompresní nemoci. Pokud chodí sestry do komory opakovaně, tak v rámci dalšího preventivního opatření jim nechávají 30 - 60 minut dýchat kyslík přes dýchací přístroje s pacienty.

Prokázalo se v rámci výzkumu **komplikací při léčbě**, že občas se v zařízení R-S1 setkává s klienty, kteří z ničeho nic začnou být hysteričtí. U nich se používá tlumení a zklidnění farmaky (zřídka omezovací prostředky). Také zažili případ, kdy uvnitř komory u klienta řešili stav hypoglykémie. Nebyl však zapříčiněn léčbou v komoře. Tento stav by nejspíše klienta potkal i v normobarických podmínkách. R-L2 doplňuje, že se u pacientů často setkává také s problémy kyslíkových křečí CNS.

Od R-S1 bylo potvrzeno, že na pracovišti nebyly i přes úskalí terapie zaznamenány žádné zásadní **komplikace při léčbě**. Na rozdíl R-L2 byl svědkem řady komplikací během jednotlivých sezení. Nebyly však vzniklé příčinou léčebné metody hyperbarické oxygenoterapie. Komplikace vznikly, když pacienti měli vždy skryté zdravotní predispozice před léčbou, které nebyly včas odhaleny, a při expozici se objevili. Nebo si všichni byli vědomy před zahájením terapie, že klient není zdravotně způsobilý k tomu, aby zaručily na 100 % bezpečný průběh bez komplikací, ale léčba v hyperbarické komoře pro něj byla jedinou možnou záchranou. „*Léčba sama o sobě je považována za bezpečnou*“ (R-S1).

Jako příklad R-L2 uvádí případ plynové embolie, který se stal tehdy, když se zavedený centrální žilní katétr z v. subclavia vytáhl v sedě a pacient do toho zakašlal. Následně upadl do bezvědomí a v hlavě měl nález vzduchové bubliny. Otvorem pro vpich si nasál vzduch, který se přes pravý a levý oběh dostal do cévy v hlavě. A tak z plynové embolie následovala cévní mozková příhoda. „*Embolizace vzduchu se může stát při barotraumatu plic při potápění i při UPV*“, (R-L2).

R-L2 dodává, že další ojedinělý případ se stal, když u nich na oxygenoterapii byla přítomna žena závislá na alkoholu. Začala krvácet z jícnových varixů. Po zástavě krvácení vzduchem nafouknutý balonek (jako součást zavedené Sengstakenovy

dvoubalónkové nazogastrické sondy) prasknul a vzduch ji tak vniknul do hlavy a způsobil CMP.

Při výpovědi R-L2 se prokázalo, že jejich hyperbarické zařízení je specifické v rychlosti vypuštění komory v případě vzniklých fatálních komplikací. Za 2 minuty je komora vypuštěna a pacient se může resuscitovat mimo komoru v přijatelnějších prostorových podmínkách.

## 2.2. Negativní důsledky léčby

*Jaké negativní důsledky léčby jste zažil/a?*

Zjistilo se, že na obou pracovištích se objevily případy s totožnými **negativními důsledky léčby**. Byly však svědky úplného minima nevyžádaných následků léčby. Negativní důsledky se mohou objevit po dlouhodobé terapii. „*U pár případů jsme registrovali pozdní změny jako poruchu krátkodobé paměti, vštípivosti a podobné neurologické potíže. Tyto následky nebyly však trvalé*“ (R-S1).

V rámci sběru dat od R-L2 se potvrdila skutečnost, že měl po terapii v HBO klient problémy s viděním. Při opakovaném ponoru dochází ke změně čočky ve smyslu změny její pružnosti. Dojde k prodloužení osy oka. To znamená, že poté třeba lidé vidí lépe na blízko a hůře na dálku. Bavíme se o přechodné věci, která většinou zmizí během 14-21 dnů. Po 15-20 sezeních je to více pravděpodobné a je na to individuální citlivost.

## 3. Ošetrovatelské intervence u pacientů s akutním postižením zdraví při HBO.

### 3.1. Intervence z obecného hlediska (příprava, úkony, edukace)

*Jaké intervence obecně se u HBO v intenzivní péči provádí?*

Všichni respondenti potvrzují, že na hyperbarických odděleních se u akutního klienta soustředí na hodnocení celkového zdravotního stavu. Důležitá je informace o celkovém stavu vědomí. Podle toho se rozhoduje, jaký zvládne režim sedace při umělé plicní ventilaci. U ventilovaného pacienta je vždy v komoře přítomen lékař. „*U analgosedace se nejčastěji nastavuje při UPV objemově řízený režim*“ (R-L1).

Pokud má pacient tracheostomii a je spontánně ventilující, tak při terapii stačí přítomnost sestry, která pak maximálně konzultuje s lékařem podání farmak.

R-S1 i R-S2 poukazuje na to, jak důležitá je práce s ošetrovatelskou dokumentací, kde se zaznamenává – stav před komorou – stav po komoře – a co se dělo v průběhu sezení. Počet expozic u dané diagnózy se upravuje dle lokálního nálezu po jednotlivých sezeních.

V rámci **intervencí** při blížícím se havarijním stavu uvnitř komory, kdy se kyslík zvedá nad hladinu 21,5%, přichází upozornění od operátora. Při výpovědi R-S1 se prokázalo, že ošetřující personál postupuje tak, že po signálu od operátora zkontroluje, zda neuchází kyslík mimo dýchací automatiku pacienta a překontroluje těsnost ve spojích. Poté se zeptá pacientů, zda se jim dýchá dobře způsobem, aby je nevystrašil.

*Jak pacienta se závažným zdravotním stavem připravujete a edukujete po celou dobu léčby?*

RS-1 A RS-2 poukazují na fakt, že při **přípravě pacienta a edukaci** musí sestra zkontrolovat, zda nemá klient někde po těle použité mastné krytí na rány. Mohl by jinak vzniknout požár. Nesmí ho s ničím strašit. Pokud je klient při vědomí, tak je důležité s lidmi rozmlouvat, aby všeobecné sestry navodily uvolněnou atmosféru. Dále musí všem poskytnout dostatečně informací o metodě. Ošetřující a lékařský personál je poskytně ústně před zahájením léčby, nebo se s nimi klienti indikovaní k HBO mohou seznámit v informovaném souhlase k léčbě.

Od RS-1 se dozvídáme, že klaustrofobici si občas nejsou jistí, zda se cítí na podstoupení terapie v komoře. Sestra si s nimi vždy projde komoru, a pokud i poté se cítí klaustrofobik nerozhodně, tak se domluví sestra s lékařem na aplikaci neurolu, či jiných zklidňujících léků. Když se při sezení začíná cítit stísněně, vypouští ho okamžitě z komory.

### **3.2. Specifika oproti práci se zajištěným pacientem na ARO**

*Jaká jsou specifika oproti práci se zajištěným pacientem na Anesteziologicko-resuscitačním oddělení a jaké konkrétní ošetrovatelské a léčebné úkony se realizují na vašem pracovišti?*

R-L1 i R-L2 se shodují, že **specifika práce v komoře oproti práci se zajištěným pacientem na Anesteziologicko-resuscitačním oddělení** jsou dána hlavně změnou atmosférického tlaku při kompresi. V této fázi se teplota zvyšuje, zvyšuje se rosný bod,



vlhkost a hluk. Při fázi dekomprese teplota začíná zase klesat. „*Na tyto specifika si sestra musí zvyknout a musí také umět vyrovnávat tlak ve středouší*“, dodává R-L2. Specifika jsou dána také stísněným prostorem.

Pokud je pacient zajištěn endotracheální intubací nebo tracheostomií, tak dle R-L2 a R-S1 je jedním ze **specifik** fakt, že balonek u intubační kanyly je kvůli těsnění před komorou plněn vodou místo vzduchem. Při zvyšování tlaku by se vzduchem plněný balonek musel přifukovat a při snižování tlaku vzduchu zase upouštět, na což kolikrát není čas, nebo by na to mohl personál zapomenout. Po expozici vodu vysají a znovu balonek naplní vzduchem. Po zanechání těžké vody v balónku by se mohl v trachei vytvořit dekubitus.

Při rozhovoru s R-S1 se potvrdilo, že u klientů s tracheostomií se dýchací okruh dá sestavit ze sterilní hadičky, krátké wrapovy hadice a bakteriálního filtru. **Specifikum** hyperbarických podmínek v tomto případě je, že kyslík je pro takové klienty v komoře dráždivější, a tak se musí častěji odsávat z dýchacích cest, nebo je třeba popřípadě dělat větší přestávky či pacienta sedovat.

V rámci výzkumu **léčebných výkonů** bylo od R-L1 zjištěno, že není nikdy předem jasné, jak dospělý na umělé plicní ventilaci bude na hyperbarické podmínky reagovat. Tak příslušný lékař radši aplikuje celkovou analgosedaci a nastaví řízený ventilační režim.

Prokázalo se, že v hyperbarickém zařízení v Kladně u akutního pacienta existují případy, kdy bylo zapotřebí mít v komoře 2 lékaře + 1 sestru. „*Pokud se někdy provádí více léčebných a ošetrovatelských úkonů, tak je zapotřebí mít uvnitř větší počet personálu. Pokud to není nezbytné, tak se účastní terapie pouze sestra*“, dodává R-L2.

U rozhovorů s R-S2 a R-S1 vyplývá, že u **ošetrovatelských výkonů** je neméně důležitá péče o invazivní vstupy. Když je zajištěn žilní vstup, je zvýšená pozornost na okolí vpichu, aby nevznikla vzduchová embolie. Dávají pozor u aplikace infuzního roztoku. „*Při dekompresi se totiž zvyšuje objem, a tak vzniká riziko vzniku vzduchové embolie*“, (R-L2).

R-L2 se zmiňuje o specifické problematice zahrnující terapii klientů s kardiostimulátory a implantáty. Kromě firmy Biotronic jsou všechny ostatní kardiostimulátory testovány až do čtyřicetimetrové hloubky. Výrobci většinou povolují ponory do tlaku v 15

metrové hloubce. Firma Biotronic má nařízen zákaz vstupu do komory lidem s jejich kardiostimulátory jen z důvodu netestování v přetlaku. Zatím se neukázalo, že by jakýkoliv typ kardiostimulátoru vykazoval v přetlaku neočekávanou aktivitu.

R-L2 potvrzuje, že jejich pracoviště se zajímá podrobněji o problematiku kardiostimulátorů v hyperbarické medicíně, a tak probíhá telefonická konzultace mezi jejich a cizími pracovišti ve smyslu: „*Může tento typ stimulatoru do komory*“? Vedoucí lékař je schopen posoudit, zda je možný vstup pacienta do komory s konkrétním typem stimulatoru.

V jednom z center jsme obdrželi specifické informace o zákazu vstupu pacientů do komory s implantáty, jako jsou baclofenové a inzulinové pumpy. „*Tyto implantáty jsou zakázány z důvodu ohrožení pacienta, nebo z důvodu poškození přístroje, nebo ohrožení stavu komory, protože mohou navodit hoření*“, (R-L2).

### 3.3. Intervence u akutního klienta před jednotlivými expozičními

*Co konkrétně se hodnotí u klienta při HBO v intenzivní péči před jednotlivými expozičními?*

Od R-S1 bylo zjištěno, že **před expozičními** u člověka léčeného např. s astmatem chce lékař HBO vidět hodnoty spirometrie a podle toho usoudí, zda je schopen oxygenoterapie. Důležitá je předem dobře odebraná a nastudovaná anamnéza. Při **odměru anamnézy** je zajímavá přítomnost plicních onemocnění, onemocnění dýchacího systému, přítomnost fraktury žeber, zda nejsou při zajištění CŽK zjevné známky pneumotoraxu. Plíce musí být v dobrém stavu před expozičními, a tak je po pádu, traumatu, či po zajištění CŽK vždy vyžadován kontrolní rentgen plic. „*Klient s hypertenzí do komory nepůjde. Je důležité předem zkontrolovat oběhovou stabilitu jedince a vyptat se na alergie*“, dodává R-L1.

Všichni respondenti se zmiňují o tom, že **před expozičními** personál důkladně odebere anamnézu. Soustředí se na objektivní nález, celkový stav a souhrn diagnóz podobně jako u pacienta na JIP nebo ARO. Zajímá se o klinický obraz a laboratorní vyšetření. Specifikum je, že k vytvoření plánu hyperbaroxie každého jedince je potřeba u akutního pacienta kalkulovat s hodnoty COHb, laktátu, krevních plynů z laboratorního vyšetření. Někdy je důležitá informace i o jeho kardiálním stavu. Poté se sleduje hladina

troponinu. Tato data se sbírají a sledují během celé hyperbarické oxygenoterapie každého jedince.

Při zmapování celkové přípravy **před léčebnou expozicí** R-S1 vypovídala o tom, že před každou expozicí je komora kontrolována technikem, který musí potvrdit, zda je ve způsobilém stavu k terapii. Na stanovišti operátora si příslušný technik může během ponoru pacienta přiblížit. Poté například může spatřit, že pacient na automaticce č. 2 je v křečovém stavu. Na tomto stanovišti jsou viditelné grafy, které znázorňují průběh terapie v závislosti na čase. Dále se zde zaznamenávají procentuální vyjádření kyslíku v komoře, nebo např. kolik pacientů je přítomno v dané expozici. Z těchto zaznamenaných dat se vede statistika každého pacienta. Všechny důležité informace se nahrávají a zálohují na DVD pro zpětné dohledání podle čísla expozice v případě problému.

### **3.4. Intervence u akutního klienta po jednotlivých expozicích**

*Co konkrétně se hodnotí u klienta při HBO v intenzivní péči po jednotlivých expozicích?*

R-S1 a R-S2 nastiňuje skutečnost, že je akutní pacient **po jednotlivých expozicích** převezen buď na ARO nebo na neurologickou JIP, kde se sleduje celkový stav pacienta a výsledky laboratorních vyšetření. Dále se pokračuje v léčbě. Klient se pravidelně kontroluje pro screening možného výskytu pozdních změn.

Všichni respondenti shledávají za důležité také spolupráci s ostatními odděleními. „U klienta s akutní traumatickou ischemií na hyperbarickém pracovišti převazy neděláme, ale po konzultaci lékaře z HBO a lékaře z chirurgie se podle lokálního nálezu určuje počet expozic, popřípadě se upravuje plán hyperbaroxie“ (R-S2). **Po každé expozici** se u akutní indikace sleduje zdravotní stav a jeho změny na oddělení.

## **4. Specifika léčebně - ošetrovatelského procesu u akutního pediatrického pacienta**

### **4.1. Specifika léčebného procesu**

*Jaká jsou specifika léčebného procesu u dětí v intenzivní péči?*

V realizaci terapie HBO u pediatrického pacienta v intenzivní péči mezi jednotlivými pracovišti existují rozpory. Dle výpovědi R-S1 odlišnost v postupu tkví v tom, že dříve dělala v Městské nemocnici v Ostravě doprovod do komory dítěte maminka. Byla také účastníkem expozic. Po zkušenostech se to však na pracovišti zakázalo. „*Některá*

*maminka dítě zbytečně stresovala, stresovala i sebe, byla ustrašená a byla dalším rizikovým jedincem v komoře“ (R-S1). Navíc nebyla odborným dohledem pro danou terapii. Maminka byla nahrazena odborným zdravotnickým dohledem. Uklidňuje to i ostatní pacienti, když vidí, že se o něj v komoře stará sestra a ještě víc je uklidňuje, když vidí očividné zlepšení. 5 až 7 let dodržují tento postup. Narozdíl od tohoto postupu R-S2 nastiňuje, že na jejich pracovišti jsou rádi, když maminka dítěte doprovod dělá a dokonce ji to doporučují. Stačí, když podepíše informovaný souhlas o rizicích, která mohou v komoře nastat a expozice s dítětem se může účastnit.*

Při zkoumání **specifik léčebného procesu u dětí** v intenzivní péči bylo RS-1 doloženo, že v ostravském zařízení realizují ošetrovatelské a léčebné postupy dle standardu zaměřeného na ošetrování a léčebný proces u pediatrického pacienta v hyperbarické komoře, který byl na oddělení vypracován.

R-L1 konstatuje, že stejně jako u dospělého akutního klienta, tak i u akutního dítěte nevíme, jak bude reagovat na zvýšený parciální tlak kyslíku, tak radši lékař indukuje celkovou analgosedaci a nastavení řízeného ventilačního režimu. Kyslík v komoře by ho bez tohoto opatření mohl dráždit.

Další **specifikum léčebného procesu** bylo objeveno u malých dětí se zavedenou tracheostomií. Při ní se používají vačky, které mají jednocestný systém a musí se dobře odvětrávat. Zmiňuje se o tom R-S1.

#### **4.2. Specifika ošetrovatelského procesu**

*Jaká jsou specifika ošetrovatelského procesu u dětí v intenzivní péči?*

RS-1 i RS-2 odhaluje, že v problematice **specifik ošetrovatelského procesu u dětí v intenzivní péči** na rozdíl od dospělých pacientů na hyperbarických oddělení používají odlišné velikosti ošetrovatelského vybavení a lékařské techniky. „*Vždy si musím do komory předem připravit dětský ambuvak, dětskou velikost odsávačky, menší wrapovu hadici u intubace, dětský set k resuscitaci, dětské vzduchovody, dětské manžety a dětské kanyly“*, udává R-S1.

R-S1 odkrývá skutečnost, že **specifika ošetrovatelství v hyperbarické pediatrii** platí stejná jako u dospělých v hyperbarických podmínkách. Ošetrovatelská péče je totožná jako u péče o dítě na oddělení ARO nebo JIP, ale ošetroující personál si musí být vědom

HBO podmínek, takže zvýšeně sleduje invazivní vstupy, odsávání dýchacích cest. „*Všimáme si se zvýšenou pozorností reakcí na vnější podněty*“, (R-L2).

Bylo potvrzeno od R-S1, že podle zákona do věku 10 let je u dítěte v zařízení pediatrická sestra, která si sama řeší premedikaci a ošetrovatelskou péči. Ona lépe z oddělení (kde bylo díky hospitalizováno) ví, jak dítě reaguje (kdy spí, zda je patologické). Zná ho ve všech ohledech lépe než HBO sestra. Pediatrická sestra má u něj vlastní příslušenství. Nese si svůj tlakoměr. Jen dětská specializovaná sestra může podat léky. Sestra v HBO může léky aplikovat až u dětí od 10 let.

## **5. Specifika hyperbarického vybavení a lékařské techniky oproti standardnímu vybavení na JIP a standardních odděleních**

*Jaká specifika má hyperbarické vybavení a lékařská technika oproti vybavení na JIP a standardních odděleních?*

Všemi respondenty bylo doloženo, že zkoumaná hyperbarická zařízení disponují řadou moderního vybavení, které jim umožňuje uskutečňování sezení pro klienty s poruchou vědomí, s aplikovanou analgosedací, nebo v jiném kritickém stavu. „*Všechno technické vybavení musí být certifikováno firmou Haux. Jiné hyperbarické příslušenství se nesmí používat*“, (R-L2)! Při technické závadě komora musí být odstavena, dokud firma haux nepřijede závadu odstranit a nepotvrdí způsobilost písemným dokumentem a razítkem. Každý rok chodí na revize bezpečnostně technická kontrola.

Od R-L1 a R-S2 byly získané informace o tom, že součástí hlavní části zařízení je napojovací komůrka, kterou lze prostrčit dovnitř až litrová lahev s infuzními roztoky, bažant, káva, jídlo. Komůrka má dvě uzavíratelné stěny s dvířkami z důvodu vyrovnávání tlaků při předávání předmětu. Na tomto principu funguje i předkomora.

R-S1 bylo vysvětleno, že o specifické vybavení jako hyperbarický manuální externí defibrilátor na jednom z pracovišť není zájem. Není prý důvěra v jeho bezpečnost a bezchybnost. „*Při zajiskření je ohrožen život všech lidí zúčastněných při expozici v komoře, což nechceme riskovat*“, dodává R-S1.

R-S1 i R-L2 tvrdí, že jejich pracoviště nedisponují speciálním hyperbarickým lůžkem, ikdyž švédská pobočka firmy LINET lůžko do hyperbarického prostředí vyrábí a Stockholmská nemocnice si ho nechala patentovat. U něj existují zvláštní regulace, při

nichž se musí dodržet to, že součástí lůžka nesmí být olejové písty ani vzduchové písty, motory musí být třífázové a bez jiskření. Vzhledově se neliší od lůžka používaného na intenzivní péči.

### 5.1. Specifika u konkrétního vybavení a techniky

*Jaké konkrétní vybavení specializované na hyperbarické podmínky využívá vaše pracoviště?*

R-L1 zároveň s R-L2 poukazují na fakt, že mezi **konkrétní vybavení specializované na hyperbarické podmínky**, které využívají obě pracoviště, patří zařízení, které umožňuje aplikaci umělé plicní ventilace a také sledování jejího průběhu. Jedná se o moderní plicní ventilátor pro hyperbarické komory. Dále se využívá nejčastěji speciální dýchací přístroj s názvem dýchací automatika.

Díky R-L1 bylo potvrzeno, že hlavním specifikem mezi vybavením je zařízení, které umožňuje aplikaci umělé plicní ventilace a také sledování jejího průběhu. Jedná se o moderní plicní ventilátor pro hyperbarické komory. Používají typ Siaretron 1000 IPER. Ventilátor je dimenzován pro použití do tlaku 60 metrů (7 ATA). Přístroj umožňuje invazivní ventilaci (s tlakovou podporou či bez tlakové podpory) i neinvazivní ventilaci dospělých, dětí i novorozenců. „*Počet ventilovaných pacientů léčených v našem centru z důvodu intoxikace CO je podle vedených statistik pracoviště 8-10 ročně*“, doplňuje R-S1

Od R-L2 jsme zjistili, že se zde u pacienta na UPV používá elektronicky řízený ventilátor a mechanický ventilátor je k dispozici jako záloha. *Nejmodernější ventilátor do hyperbarického prostředí zde nemáme kvůli vysoké ceně*“, (R-L2). Jednou za půl roku musí jít povinně na servis a bezpečnostní technickou kontrolu, i kdyby se vůbec nepoužíval. Servisní kontrola se pohybuje cenově okolo 15-20 tisíc euro.

Při zmapování **konkrétního vybavení** R-L2 objasnil, že lůžko používané na jejich pracovišti je speciálním lůžkem pouze z důvodu, že disponuje speciálním tvarem konstrukce. Speciální funkce ani technologie zde nejsou využity.

## 6. Prevence vzniku nozokomiální infekce v prostorách hyperbarické komory

*Jak se uvnitř hyperbarické komory přes ztížené hygienické podmínky předchází vzniku a šíření nozokomiální infekce?*

R-S2 a R-S1 objasnili skutečnost, že v hyperbarických komorách se **předchází vzniku nozokomiální infekce** tak, že všichni dodržují hygienický plán nemocnice. Řídí se podle vyhlášky č. 306/2012 Sb., v které je popsáno, jaké přípravky lze použít na desinfekci a úklid. Také uvádí, do čeho nakládat nástroje a pomůcky. Typ desinfekce na ruce vně a uvnitř komory se určuje dle platného desinfekčního plánu, kde je popsána i koncentrace a množství přípravků. Používaný desinfekční přípravek musí být certifikován výrobcem.

O **hygienické prevenci** R-S2 vypověděl, že většina používaných pomůcek je na jedno použití, takže s nimi přijde do styku pouze jeden pacient. Každý jedinec po celou dobu sezení používá jen svoje kyslíkové polomasky (které se sterilizují plasmou nebo horkým vzduchem. V tomto případě se postupuje podle systému centrální sterilizace) a svoje hadice s visačkou, na kterých je jméno pacienta. Po desinfekci se vybavení umyje a ponechá do druhého dne ve speciální sušárně. Druhý den je vybavení připraveno k použití. Další prevencí je skutečnost, že se komory dezinfikují a myjí každý den (ne však mezi jednotlivými ponory).

Z výpovědí R-L2 a R-S1 je doloženo, že dalším totožným opatřením pro zkoumaná oddělení je fakt, že díky použití dvou kyslíkových automatik (výdechové a nádechové) se plyny pro výdech a nádech nemíchají. „*Při tomto inhalačním systému jsme nikdy nezaznamenali nákazu z pacienta na pacienta v komoře*“, (R-L2).

R-S2 sděluje, že ke zvýšené hygieně pomáhá skutečnost, že u ventilovaných pacientů je zapojován do okruhu bakteriální filtr, který slouží k zvlhčení kyslíku i zachytávání nečistot. R-L2 doplňuje: „*Při sezení používáme odsávačky s uzavřeným odsávacím okruhem, což zajišťuje udržení perfektních hygienických podmínek uvnitř komory*“.

RL-1 a RL2 potvrzují, že v rámci hygienického plánu se opakovaně provádí kontrola bakteriálního znečištění uvnitř zařízení. Výsledky naznačují, že povrchy uvnitř jsou bez patogenů. Po výtěrech z dýchacích automatik také nebyl zjištěn žádný těžký patogen. „*Jeden z důvodů je, že ani aerobní bakterie nemají moc v oblibě kyslík s vysokým parciálním tlakem. Taková forma kyslíku je zahubí stejně jako anaerobní bakterie*“, (R-L2)

R-S1 a R-L2 sdělili, že v realizaci léčby u klienta s nákazou MRSA nebo anaerobní snění jsou u obou zařízení značné rozdíly. Dle R-S1 se takto infikovaný pacient účastní

stejně expirace jako neinfikovaní pacienti (za podmínek dodržování bariérového ošetřování). U takových klientů se ošetrovatelské intervence provádí až nakonec. Mají vlastní pomůcky (HBO příslušenství, svůj tlakoměr), ale nemůžou být izolováni z důvodu ekonomické nákladnosti. O pacienta s prověřenou nákazou MRSA uvnitř pečuje pouze všeobecná sestra z oddělení, kde byl hospitalizován. Hyperbarická sestra v takovém případě dělá pouze doprovod. R-L2 dodává, že na jejich pracovišti jsou si vědomi ekonomické nákladnosti izolace takových pacientů při expozici, ale i přesto pacient s prokázanou infekcí MRSA jde na sezení do komory pouze sám bez přísedících pacientů. Tento postup se u nich praktikuje, i když je bez finanční podpory pojišťovny.

Z rozhovoru s R-S1 bylo zmapováno, že o hygienický stav hyperbarické komory se stará nozokomiální sestra, která chodí do komory. Jednou až dvakrát do roka s ní probíhá audit, nebo přijde dle potřeby. Hlásí se jí hygienické problémy a ona konzultuje s personálem dané doporučené postupy řešení problému. „*Při kontrolách nikdy nevyčetla ošetřujícímu personálu špatné hygienické zacházení*“, konstatuje R-S1.

## **7. Faktory zvyšující riziko stresu a míru chybovosti u ošetřujícího personálu během léčebně-ošetrovatelského procesu**

### **7.1. Faktory zvyšující riziko stresu a míru chybovosti**

*Jaké faktory mohou u ošetřujícího personálu zvyšovat riziko stresu a míru chybovosti během léčebně - ošetrovatelského procesu?*

R-S1 udává, že jedním z **faktorů** je zjištění nedostatečného množství informací o akutním pacientovi. Jejich úkolem je však získat jich co nejvíce.

Z výpovědi R-L2 se potvrdilo, že nejvíce ohrožujícími **faktory** jsou neznalost a nenatřénovanost ošetrovatelských úkonů. Většina léčebných a ošetrovatelských úkonů lze však nacvičit i v normobarických podmínkách. V komoře si personál pouze musí zvyknout na specifické hyperbarické podmínky. „*V hyperbarickém prostředí si sestry zvykají na změnu hlasu, nemožnost pískání, nebo vyrovnání tlaku ve středouší*“, (R-L2).

Při rozhovoru s R-S1 a R-S2 bylo objasněno, že personál zkoumaných center na jednotlivá sezení reaguje odlišným způsobem. R-S1 poukazuje na to, že sestry na jejich pracovišti cítí malý psychický tlak po sezeních. Řeší ho tak, že si dají kávu a fungují dál ve své zdravotnické činnosti – např. pokračují v psaní zdravotnické dokumentace. Zátěž



je podle nich pouze nepatrná, takže sestry neodchází z pracovního poměru v HBO ze zdravotních důvodů ani z důvodů prodělání větší stresové zátěže. R-S2 jasně hovoří o tom, že pobyt v jejich komoře nepůsobí na psychiku HBO sester.

Z rozhovoru s R-L2 se potvrdilo, že jeden z těchto zkoumaných **faktorů** by byl účinek jevu s názvem „hloubkové opojení.“ Účinek jevu je však průkazný až při ponoru v 90 metrové hloubce. Terapeutická hloubka při hyperbarické oxygenoterapie je však 18 metrů, takže je tento jev pro personál pouze zdánlivou hrozbou. Na pracovišti se realizovaly různé experimenty v hyperbarické komoře, kdy se natlakovala vzduchem plněná komora na 90 metrovou hloubku a dovnitř se pustili lidé. Tyto podmínky zařídili totální dezorientaci účastníků.

## 7.2. Prevence vzniku faktorů zvyšujících riziko stresu a míru chybovosti

*Jak předcházíte vzniku faktorů zvyšujících riziko stresu a míru chybovosti?*

Od R-S1 se zjistilo, že s nově zaměstnanými sestrami na hyperbarickém oddělení v Ostravě chodí poprvé do komory staniční sestra, která je provede adaptačním procesem. Když si vybírá sestru do HBO, už si ji vytipuje na oddělení. Přesvědčí se, aby nestresovala, aby byla klidná, vyrovnaná psychicky a fyzicky, a aby uměla řešit urgentní situace.

Od R-L1 se prokázalo, že je hlavní dodržovat několik bodů v rámci **preventivních opatření**, které by riziko míry stresu a chybovosti měly co nejvíce snížit. Součástí prevence je, aby ošetřující personál nastupující na expozici byl odpočatý, připravený, byl si vědom rizik. Sestry mají větší počet preventivních prohlídek, než sestry na jiných odděleních, takže při těchto zdravotnických kontrolách je sledován zdravotní stav personálu. Prohlídky by měli předejít zdravotním komplikacím, které by mohly při zhoršeném zdravotním stavu sestry nastat. Také je důležitá rotace sester, protože není zdravé časté vystavování se inertnímu plynu (dusíku) při expozicích. *„Jedna sestra může chodit maximálně 1-2 denně na ponor. Rozhodně nemůže být účastnicí terapie každý den“*, apeluje R-L1.

Z rozhovoru s R-S2 se prokázalo, že k dalším **preventivním opatřením** patří, aby se sestry sledovaly mezi sebou, komunikovaly spolu a ujišťovaly se, zda jsou stále zdravé a bez potíží. *„Stabilní kolektiv je také neméně důležitý“*, (R-S2). Na zkoumaných

pracovištích nebyl zaznamenán žádný problém z hlediska chybného řešení situací u personálu.

#### **4.1.2 Kazuistiky**

1. Klient (K1) při pádu s kola si velmi poškodil obličej a bilaterálně ochrnul na DK. Byl přijatý na neurochirurgickou JIP v rodném městě. Zpočátku byl v bezvědomí. Po 30 denní hospitalizaci zavolal příslušný lékař na hyperbarické pracoviště do vzdáleného města a domluvil se s lékařem HBO k převozu na zdejší metabolickou jednotku, kde byl hospitalizován a také se zde vytvořil plán hyperbaroxie. Oba lékaři usoudili, že v tomto případě je využití hyperbaroxie vhodným řešením. Před prvním léčebným sezením pacient spontánně ventiloval přes zavedenou tracheostomii. Defekty na obličejí a bilaterální plegie těsně před hyperbarickou terapií přetrvávali, ale už byl při vědomí. Nemluvil a nejasně reagoval na vnější podněty, takže prozatím přetrvávala kvalitativní porucha vědomí. V hyperbarickém oddělení se účastnil za 35 dní 28 léčebných expozic. Byly dny, kdy nemohl jít kvůli mimořádnostem jako zvracení na oxygenoterapie. Mezi sezeními na metabolické jednotce probíhala rehabilitace a on se po 35 dnech vracel do nemocnice v rodném městě chodící a mluvící. Defekty na obličejí byly zahojeny a stopy po bilaterální plegii také vymizely.

Vidíme zde **pozitivní efekt** léčby v podobě kvalitní regenerace svalové tkáně a měkkých tkání (díky antiischemickému, antibakteriálnímu a protizánětlivému efektu), dále vidíme obnovu dysfunkce pohybového aparátu DK a také došlo k eliminaci kvalitativní poruchy vědomí a obnovení kognitivních funkcí. Objevili se **komplikace** mezi sezeními. Klient nemohl jít každý den na terapii kvůli vytrvalému zvracení. Komplikace během léčebného sezení se neobjevily. **Negativní důsledek** léčby byl negován.

Souhrn:

- Důkaz zdravotních profitů terapie u klienta po těžkém traumatu – Po 28 expozicích došlo k celkovému zlepšení zdravotního stavu. Zdravotní postižení v podobě kvalitativní poruchy vědomí, poškození obličejí a bilaterálního ochrnutí bylo zvráceno. K celkové léčbě přispěla rehabilitace, která probíhala na metabolické jednotce v zdejší nemocnici. Bylo dosaženo potřebného efektu. Potvrdil se pozitivní účinek terapie na neurologický stav pacienta, kognitivní funkce a pohybový aparát - po 35 dnech byl převezen do nemocnice v Hradci Králové chodící a mluvící

- Ukázka úzké spolupráce s odděleními z jiných nemocnic – Často jim takto volají z jiných nemocnic kvůli klientům po těžkých úrazech
- Příklad extramorálního pacienta, který musel být hospitalizován 35 dní v nemocnici a zároveň docházet na léčebná sezení do hyperbarické komory. Ekonomicky se to nemocnici nevyplatí, ale takové vážné případy hospitalizuje kvůli morální únosnosti.

2. Klient (K2) byl bez předešlých onemocnění, s ničím se chronicky neléčil. Při práci s technickým plynem a dusíkem v chemičce u něj kolega zpozoroval náhle vzniklou 5 minut dlouhou kvalitativní poruchu vědomí (vědomí však neztratil). Po podání kyslíku od HZS se pracovník probral. Dle kolegů se mohl nadýchat technického plynu – dusíku nebo vodíku. Při příjezdu RZP byl pacient při vědomí, orientovaný, ale cítil se slabý, byl bradypsychický a měl spomalené pohyby. Pamatoval si, že cítil něco těžkého v nose a pak, že schází ze schodů. Prošel si částečnou amnézií. Při hospitalizaci na urgentní příjem byl subjektivně bez potíží, měl stabilizované základní životní funkce, bez dušnosti, nauzey i stenokardií. Z odběrů se zjistilo, že hladina COHb v krvi dosahovala hodnoty 41 %. Senzor z pulzního kontinuálního přístroje Massimo vyhodnocoval COHb na 25 – 35 %. Byla požadována terapie v hyperbarickém centru. Při vyšetření před HBO není známek zdravotní nepřizpůsobivosti. Vyloučeny jsou i kontraindikace jak od ošetřujícího lékaře HBO, tak od ORL specialisty. Do periferního žilního katétru mu vykapalo 150 ml Ringerfundinu. Klientovi byla naplánovaná hyperbarická oxygenoterapie pod tlakem 2,4 ATA. Po první expozici je neurologický nález bez patologií, poruchy vědomí nejsou přítomny. Nejsou známky jiných patologií. Klient dopředu inzeroval, že bude podepisovat negativní reverz a bude požadovat propuštění z nemocnice. Pacient dostal doporučení na neuropsychiatrické vyšetření s odstupem 3 týdnů.

Zde registrujeme **pozitivní efekt** v podobě detoxikace. Neurologický nález byl bez laterizace už po první expozici. Došlo k zvrácení následků otravy a patologických příznaků jako porucha vnímání, celková slabost, bradypsychická aktivita, zpomalené pohyby, částečná amnézie. Události spjaté s **komplikacemi a negativními důsledky** léčby se v tomto případě nevyskytly.

Souhrn:

- Příklad nejčastější akutní indikace na pracovišti.

- Ukázka intervencí před začátkem hyperbarické terapie u klienta s touto indikací – Získala se hodnota COHb 41%, anamnesticky byly vyloučeny kontraindikace, bylo potvrzeno, že základní životní funkce jsou stabilizovány a tudíž je pacient připraven na léčebnou expozici.
- Důkaz, že hyperbarická medicína je multidisciplinární obor a že hyperbarické oddělení spolupracuje s ostatními odděleními v nemocnici – K potvrzení způsobilosti k léčbě bylo zapotřebí vyšetření od HBO lékaře tak od ORL specialisty
- Nález léčebného efektu po první expozici u intoxikace CO a jinými škodlivými plyny - Neurologický nález byl bez laterizace už po první expozici. Došlo k zvrácení následků otravy a patologických příznaků jako porucha vnímání, celková slabost, bradypsychická aktivita, zpomalené pohyby, částečná amnézie.
- Poukázání na to, že u lehké otravy oxidem uhelnatým většinou stačí pouze jedna expozice k dosažení potřebného efektu – detoxikace.
- Důraz na komplexnost hyperbaroxie – I po podepsání negativního reverzu pacient obdržel doporučení na neuropsychiatrické vyšetření s odstupem 3 týdnů, které má funkci prevence vzniku pozdních změn.

3. Klient (K3) po lehké intoxikaci CO byl přijat na oddělení urgentního příjmu. Při příjmu byl pacient při vědomí, orientovaný, základní životní funkce byly stabilizovány. Měl naměřenou hodnotu 24 COHb. Jinak nebyly shledány jiné komplikace. Po domluvě s hyperbarickým pracovištěm bylo svoleno k zahájení hyperbaroxie v podobě jednoho léčebného sezení z preventivních důvodů hlavně kvůli možným pozdním komplikacím otravy. Klinický obraz zůstal stejný i před zahájením první expozice. Po terapii měl klient hodnotu 0 COHb, tudíž mohl po lékařské kontrole odejít domů zcela zdrav.

U tohoto případu jsme svědky **pozitivního efektu** v podobě detoxikace. **S komplikacemi a negativními důsledky** léčby se zde nesetkáváme.

Souhrn:

- Příklad nejčastější akutní indikace na pracovišti.
- Důkaz léčebného efektu po první expozici u intoxikace oxidem uhelnatým – Po terapii měl klient hodnotu 0 COHb. V tomto případě nebyl účel léčby veden k celkovému zlepšení zdravotního stavu. Po lehké otravě je člověk v komoře pouze detoxikován. Jedno sezení splnilo svůj účel a pacientovi už nehrozí rizika způsobená

intoxikací CO. Většinou není potřeba více sezení, pokud není člověk vystaven protrahované otravě.

- Realizace nejpoužívanější terapeutické hodnoty tlaku při ponoru na pracovišti – Klient se účastnil expozice s tlakem 18 metrů hloubky.
- Důraz na prevenci po otravě oxidem uhelnatým - K sezení bylo svoleno z preventivních důvodů hlavně kvůli možným pozdním komplikacím otravy. U těchto případů se mohou projevit pozdní psychické změny, narušení kognitivních funkcí všípivosti a krátkodobé paměti.

4. Klientka (K4) hospitalizována 35 dní na onkologickém oddělení. Hyperbarická oxygenoterapie byla indikována kvůli postradiačnímu poškození. Před 15 léčebným sezením byla zcela ve stabilizovaném zdravotním stavu. Do 15 sezení byl zjevný postupný antinekrotický efekt, hyperbarický kyslík usnadnil a urychlil hojení nekrotické tkáně. Během 15 sezení začala být klientka neklidná, podrážděná a měla pocit na zvracení. Tyto symptomy přešly do křečových stavů, což první spatřil operátor na kameře a celý tým začal postupovat podle doporučených postupů v krizových stavech při HBO (viz souhrn). Po neurologickém vyšetření a upraveném plánu hyperbaroxie pokračovala v terapii.

Zde vidíme příklad **pozitivního efektu** v podobě usnadněného a urychleného hojení problematických ran. Zaregistrovali jsme zde **komplikace** v podobě vzniku křečového stavu CNS způsobeného kyslíkovou toxicitou. Byly však pohotově vyřešeny proškoleným personálem. **Negativní důsledky** léčby, které se v tomto případě mohli objevit na centrální nervové soustavě se díky včasnému zakročení sestry nevyskytly.

Souhrn:

- Příklad jedné z nejčastějších komplikací u pacientů
- Spolupráce operátora se zdravotním personálem – Technik vidí, že pacientka na automaticke č. 2 byla v křečovém stavu. Hned volá lékaře a pokračuje se realizací doporučených postupů v krizových situacích.
- Postup řešení komplikace vzniklých křečí CNS – Všeobecná sestra postupovala tak, že sundala klientovi masku, uložila ho do polohy na zádech, snažila se zachovat klid a navodit celkový klid v komoře, zajistila žilní linku a lékař mezitím najížděl do komory. Klientka byla rychle odpojena od vysoce koncentrovaného kyslíku, čímž se zamezilo ireverzibilním strukturálním změnám v CNS pacientky.

- Poukázání na spolupráci lékaře se sestrou – Kooperují spolu stejně, jak při terapii pacienta s akutní indikací. Lékař indikoval podání apaurinu. Stává se, že jsou pacienti náhle agresivní, takže je třeba použít kurtaci a farmaceuticky sedovat.

5. Klientka (K5) byla po dlouhé době vyproštěna z místnosti, kde došlo k nedokonalému tepelnému spalování, takže byla vystavena dlouhému působení oxidu uhelnatého. Byla přijata na anesteziologické oddělení, kde byla okamžitě indikována k hyperbarické oxygenoterapie z detoxikačního důvodu. Před léčebnou expozicí neměla zcela stabilizovaný zdravotní stav, ale i přesto bylo důležité zařadit hyperbaroxii do komplexního léčebného plánu. Systolický tlak se pohyboval na 90 mmHg a byla přítomna tachykardie 150 tepů/minutu. Byla v bezvědomí zajištěna na UPV. Její celkový zdravotní se během expozice zhoršil tak, že začala být hypotenzní a ejekční frakce prudce klesala. V komoře se lékař snažil o stabilizaci krevního tlaku kontinuálním podáváním noradrenalinu. Drželi ji na velkých dávkách noradrenalinu a infuzích. Stav začal progradovat v plicní edém. Po 2,5 hodinách po expozici měla fibrilaci komor. Detoxikační efekt byl však úspěšný. Následovala kardiopulmonální resuscitace a transport do jiné nemocnice. Tam byla transportována kvůli možnostem využití metod jako Intraaortální balonková kontrapulzace (=typ mechanické srdeční podpory) a Extrakorporální membránová oxygenace ECMO (=typ mimotělního oběhu - metoda využívaná v intenzivní medicíně, která umožňuje dočasně nahradit funkci plic a srdce). Na mimotělním oběhu ECMO byla klientka napojena 14 dní. Během toho prodělala selhání ledvin. Nakonec po pobytu v druhé nemocnici po necelých třech měsících dívka odchází vyléčena domů dokonce bez doprovodu. HBO oddělení neví jistě, zda neutrpěla nějaký stupeň nezvratného neurologického deficitu.

Zde registrujeme **pozitivní efekt** v podobě potřebného detoxikačního účinku u oběhově nestabilního pacienta. Metoda pomohla zvrátit následky protražované otravy CO. Objevili se zde také **komplikace** v podobě hypotenze, prudké klesnutí ejekční frakce. Stav progradoval v plicní edém a fibrilaci komor. **Negativních důsledky** HBO léčby nejsou potvrzeny, protože nemocnice (kde byla pani následně léčena) nedala informace o tom, zda její neurologický stav je po ukončení léčby stoprocentní.

Souhrn:

- Příklad léčby akutního pacienta na více pracovištích – HBO oddělení a Všeobecná fakultní nemocnice v Praze.

- Příklad komplikace vzniklé při léčebném sezení v kombinaci s potřebným detoxikačním účinkem HBO - Hyperbarická oxygenoterapie v tomto případě pomohla zvrátit následky protražované intoxikace CO za cenu vzniku selhání krevního oběhu. Před expozicí nebyla natolik oběhově stabilní, aby se během 2,5 hodiny dlouhé expozice neobjevila hypotenze a fibrilace komor (Stav začal progradovat v plicní edém).
- Ukázka léčebných intervencí u akutního pacienta během sezení - V komoře se lékař snažil o stabilizaci krevního tlaku kontinuálním podáváním noradrenalinu. Drželi ji na velkých dávkách noradrenalinu a infuzích – Z tohoto důvodu není jisté, zda netrpí po ukončení celkového léčebného procesu neurologickým defektem.
- Poukázání na využití více léčebných metod – Během léčebného procesu byla využita hyperbarická oxygenoterapie, farmakoterapie, intraaortální balonková kontrapulzace, Extrakorporální membránová oxygenace ECMO. v tomto případě sloužila metoda HBO jako metoda doplňující jiné léčebné metody. Ve výsledku byla kombinace všech využitých léčebných metod pro pacientku jedinou záchranou.
- Důkaz pozitivního účinku léčby u urgentních stavů - Hyperbarická oxygenoterapie v tomto případě pomohla zvrátit následky protražované intoxikace CO a sloužila také detoxikačně.

6. Klient (K6) byl vystaven vícehodinovému působení oxidu uhelnatého. Od ZZS byl přijat na ARO v bezvědomí na umělé plicní ventilaci s hodnotou COHb 46 %. Celkem si prošel 20 léčebnými expozicemi. Před první expozicí byl objehově i ventilačně stabilizován. Po 2 léčebných expozicích byla detoxikace úspěšná a COHb se blížil 0 %. Hyperbarický plán však nebyl ukončen. Bylo třeba prodloužit terapii, aby se HBO oddělení pokusilo o celkové zlepšení zdravotního stavu. Trvalo však 20 léčebných sezení, než pacient nabyl vědomí. Po 20 expozicích vypadá navenek zcela zdravě. Mozek však byl při protražované otravě postižen natolik, že pacient nemluví, pouze vydává nesrozumitelné zvuky a má nápady jak tříleté dítě.

V tomto případě jsme svědky **pozitivního efektu** v podobě úspěšné detoxikační léčby a motorického i pohybového zaktivnění. Strukturální postižení mozku bylo před terapií natolik velké, že celkový výsledek se zaměřením na kvalitivní stav vědomí nelze považovat za **komplikaci** nebo **negativní důsledek léčby**.

Souhrn:

- Celkový výsledek se nedal hyperbarickou oxygenoterapií ani bez ní pozitivněji ovlivnit.
- Důkaz pozitivního efektu u pacienta s akutní indikací – Pacient se dlouho neprobíral z bezvědomí. Po nasazení dlouhodobé hyperbarické oxygenoterapie nabývá vědomí a dochází k zlepšení zdravotního stavu. Tělo z motorického a pohybového hlediska je metodou uzdraveno.

7. Klientka (K7) byla chronický pacient, který docházel na terapii do komory s problematicky hojícími se defekty na nohou. Chirurg s lékařem se domluvili, že v tomto případě je vhodné zařadit léčbu hyperbarickým kyslíkem do léčebného plánu. Žena byla před každým sezením oběhově stabilní, byla obézní, s ničím se dříve neléčila. V nemocnici nebyla hospitalizována. Vždy na expozice docházela z domova s rodinou. Při 15 léčebném sezení nastala v komoře náhlá zástava oběhu. Později se prokázalo, že došlo k úzavěru kmene koronární tepny. Od počáteční chvíle byla na EKG registrována asystolie, což se nezměnilo ani během resuscitace. Resuscitace byla neúspěšná i po rychlém zahájení KPR ze strany personálu HBO i resuscitačního týmu.

Do 15 expozice vidíme v rámci **pozitivních efektů** postupné hojení problematické rány na nohou. Nekrotizace i ischemizace se postupně eliminovali a docházelo k revaskulizaci. Vidíme zde **komplikaci** v podobě selhání krevního oběhu. Předpokládá se, že byla přítomna zatím nezjištěná kardiální komorbidita, což v tomto případě znamenalo v kombinaci s dlouhodobou oxygenoterapií uzávěr koronárního řečiště a následně úmrtí. Tento **negativní důsledek** není zapříčiněn pouze touto metodou.

Souhrn:

- Případ pacientky s komplikací s charakterem selhání krevního oběhu uvnitř komory – Po 15 sezeních v komoře nastal z neznámé příčiny u klientky uzávěr kmene koronární tepny. Obecně platí, že riziko vzniku jakýchkoliv komplikací se zvyšuje s přibývajícím léčebnými sezeními.
- Důkaz, že hyperbarické podmínky vyvíjí určitou zátěž na krevní oběh účastníků – U klientky se předpokládá předem nezjištěná kardiální komorbidita.
- Ukázka postupu KPR při vzniklých krizových stavech uvnitř komory - Postup při ožívování byl takový, že po zavolání linky 306 přiběhl tým s batohem a začal resuscitovat (to platí u kteréhokoliv oddělení v areálu nemocnice). Dle předepsané rychlosti výstupu při potápění 9 metrů za minutu se komora do dvou minut vypustila



a klientka se mohla resuscitovat venku mimo komoru. Dokud se komora nevy pustila, tak sestra prováděla manuální resuscitaci.

- Důkaz spolupráce s jinými odděleními v nemocnici - Resuscitoval ji resuscitační tým a HBO personál.

8. Dítě (K8) bylo přivezeno na Anesteziologicko-resuscitační oddělení se syndromem po náhlé srdeční zástavě po těžkém traumatu. ZZS dosáhla obnovení spontánní cirkulace za 40 minut. Na ARO byla zahájena komplexní léčba, která zahrnovala léčbu zaměřenou na oběhovou stabilitu, na dosažení stálosti vnitřního prostředí. Lékaři na ARO museli zavést tracheostomii. Jako součást aniischemické a reperfuční léčby, zároveň k zvrácení stavu multiorgánové dysfunkce a k prevenci vzniku posthyfocké encefalopatie byla zvolena hyperbarická oxygenoterapie s 25 expoziemi. Po 5 expoziích dítě nabylo vědomí a začalo pomalu pohybovat končetinami. Od přijetí dítěte nedošlo k oběhovému zhoršení. Jednotlivé expoziční pomohli k postupnému tělesnému a psychickému zaktivnění dítěte. Dítě se bez potíží rozmluvilo. Po 25 se pohyblivost zlepšila natolik, že dítě bylo propuštěno s dopomocí rodičů při chůzi.

Zde jsme svědky **pozitivních efektů** léčby v podobě psychického, tělesného i motorického zaktivnění. Dále došlo k zlepšení pohyblivosti a zvrácení stavu MODS. Nezaznamenali jsme žádné **komplikace** ani **negativní důsledky** léčby.

Souhrn:

- Případ s důkazem pozitivních důsledků léčby u pediatrického pacienta – Metoda pomohla k psychickému, tělesnému i motorickému zaktivnění dítěte. Pohyblivost se zlepšila jen částečně. Je reálné, že rehabilitace pohyblivost obnoví do předešlé podoby.
- Ukázka využití konkrétní lékařské techniky pro akutní péči o pediatrického pacienta – Mělo zavedenou tracheostomii a při monitoringu saturace kyslíku se používal ušní pulzní oxymetr

9. Dítě (K9) přivezla zdravotnická záchranná služba po autonehodě na ARO. Po přijetí ZZS na místo dítě bylo v bezvědomí s normální dechovou aktivitou. Po předání na ARO bylo stabilizované oběhově a zajištěné na umělé plicní ventilaci. Byla zjištěna kontuze mozku kmene na úrovních bazálních ganglií. Bylo přítomno subarachnoideální krvácení a mozkový edém. A tak se zahájila protitoková léčba. Před hyperbarickou

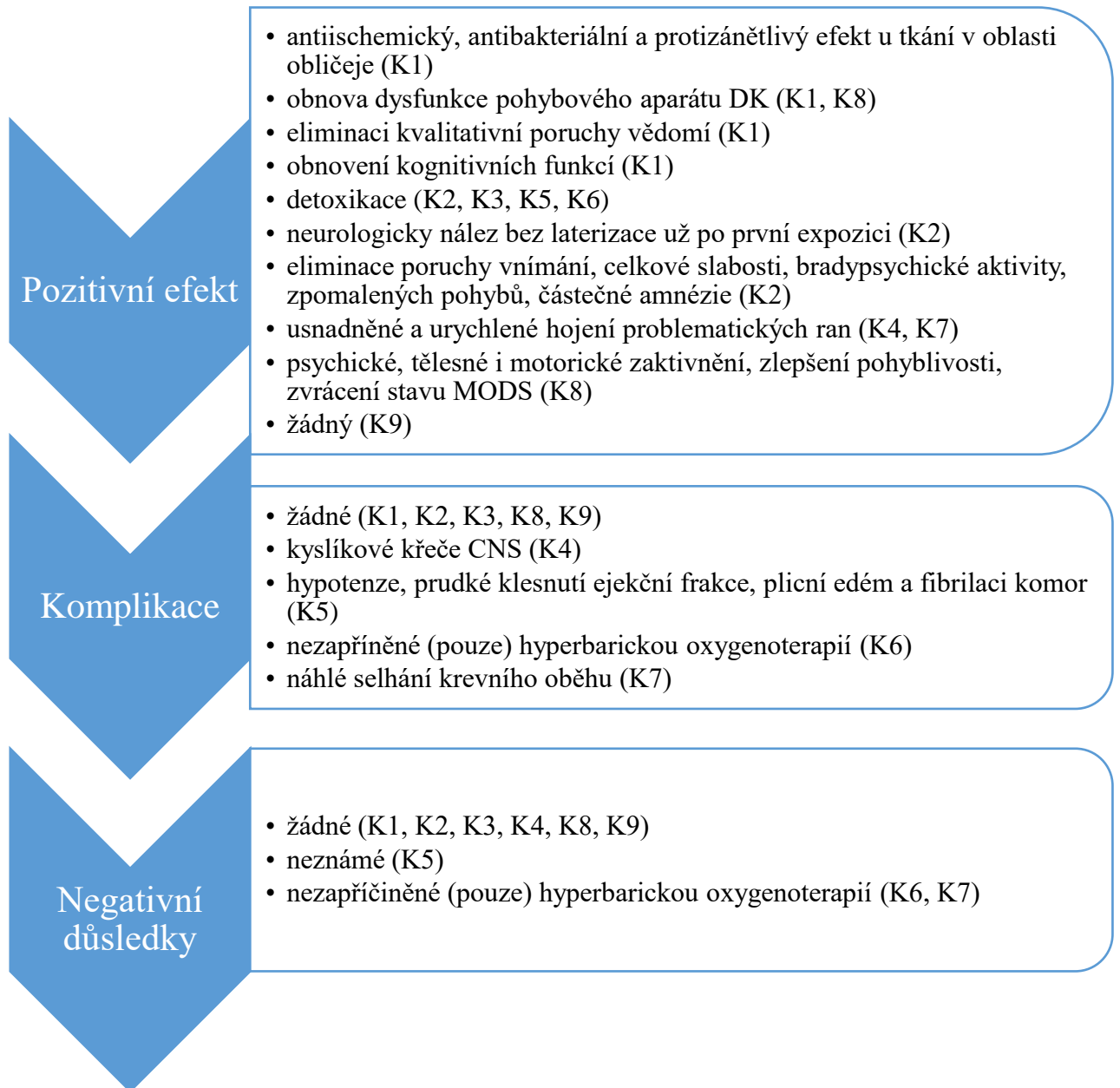
oxygenoterapií bylo už při vědomí s parézou horní končetiny. Zavedla se mu tracheostomie. Spolu s tím bylo třeba zlepšit oxygenaci mozkové tkáně. Dítě proto bylo přijato na terapii do komory kvůli ischemické encefalopatii. Zde podstoupilo 13 expozičních, které byly bez většího efektu. Dítě mělo stejné zdravotní deficity jako před hyperbaroxií a tak byla metoda z léčebného plánu vyřazena.

V tomto případě neshledáváme žádné **pozitivní efekty, komplikace**, ani **negativní důsledky** léčby. U dítěte přetrvával srovnatelný zdravotní stav se stavem před zahájením léčebné hyperbaroxie.

#### Souhrn

- Příklad s nejčastější akutní indikací u pediatrického pacienta – S dětmi po těžkých traumatech se setkávají obě pracoviště
- Příklad dítěte s ischemickou encefalopatií bez větších pozitivních efektů po 13 léčebných sezeních – Zde vidíme důkaz toho, že potřebný efekt u dítěte se vždy nedostaví. Přepokládalo se, že u dítěte spatříme pohybové, neurologické zaktivnění a lepší antiedémický efekt.
- Realizace HBO podle doporučených postupů dítěte s nákazou MRSA – Ošetrovatelské intervence provádí v tomto případě dětská sestra z oddělení, kde bylo dítě hospitalizováno.
- V rámci intervencí v léčebném procesu bylo dítě sedováno chloralhydrátem intravenózně.

**Přehled pozitivních efektů, komplikací a negativních důsledků vyplývajících z kazuistik:**



## 5. Diskuze

V praktické části bakalářské práce jsme se zaměřili převážně na léčbu hyperbarickým kyslíkem v intenzivní a urgentní medicíně. Výzkumné šetření proběhlo v Centru hyperbarické medicíny v Mětské nemocnici v Ostravě a na soukromém pracovišti v hyperbarické komoře společnosti Kübeck, s.r.o. v Kladně. Ve kvalitativním výzkumném šetření bylo od všeobecných sester a příslušných lékařů technikou polostrukturovaného rozhovoru blíže zjišťováno, jaké pozitivní důsledky a komplikace HBO ve své praxi zažili. Došlo k zmapování ošetrovatelské intervence u pacientů s akutním postižením zdraví při HBO. Dále se zkoumalo, jaká jsou specifika léčebně-ošetrovatelského procesu v hyperbarickém prostředí u intenzivní péče o pediatrické pacienty a jaká má specifika hyperbarické vybavení a lékařská technika oproti standardnímu vybavení na JIP a standardních odděleních. Dalším objektem zkoumání byla tematika týkající se předcházení vzniku nozokomiální infekce a faktorů, které mohou u ošetřujícího personálu zvyšovat riziko stresu a míru chybovosti během léčebně-ošetrovatelského procesu. Součástí rozhovoru bylo tedy 7 výzkumných otázek s výše uvedenými tématy. Výpovědi z rozhovorů byly ve výsledcích kategorizovány chronologicky dle cílů. Další informace, které pomohly naplnit první dva cíle, byly získány analýzou zdravotnické dokumentace pacientů léčených v barokomoře. Bylo pro mě milým překvapením, s jakým zájmem a ochotou o dané problematice respondenti hovořili.

Při naplňování prvního cíle probíhalo na obou pracovištích dotazování na pozitivní důsledky léčby a na hlavní zdravotní profit u pacientů s akutní indikací. Z kazuistiky (K9) pozorujeme, že efekt u pediatrických pacientů není vždy zaručen. Léčba však u dětí zdravotní stav nezhoršuje. Výzkumy Centra hyperbarické oxygenoterapie potvrzují, že léčebný efekt není vždy shledán u klientů s poškozením CNS a u akutní traumatické ischemie, což potvrzuje i naše šetření. Kazuistika (K8) potvrzuje, že u pediatrické hyperbaroxie u urgentních stavů (nejčastěji u ischemické encefalopatie po úrazu) lze očekávat zdravotní profity v podobě neurologického, psychického, tělesného i motorického zaktivnění dítěte. Pozitivní efekty hyperbaroxie v neurologii potvrzuje také vědecký článek Gerralda A. Matchetta (2009) s názvem: *Hyperbaric oxygen therapy and cerebral ischemia: neuroprotective mechanisms*. Respondent (R-L2) se zmínil o statistikách vedených na jejich pracovišti, v kterých je očividné, že se potýkají nejčastěji

s trojicí akutních indikací: Otrava CO, plynová embolie, dekompresní choroba. Podle statistik D. Zuba a jeho kolegů vedených v letech 2010 – 2015, které byly prezentovány na konferenci V. Ostravských dnů hyperbarické medicíny, se případy pacientů s dekompresní chorobou vyskytují na tomto pracovišti nejvíce ze všech hyperbarických zařízení z ČR (s 86 % všech léčených klientů s touto chorobou). Dle těchto statistik také platí, že mezi lety 2010 – 2015 byly potvrzeny tři nejčastější akutní indikace: Intoxikace CO, Dekompresní choroba a nekrotizující infekce měkkých tkání, což z 2/3 potvrzuje výsledky šetření. U obou hyperbarických zařízení sledujeme velký detoxikační efekt u klientů po intoxikaci oxidem uhelnatým. Hájek (2014) potvrzuje svým výzkumem příznivý efekt hyperbaroxie u 96,4 % případů po intoxikaci oxidem uhelnatým. R-L1 a R-S1 pozorují, že zajištěný klient po otravě CO se někdy z analgosedorelaxace při expozici dokonce probouzí. Obě pracoviště také sdělují pozitivní neurologický a motorický efekt u těžkých úrazů nejen u kraniocerebrálních traumat. Z rozhovorů vyplývá, že u akutních indikací na rozdíl od chronických indikací je viděno zlepšení zdravotního stavu po každé expozici. U lehké otravy CO dokonce někdy stačí pouze jedno léčebné sezení a terapie může být úspěšně ukončena. Tento fakt je potvrzen všemi respondenty. Také nám naznačuje, že hyperbaroxie v intenzivní péči může zlepšit celkový zdravotní stav pacienta a v některých případech zvrátit stavy s velmi vážnou patologií.

Při naplňování druhého cíle probíhalo dotazování na časté komplikace léčby a na negativní důsledky terapie, s kterými se na svém pracovišti personál setkal. R-L2 byl na svém pracovišti svědkem jak komplikací v podobě dekompresních chorob vzniklých u personálu, tak komplikací v podobě zhoršení celkového zdravotního stavu či selhání oběhu u klientů. Většina projevených komplikací u klienta s akutní indikací v této nemocnici zcela nesouvisela s hyperbarickými podmínkami, tudíž se tyto druhy patologií mohly projevit i mimo komoru (viz. K6). Také Hampson (2014) poukazuje na fakt, že zatím neexistují důkazy, že by HBO u těchto život ohrožujících stavů byla efektivní z hlediska ovlivnění závažné prognózy. Všichni respondenti registrují totožné komplikace léčby u klienta v podobě vzniku kyslíkových křečí CNS a problémů s vyrovnáváním tlaku ve středouší, což potvrzuje ve své publikaci i Hájek (2014) a Kis Pisti (2011). Tento problém nejčastěji vzniká, pokud je pacient nachlazen. Z výpovědi s R-L1 vyplývá, že terapie v přetlaku vytváří určitou zátěž na organismus. Tento fakt také potvrzuje Hájek (2014), který se u ventilovaných pacientů z důvodu intoxikace CO

při HBO setkal s objevením 25,2% expozic, při kterých se museli řešit komplikace v podobě kyslíkové toxicity, problémů s vyrovnáním tlaků ve tředouši, hypertenze, bradykardie, interference s UPV. Tudíž se stává, že klient, který musí v rámci urgentní medicíny na terapii do komory a není stoprocentně zdravotně způsobilý, tak mohou nastat zdravotní komplikace, což potvrzuje kazuistika (K5). Organismus klienta navíc nemusí být připraven na fyziologické změny v kardiorespiračním systému, které se během sezení odehrávají. I Hájek a kol. (2017) shledávají za důležité zvážit před realizací hyperbaroxie, jaký je poměr mezi hrozícím vznikem komplikací při expozici a mezi očekávaným přínosem léčby. U indikací jako intoxikace CO, dekompresní choroby a plynové embolie mozkových tepen lze dle Hájka (2016) očekávat při HBO v intenzivní péči jasný profit. U zcela zdravotně způsobilých jedinců k léčbě se závažné komplikace v komoře nevyskytují, což potvrzují i kazuistiky (K1, K2, K3, K8, K9).

Na obou zkoumaných pracovištích registrujeme některé shodné negativní důsledky léčby, které mají podobu pozdní změny jako poruchu krátkodobé paměti, všípivosti a podobné neurologické potíže. Tyto následky nebyly však trvalé a objevují se zřídka. R-L2 se zmínil o tom, že se setkal s ojedinělým negativním důsledkem léčby, kdy měl po terapii v HBO klient problémy s viděním. Při opakovaném ponoru došlo ke změně čočky ve smyslu změny její pružnosti. To ve výsledku znamenalo, že poté viděl lépe na blízko a hůře na dálku. Tento fakt dokazuje také Horák (2014), který potvrzuje možný vznik reverzibilní myopie a katarakty. Ze zkoumání této problematiky vyplývá, že krátkodobá terapie je zcela bezpečná a pokud se projeví negativní důsledky po dlouhodobé terapii, tak do tří týdnů vymizí. Také Hájek (2014) potvrzuje, že po krátkodobé terapii u 56 klientů po otravě CO se neseťkal s vážnými zdravotními a život ohrožujícími komplikacemi nebo vedlejšími účinky léčby ani u jednoho z případů. I z vybraných kazuistik lze vyčíst, že se neobjevují žádné negativní důsledky (K1, K2, K3, K4, K8, K9), nebo neznámé (K5), nebo nezapříčiněné pouze hyperbarickým kyslíkem (K6, K7). I když evropská multicentrická observační studie udává desetkrát vyšší výskyt komplikací u akutních indikací oproti chronickým.

Při naplňování třetího cíle probíhalo dotazování na to, jaké intervence obecně se u této metody provádí, jak se akutní pacient připravuje a edukuje po celou dobu léčby a jaké ošetrovatelské a léčebné úkony se realizují na zkoumaných pracovištích. Z kazuistik (K2, K3, K5, K6) registrujeme, že u klienta po otravě CO se před expozicí zaměřujeme na monitoring COHb, hodnotu krevních plynů, hladinu laktátu. Hájek (2015) potvrzuje

výsledné intervence získané ve výzkumu a doplňuje, že u pacienta s poruchou sluchu a sluchovými šelesty se zaznamenávají na poškozené straně hodnoty ztráty sluchu dle Fowlera. Anamnesticky musí být vyloučeny kontraindikace a lékař musí po vyšetření potvrdit, že základní životní funkce jsou stabilizovány a tudíž je pacient připraven na léčebnou expozici. V kazuistice (K4) je nastíněna realizace intervence v rámci krizových stavů u klienta po objevení kyslíkových křečí CNS a poukázání na spolupráci lékaře se sestrou. V kazuistice (K5) vidíme v rámci léčebných intervencí snahu o stabilizaci krevního oběhu podáváním farmak u klientky po selhání oběhu. Všichni respondenti se před expozicí zaměřují u akutního klienta na hodnocení celkového zdravotního stavu s důrazem na celkový stav vědomí. Podle toho se rozhoduje, jaký zvládne režim sedace při UPV. Výzkumné šetření a Jurásková (2016) potvrzuje, že je důležitá v rámci prevence vzniku plicní embolie sledování invazivních vstupů a zvýšená opatrnost při aplikaci infuzních roztoků. I Palušková (2013) zdůrazňuje, že je třeba zvýšené sledování pacienta s infuzní terapií, protože i při infuzní terapii dochází ke změnám tlaku. R-L2 i R-S1 poukazují na důležitost kooperace více oddělení při určování počtu léčebných expozic u jednotlivých pacientů. U traumatické ischemie po každém léčebném sezení lékař HBO a lékař z chirurgie konzultují, jak expozice ovlivnila stav pacienta a jak nadále upravit plán hyperbaroxie. Dle R-S2 uplatňují na svém pracovišti postupy v rámci péče o pediatrické pacienty v hyperbarických podmínkách. Tyto doporučené postupy jsou vydány přímo pracovištěm. Ze zkoumání třetího cíle vyplývá, že základ specifik u zajištěných pacientů v HBO oproti práci se zajištěným klientům na JIP a ARO určuje zvýšený tlak při kompresi. Lékař neví, jak pacient na tyto podmínky bude reagovat a tak radši aplikuje celkovou analgosedaci a nastaví řízený ventilační režim. Intervence jako realizace postupů KPR u pacientů po náhlém selhání oběhu v hyperbarické komoře jsou ovlivněny stísněnými prostorovými podmínkami. Proto je důležité co nejrychleji vypustit komoru (za 2 minuty) a provádět KPR co nejefektivněji mimo interiér komory. R-L1 sděluje, že v komoře realizují ošetrovatelské a lékařské intervence při vzniklých komplikacích podle dokumentu, v kterém jsou popsány doporučené postupy v krizových stavech při HBO.

Při naplňování čtvrtého cíle u respondentů z obou pracovišť proběhlo dotazování na to, jaká specifika léčebně-ošetrovatelského procesu vnímají v hyperbarickém prostředí u intenzivní péče o pediatrické pacienty. Z rozhovoru s R-S2 je zřejmé, že u dítěte do 10 let řeší premedikaci a ošetrovatelskou péči pediatrická sestra. Dle vyhlášky HBO sestra

může kompletní ošetrovatelský proces realizovat až u dítěte nad 10 let. Realizace terapie u dítěte je u respondentů odlišná z hlediska doprovodu dítěte při léčebném sezení. R-S2 doporučuje, aby se rodič dítěte účastnil expozice se svým dítětem. Dle R-S1 místo maminky provází dítě expozicí pouze kvalifikovaný zdravotnický personál. R-L2 uvádí, že hyperbarická medicína v pediatrii se na jejich oddělení možná bude vyvíjet takovým směrem, že pracoviště vytvoří (následně patentuje) a použije kyslíkovou kopuli, v které děti budou inhalovat kyslík. Ze zkoumání čtvrtého cíle vyplývá, že podstatná specifika v hyperbarické oxygenoterapii u dětí platí stejná jako u dospělých v hyperbarických podmínkách. Akorát dětský organismus je náchylnější na specifické podmínky v komoře, a tak musí ošetřující personál zvýšit pozornost na to, jak dítě reaguje během terapie na vnější podněty. Frawley (2012) i jiné výzkumy také poukazují na fakt, že míra potíží je během pediatrické HBO relativně vysoká. Vinu přisuzují skutečností, že děti intenzivněji prožívají úzkost a strach z cizího prostředí. Také je to z důvodu většího neklidu a horší spolupráce při vyrovnávání tlakových změn.

Při naplňování pátého cíle jsme se obou pracovišť dotazovali, jaká specifika má jejich hyperbarické vybavení a lékařská technika oproti vybavení na JIP a standardních odděleních. Šetření nastiňuje, že hyperbarické oddělení v Kladně i v Ostravě mají k dispozici komoru od firmy Haux. Jiné technické prostředky ani jiné vybavení, které není touto firmou certifikováno, se nesmí v zařízení používat. Z výpovědí všech respondentů poznáme, že k inhalaci kyslíku se v komoře používá speciální dýchací přístroj s těsnící kyslíkovou maskou. I Horák (2014) potvrzuje, že hlavním prostředkem k inhalační kyslíkové terapii ve vícemístných komorách je kyslíková těsnící maska. Hájek (2016) uvádí, že k inhalaci kyslíku v hyperbarickém prostředí lze využít také kyslíkové brýle nebo obličejová maska s koncentrační rýskou. Ani jedno zařízení nedisponuje speciálním hyperbarickým lůžkem ani manuálním externím defibrilátorem do hyperbarických podmínek. Zadák (2017) zdůrazňuje, že využití hyperbarického lůžka a kvalitního transportního ventilátoru snižuje riziko transportu při hyperbaroxii v intenzivní péči. Z výzkumu tohoto cíle vyplývá, že hlavním specifikem ve vybavení obou zařízení je používání ventilátoru do hyperbarických podmínek oproti běžnému ventilátoru na jiných odděleních. Dle R-L1 je ventilátor dimenzován pro použití do tlaku 60 metrů. Horák (2014) doplňuje, že i pro příslušenství potřebné k aplikaci UPV v hyperbarické komoře platí objemová i funkční stabilita a absence elektronických součástí. Jedno ze specifík mezi technickými prostředky je napojovací



komůrka, kterou disponují obě zařízení a lze jí prostrčit dovnitř až litrová láhev s infuzními roztoky, bažant, káva, jídlo.

Při naplňování šestého cíle u respondentů z hyperbarických oddělení proběhlo dotazování na téma, jak se uvnitř hyperbarické komory předchází vzniku nozokomiální infekce. Kazuistika (K9) naznačuje, že při projevené nákaze MRSA u dítěte je s ním v HBO přítomna dětská sestra z oddělení, kde bylo dítě hospitalizováno. Ona provádí všechny ošetrovatelské intervence, a tak se minimalizuje šíření infekce mezi ostatní účastníky léčebného sezení. R-L2 potvrzuje, že i přes ekonomickou nákladnost dokonce jejich pracoviště realizuje samostatné léčebné sezení pro klienty s prokazatelnou nákazou MRSA a anaerobní snětí. V rámci prevence se všichni řídí dle hygienického plánu nemocnice. Také Mahútová (2016) zdůrazňuje, že personál na každém oddělení intenzivní péče by mělo mít zavedeno hygienicko-epidemiologický režim, který se týká dodržování antiseptiky a aseptiky na pracovišti. Dle výpovědi R-S1 řeší problematiku hygieny v hyperbarické komoře nozokomiální sestra, která kontroluje správné hygienické zacházení ze strany zdravotnického personálu hyperbarického oddělení. Ke zvýšené hygieně napomáhá, že většina pomůcek použitých uvnitř komory je na jedno použití. I Petrášová (2016) popisuje, že prevence vzniku nozokomiálních nákaz je založena na opatřeních jako mít správné rozložení a vybavení pracoviště, provozní opatření ve sterilizaci, desinfekci a úklidu. Dále je důležité správně manipulovat s odpady a biologickým materiálem, dodržovat bariérový ošetrovatelský režim v případě výskytu infekčního agens na pracovišti. Poslední opatření spočívá v individualizaci pomůcek, v používání jednorázových pomůcek. Tato preventivní a provozní opatření potvrdili všichni respondenti. Z výpovědi vyplývá, že realizace hygieny interiéru hyperbarického zařízení se neliší od hygieny jakéhokoliv jiného oddělení v nemocnici. Tomu oponuje Hájek (2017), který uvádí, že jsou v hyperbarické komoře zhoršené podmínky desinfekce. V rámci hygienického plánu se opakovaně provádí kontrola bakteriálního znečištění uvnitř zařízení. Výsledky této kontroly nikdy nezaznamenali známku patogenů. Také po výtěrech z dýchacích automatik nebyl objeven žádný těžký patogen díky dobrému systému na odvod odpadních produktů dýchání. Aerobní bakterie, které by teoreticky mohli přežívat v tomto prostředí, prokazatelně nesnáší kyslík s vysokým parciálním tlakem, a tak na ně působí toto prostředí zhoubně stejně jako na bakterie anaerobní, což konstatoval R-L2.

Při naplňování sedmého cíle u lékařského a středního zdravotnického personálu proběhlo dotazování na problematiku, jaké faktory mohou u ošetřujícího personálu zvyšovat riziko stresu a míru chybovosti během léčebně-ošetrovatelského procesu. Jeden z faktorů potvrzených R-S1 je skutečnost, že během expozice personál v hyperbarické komoře cítí mírné působení na psychiku. Tyto faktory se snaží minimalizovat adaptačním procesem nově příchozích sester, kdy se staniční sestra přesvědčí už na jiném oddělení, aby nastupující sestra nestresovala, aby byla klidná, vyrovnaná psychicky a fyzicky, a aby uměla řešit urgentní situace. Poté ji celým procesem provede. Z výzkumu vyplývá, že faktory zvyšující riziko stresu a míru chybovosti se dají velmi minimalizovat, pokud se personál řídí podle preventivních opatření jako: Chodit do práce zdravý, dodržovat pravidelné preventivní prohlídky u lékaře, zjistit dostatečné množství informací o pacientovi, dodržovat pravidelnou rotaci sester, mít natrénované potřebné ošetrovatelské úkony, zvyknout si na fyziologické změny vzniklé hyperbarickými podmínkami (změna hlasu, nemožnost pískaání, vyrovnávání tlaku ve středouší), lpění na komunikaci a sledování personálu mezi sebou. I Jain (2010) potvrzuje, že nepříznivé pracovní podmínky v hyperbarické komoře jako hluk, zvýšená teplota prostředí a vlhkost zvyšují míru chybovosti a stresu. Z tohoto výzkumu a dle Mahútové (2016) lze vydedukovat, že dalším ohrožujícím faktorem by mohlo být používání prostředků, zařízení a přístrojů, které neodpovídají požadavkům bezpečnosti a ochrany zdraví při práci na základě předepsaných revizí a kontrol. Ani jeden respondent nepotvrdil žádný problém z hlediska chybného řešení situací u personálu.

Dopracovali jsme se k obsahové pestrosti výsledků výzkumu. Napomohly nám k tomu především rozsáhlé výpovědi respondentů při rozhovorech, které poskytly sestry a lékaři s velkou ochotou. Výzkum nám ukázal, že se v České republice hyperbarická oxygenoterapie u akutních stavů pro své medicínské efekty na mnou zkoumaných pracovištích spolu s hyperbarickou komorou v Ústí nad Labem hojně využívá (jak u dospělých tak u dětí). Tato centra svým vybavením a možnostmi mohou aplikovat hyperbarickou oxygenoterapie po dobu 24 hodin. S přibývajícimi roky se začala terapie stále více aplikovat díky pokroku ve výzkumu této oblasti a díky stále větší vzdělanosti v oboru ze strany lékařského personálu. Výzkum potvrdil, že mezi respondenty, kteří mi pomáhali s šetřením, se setkáváme s profesionalitou a hlubokou znalostí oboru. To také dokazuje rozsáhlá publikační činnost a pořádání vzdělávacích vědeckých konferencí. Je

také očividné, že obě pracoviště usilují o zlepšení podmínek hyperbaroxie v intenzivní péči v ČR a o experimentální vývoj metody obecně. S oblibou byla směřována návštěva právě na tato pracoviště, protože pomohla dát mé práci ucelený obraz.

## 6. Závěr

*„Hyperbarická oxygenoterapie je léčebná metoda, spočívající v inhalačním podávání kyslíku za podmínek zvýšeného atmosférického tlaku“ (Greiffeneggová, 2014, s. 2).* Spolu s potápěčskou medicínou je propojuje relativně mladá disciplína lékařský věd s názvem hyperbarická medicína. Užití hyperbarické kyslíkové terapie má význam v moderní medicíně, neboť snižuje morbiditu, mortalitu a zmírňuje neurologické následky mnoha patologických stavů zejména úrazové a infekční etiologie (Hájek, et al., 2015). HBO zlepšuje průběh těchto patologických stavů a proto je využívána jako doplněk ke klasické léčbě.

Cílem této bakalářské práce je zjištění zkušeností s efektivitou léčebné metody a s negativními důsledky přetlakové kyslíkové terapie u urgentních stavů. Dalším předmětem mého zkoumání bylo zjišťování zkušeností s častými komplikacemi terapie a ošetrovatelských intervencí na jednotlivých pracovištích u pacientů s akutním postižením zdraví při HBO. Dále se zkoumalo, jaká jsou specifika léčebně-ošetrovatelského procesu v hyperbarickém prostředí u intenzivní péče o pediatrické pacienty a jaká má specifika hyperbarické vybavení a lékařská technika oproti standardnímu vybavení na JIP a standardních odděleních. Dalším objektem zkoumání byla tematika týkající se předcházení vzniku nozokomiální infekce a faktorů, které mohou u ošetřujícího personálu zvyšovat riziko stresu a míru chybovosti během léčebně-ošetrovatelského procesu.

Pro přehlednost v interpretaci dat z rozhovorů bylo vytvořeno 7 kategorií, v kterých byla provedena analýza a porovnávání sbíraných informací. Výše už jsme se bavili o tom, že negativní důsledky léčby nebývají trvalé a pokud trvalé zůstanou, tak tento stav po terapii není zapříčiněn terapií v komoře, ale klient k vytvoření takového nežádoucího zdravotního stavu měl před terapií dispozice. Pacientovi s chornickou indikací se mohla při léčebném sezení projevit komplikace s oběhovovou či dýchací soustavou, protože dispozice k jejímu vzniku nebyla odhalena. Tato patologická predispozice se však mohla projevit i v normobarickém prostředí. Nebyla většinou závislá na zvýšeném atmosférickém tlaku uvnitř komory. Jak výzkum potvrdil, metoda je považována za bezpečnou pro dospělé i pediatrické pacienty. Jiná problematika však vzniká s některými pacienty s akutní indikací. Pro ty z nich, kteří jsou zajištěni na umělé plicní ventilaci a léčba v komoře je jejich jedinou nadějí na přežití, poté se všichni musí

soustředit na to, že může zdravotní stav během léčebného sezení progradovat v oběhovou nestabilitu a nastat boj o život. Pokud pacient svůj boj vyhraje, tak u takového už není vždy jisté, zda bude vždy neurologicky zcela zdravý. Hyperbarická oxygenoterapie nedokáže zvrátit velké neurologické poškození, neboť CNS člověka vždy nevydrží zátěž farmakologické léčby a masové volumoterapie, která je občas nutná pro stabilizaci krevního oběhu. V takových případech může přetrvat nějaký stupeň kvalitativní poruchy vědomí, nebo kognitivní či motorické poruchy. Pokud krevní oběh náhle zcela selže, poté musí celý hyperbarický tým (technik, HBO sestra a lékař) zahájit neodkladnou kardiopulmonální resuscitaci dokud nedorazí resuscitační tým z jiného oddělení nemocnice. Tento příklad intervencí v krizových stavech ukazuje, že uvnitř komory se provádí pouze manuální srdeční masáž. Po dvou minutách je komora vypuštěna a KPR se může provádět v konformnějších podmínkách mimo hyperbarickou komoru. Dle nástinu tohoto postupu vidíme, že komplikace urgentních stavů lze v prostorách HBO plnohodnotně řešit. Ale výzkum potvrdil, že existují případy, které se po zařazení hyperbaroxie do léčebného programu dokázali z kritického zdravotního stavu probrat do plného zdraví bez neurologického deficitu. U pediatrických pacientů nejčastěji po těžkých úrazech hlavy s vzniklou ischemickou encefalopatií se někdy po dlouhodobé hyperbarické terapii setkáme s četnými efekty, jindy metoda nepřispěje k očividnému zlepšení zdravotního stavu. Pracoviště, s kterými jsem na výzkumu spolupracoval, plně disponují potřebnými technickými možnostmi a vybavením, aby mohli provádět hyperbarickou oxygenoterapie v rámci akutní péče v plném rozsahu a 24 hodin denně. Klienti, kteří plánují terapii v HBO, se nemusí bát znečištěného prostředí, protože zde funguje realizace takových hygienických opatření, aby se čistota každodenně udržovala a klient nemohl být infikován bakteriemi z povrchů v interiéru komory, od personálu, ani od přisedících pacientů. Zdravotnický personál pracující v komoře disponuje určitou úrovní vzdělání v oboru hyperbarické medicíny nebo intenzivní péče, takže má potřebné znalosti a dovednosti k tomu, aby se minimalizovaly faktory zvyšování rizika míry chybovosti. K tomu přispívá také fakt, že personál dodržuje (v předchozích kapitolách uvedená) preventivní opatření. Převážná většina ošetřujícího personálu pracují mimo hyperbarické oddělení také na jiných odděleních (většinou JIP nebo ARO), a tak mají veškeré předpoklady k zvládnutí krizových situací a urgentních stavů. To může také minimalizovat riziko vzniku stresu.

Dospěli jsme k naplnění cílů práce. Tato bakalářská práce má sloužit jako informační materiál se základními informacemi o léčbě, edukaci a efektivitě léčby v hyperbarické komoře, který můžou využívat jak pacienti zvažující léčbu hyperbarickým kyslíkem nebo například budoucí lékařský a ošetrovatelský personál právě studující lékařské či nelékařské zdravotnické obory. Cílem je také tuto tematiku objasnit a rozšířit mezi laickou veřejnost.

## 7. Seznam literatury

1. ADAMUS, M., 2012. *Základy anesteziologie, intenzivní medicíny a léčby bolesti*. 2., dopl. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-2996-0.
2. ANDRLE, P., 2016. Life Without Blood – život bez krve. Příběh jedné komory staré přes padesát let. In: Andrle P a kol.: *O lidech v Beskydech a o pozoruhodných památkách a přírodních zajímavostech II*. Nakladatelství a vydavatelství Moravská expedice®, Čeledná. 1-10. ISBN 978-80-906429-0-4
3. ASADAMONGKOL, B., ZHANG J., H., 2014. The development of hyperbaric oxygen therapy for skin rejuvenation and treatment of photoaging. *Medical Gas Research* [online], vol. 4, issue 1, s. 7-. [cit. 2018-04-18]. DOI: 10.1186/2045-9912-4-7. Dostupné z: [www.medicalgasresearch.com/content/4/1/7](http://www.medicalgasresearch.com/content/4/1/7)
4. BARTŮŇEK, P., JURÁSKOVÁ D., 2016. Hyperbarická oxygenoterapie. In: Heczková J., Nalos D. (eds). *Vybrané kapitoly z intenzivní péče*, str. 218 – 226. Praha: Grada Publishing, Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-4343-1.
5. Česká společnost hyperbarické a letecké medicíny ČLS JEP, 2017. *Co je hyperbarie* [online], s. 1 [cit. 2018-02-02]. Dostupné z: [www.cshlm.cz/hyperbarie](http://www.cshlm.cz/hyperbarie)
6. DUDA J., HLADÍK M., et al., 2012. Naše zkušenosti s hyperbarickou oxygenoterapií u dětí se závažným anoxicko/hypoxickým a traumatickým poraněním mozku. In: *Sborník z konference mezinárodní workshop potápěčské medicíny, III. ostravské dny hyperbarické medicíny 2012*. Hukvaldy, 20.-22.6.2012. s. 22-24. ISBN: 978-80-7464- 102-2.
7. Evropská léková agentura EMA, 2016. SPC - Souhrn údajů o přípravku: Kyslík medicínální stlačený air products. *Státní ústav pro kontrolu léčiv* [cit. 2018-02-02]. Dostupné z: <http://www.sukl.cz/modules/medication/download.php?file=SPC108485.pdf&type=spc&as=kyslik-medicinalni-stlaceny-air-products-spc>
8. FRAWLEY, G., BENNETT, M., et al., 2013. Australian paediatric hyperbaric oxygen therapy 1998-2011. *Anaesthesia and Intensive Care*;41(1):74-81. doi: 10.1177/0310057X1304100113
9. GERMONPRE, P., 2016. Hyperbaric Oxygen Therapy (HBO) in thermal burns. *Report on 10th ECHM Consensus Conference on Hyperbaric Medicine*. April 12-16th, Lille.

10. GODMAN, C., A. et al., 2010. Hyperbaric oxygen induces a cytoprotective and angiogenic response in human microvascular endothelial cells. *Cell Stress and Chaperones* [online]. 15(4), 431-442 [cit. 2018-04-18]. DOI: 10.1007/s12192-009-0159-0. ISSN 1355-8145. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s12192-009-0159-0>
11. GOTTS, J., E., MATTHAY, M., A., 2016. Sepsis: pathophysiology and clinical management. *BMJ* [online], i1585- [cit. 2018-04-23]. DOI: 10.1136/bmj.i1585. ISSN 1756-1833. Dostupné z: [www.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmj.i1585](http://www.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmj.i1585)
12. GREIFFENEGGOVÁ, L., 2014. *Hyperbarická komora: Hyperbaroxie HBO*. Lékařská fakulta Masarykovy univerzity [online], s. 25 [cit. 2018-02-02]. Dostupné z: [www.is.muni.cz/el/1411/jaro2014/BZPN0433c/um/HYPERBARICKA\\_KOMORA.pdf](http://www.is.muni.cz/el/1411/jaro2014/BZPN0433c/um/HYPERBARICKA_KOMORA.pdf)
13. HÁJEK, M., 2009. Otrava oxidem uhelnatým - diagnostický a léčebný standard. *Urgentní medicína 2009. XVI. Dostálovy dny urgentní medicíny*, Ostrava, 6. - 7.10. 2009, s. 33-39. ISBN 978-80-7368-668-0
14. HÁJEK, M., 2014. Hyperbarická oxygenoterapie v urgentní medicíně a intenzivní péči. In: Ševčík P, Matějovič M, Černý V, Cvachovec K, Chytra I (eds). *Intenzivní medicína. 3. přepracované a rozšířené vydání*. Praha, Galén 2014, s. 133-142. ISBN 978-807492-066-0
15. HÁJEK, M. et al., 2015. Hyperbarická medicína v České republice – aktuální pohled [online]. *Pracov. Lék.*, 67, No. 2, s. 61-70. [cit. 2018-24-04], ISSN: 0032-6291, Dostupné z: [www.prolekare.cz/pracovni-lekarstvi-clanek/hyperbaricka-medicina-v-ceske-republice-aktualni-pohled-56671](http://www.prolekare.cz/pracovni-lekarstvi-clanek/hyperbaricka-medicina-v-ceske-republice-aktualni-pohled-56671)
16. HÁJEK, M. a kol., 2017. *Hyperbarická medicína*. Praha: Mladá fronta. Aeskulap. ISBN 978-80-204-4235-2.
17. HÁJEK, M., CHMELARĚ, D., 2011. Intoxikace oxidem uhelnatým - nové patofyziologické, patogenetické a léčebné aspekty. In: *Sborník XIX. Kongres České společnosti hyperbarické a letecké medicíny*. 23. – 24. června 2011, Špindlerův Mlýn, str. 40-44. ISBN: 978-80-7368-807-3.
18. HÁJEK M., CHMELARĚ D., et al., 2017. Současná evropská doporučení pro léčbu hyperbarickým kyslíkem. In: Klugarová, J., Hájek, M., Klugar, M., (eds). *Collection of Papers and short Communications. XXII. Congress of the Czech Society of*



*Hyperbaric and Aviation Medicine*. Vydání I. Ostrava: Lékařská fakulta, Ostravská univerzita v Ostravě. ISBN 978-80-7464-908-0

19. HÁJEK, M., KIS PISTI, Š., et al., 2009. Léčebné možnosti hyperbarické oxygenoterapie u kriticky nemocných. *Bezkrvní medicína – současný stav a perspektivy*, 12.3.2009. FNBrno
20. HÁJEK M., KIS PISTI Š., et al., 2011. Hyperbarická oxygenoterapie v emergentní medicíně a intenzivní péči. In: *Sborník XIX. Kongres České společnosti hyperbarické a letecké medicíny*. 23. – 24. června 2011, Špindlerův Mlýn, str. 45-62. ISBN: 978-80-7368-807-3.
21. HÁJEK, M., KOLIBA, M., 2011. Hyperbarická oxygenoterapie v léčbě syndromu diabetické nohy a jiných obtížně se hojících defektů. In: *Sborník XIX. Kongres České společnosti hyperbarické a letecké medicíny*. 23. – 24. června 2011, Špindlerův Mlýn, str. 12- 20. ISBN: 978-80-7368-807-3.
22. HÁJEK, M., KOLIBA, M., 2011. Hyperbarická oxygenoterapie v léčbě syndromu diabetické nohy: Praktické poznámky ke klinické aplikaci HBO [online]. *Interní medicína pro praxi*, 13 (4), s. 73-77. [cit. 2018-03-18]. ISSN: 1212- 7299.
23. HÁJEK, M., LANGROVÁ, L., 2009. Hyperbarická oxygenoterapie v medicínské praxi: [rozhovor]. *Zdravotnické noviny*, roč. 58, č. 45, s. 16-17. [cit. 2018-03-18]. ISSN: 1805-2355.
24. HÁJEK, M., MARŠÁLKOVÁ, J., et al., 2015. Hyperbarická oxygenoterapie v léčbě náhle vzniklé nedoslýchavosti. In: Hájek M, Pudil R, Klugar M, Chmelař D. (ed.) *Conference Proceedings. XXI Congress of the Czech society of hyperbaric and aviation medicine*; 2015; Špindlerův Mlýn: Medical Faculty, University of Ostrava. 33-37. ISBN: 978-80-7464-734-5.
25. HARCH, P., McCULLOUGH, V., 2009. Kyslíková revolúcia. *Psychoprof*. ISBN 978-80-89322-04-6.
26. HORÁK, J., 2014. Hyperbarická oxygenoterapie. *Výukový portál Lékařské fakulty v Plzni* [online]. 30. 7. 2014, poslední aktualizace 23. 1. 2015 [cit. 2018-02-02], s. 22, ISSN 1804-4409, Dostupné z: <http://mefanet.lfp.cuni.cz/clanky.php?aid=374>
27. JAIN, K., 2009. *Textbook of hyperbaric medicine*. 5th rev. and updated ed. Cambridge, MA: Hogrefe. ISBN 08-893-7361-2.
28. KITTNAR, O., 2011. *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3068-4.

29. KRIŠKA, P., 2009. Stanovisko výboru České společnosti hyperbarické a letecké medicíny k vedení zdravotnické dokumentace na pracovišti hyperbarické oxygenoterapie. *OS ČSHLM ČLS JEP*. [www.cshlm.cz](http://www.cshlm.cz)
30. KÜPPER, T., EBEL, K., et al., 2010. *Moderne Berg - und Höhenmedizin*, Gentner Verlag, Stuttgart, ISBN 978-3-87247-690-6
31. MARRONI, A., MATHIEU, D., et al., 2008. *ECHM 2004 consensus conference in Lille*. In: The ECHM Collection. Flagstaff, Az, Best Publishing Company; 2008
32. MATHIEU, D., MARRONI, A., et al., 2017. Tenth European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine: recommendations for accepted and non-accepted clinical indications and practice of hyperbaric oxygen treatment. *Diving Hyperb Med*. Mar; 47(1): 24-32. doi: 10.28920/dhm47.1.24-32
33. Městská nemocnice Ostrava, 2017. *Centrum hyperbarické medicíny* [online]. [cit. 2018-02-02]. Dostupné z: [www.mnof.cz/klinicka-oddeleni/centrum-hyperbaricke-mediciny/](http://www.mnof.cz/klinicka-oddeleni/centrum-hyperbaricke-mediciny/)
34. MILOVANOVÁ, T., N. et al., 2009. Hyperbaric oxygen stimulates vasculogenic stem cell growth and differentiation in vivo. *Journal of Applied Physiology* [online]. 106(2), 711-728 [cit. 2018-04-18]. doi: 10.1152/jappphysiol.91054.2008. ISSN 8750-7587.
35. Ministerstvo zdravotnictví České republiky, 2010. Vzdělávací program nástavbového oboru hyperbarická a letecká medicína dle vyhlášky č. 185/2009 Sb., [online]. In: *Věstník, 2010* [cit. 2018-03-18]. Dostupné také z: [www.mzcr.cz/Odbornik/Soubor.ashx?souborID=7664&typ=application/pdf&nazev=Hyperbarick%E1%20a%20leteck%E1%20medic%EDna\\_V%ECstn%EDk%202010\\_%C8%E1stka%201.pdf](http://www.mzcr.cz/Odbornik/Soubor.ashx?souborID=7664&typ=application/pdf&nazev=Hyperbarick%E1%20a%20leteck%E1%20medic%EDna_V%ECstn%EDk%202010_%C8%E1stka%201.pdf)
36. NĚMEC, I., HÁJEK, M., 2016. *Česká společnost hyperbarické a letecké medicíny ČLS JEP: Přehled léčebných center hyperbarické oxygenoterapie na území ČR* [online], s. 5 [cit. 2018-02-02]. Dostupné z: [www.mnof.cz/wp-content/uploads/2015/07/prehled\\_lecebnych\\_center\\_hyperbaricke\\_oxygenoterapie\\_na\\_uzemi\\_cr.pdf](http://www.mnof.cz/wp-content/uploads/2015/07/prehled_lecebnych_center_hyperbaricke_oxygenoterapie_na_uzemi_cr.pdf)
37. NOVOTNÝ, Š., 2012. Zásady pro léčebnou hyperbaroxii u pacientů s implantovaným kardiostimulátorem a defibrilátorem, *Sborník z konference Mezinárodní workshop potápěčské medicíny, III. Ostravské dny hyperbarické medicíny*, Hukvaldy: 44-48. ISBN: 978-80-7464-102-2

38. NOVOTNÝ, Š., PÁCOVÁ, H., et al., 2011. *Doporučený postup diagnostiky a léčby potápěčské dekompresní nehody*. Doporučený postup České společnosti hyperbarické a letecké medicíny. [www.cshlm.cz](http://www.cshlm.cz).
39. NOVOTNÝ Š., PÁCOVÁ H., et al., 2017. Náhlé úmrtí během léčby v hyperbarické komoře. In: Klugarová, J., Hájek, M., Klugar, M., (eds). *Collection of Papers and short Communications. XXII. Congress of the Czech Society of Hyperbaric and Aviation Medicine*. Vydání I. Ostrava: Lékařská fakulta, Ostravská univerzita v Ostravě. ISBN 978-80-7464-908-0
40. ROSINA, J., VRÁNOVÁ J., et al., 2013. *Biofyzika: pro zdravotnické a biomedicínské obory*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4237-3.
41. RŮŽIČKA, J, EMMEROVÁ, M., et al., 2009. *Situace v poskytování hyperbarické oxygenoterapie v ČR*. Společné Supplementum časopisů Hojení ran a Kazuistiky v pneumologii a ORL. 14–16.
42. Sdružení ozdravoven a léčeben okresu Trutnov, 2016. *Obměna hyperbarické komory v RÚ hostinné: Technické specifikace* [online], s. 3 [cit. 2018-02-02]. Dostupné z: [www.zakazky.cenakhk.cz/document\\_download\\_18002.html](http://www.zakazky.cenakhk.cz/document_download_18002.html)
43. THOM, R., MILOVANOVÁ, N., et al., 2011. Vasculogenic stem cell mobilization and wound recruitment in diabetic patients: Increased cell number and intracellular regulatory protein content associated with hyperbaric oxygen therapy. *Wound Repair and Regeneration* [online]. 19(2), 149-161 [cit. 2018-04-18]. doi: 10.1111/j.1524-475X.2010.00660.x. ISSN 10671927.
44. Ústav leteckého zdravotnictví Praha, 2018. *Hyperbarická oxygenoterapie (léčba kyslíkem v přetlakové komoře): Základní informace – charakteristika* [online], s. 1 [cit. 2018-02-02]. Dostupné z: [www.ulz.cz/cz/hyperbaricka-oxygenoterapie/oddeleni/hyperbaricka-oxygenoterapie](http://www.ulz.cz/cz/hyperbaricka-oxygenoterapie/oddeleni/hyperbaricka-oxygenoterapie)
45. WEAVER, L., K., 2014. *Hyperbaric oxygen therapy indications: the Hyperbaric Oxygen Therapy Committee report*. Thirteenth edition. North Palm Beach, Florida: Best Publishing Company. ISBN 978-1930536-73-9.
46. ZUB D., SVOBODA J., et al., 2016. Aktuální situace hyperbarické medicíny v České republice - retrospektivní analýza 2010-2015. In: Pudil R., Chmelař, D., Klugar, M., Hájek, M., (eds). *V. ostravské dny hyperbarické medicíny: V. Ostrava Days of Hyperbaric Medicine: 16.-17. června 2016, Ostravice, Horský hotel Sepetná*. Vydání I. Ostrava: Lékařská fakulta, Ostravská univerzita v Ostravě. ISBN 978-80-7464-817-5.

## **8. Seznam příloh a obrázků**

Příloha 1 – Disociační křivka hemoglobinu

Příloha 2 – Malá přenosná hyperbarická komora

Příloha 3 - Informovaný souhlas s léčebnou metodou

Příloha 4 - Přehled jednotlivých léčebných center hyperbarické oxygenoterapie na území ČR k 1. srpnu 2016

Příloha 5 - Stanovisko ČLS JEP k vedení zdravotnické dokumentace na HBO pracovišti

Příloha 6 - Schéma správné praxe pro léčbu hyperbarickým kyslíkem dle evropského kodexu

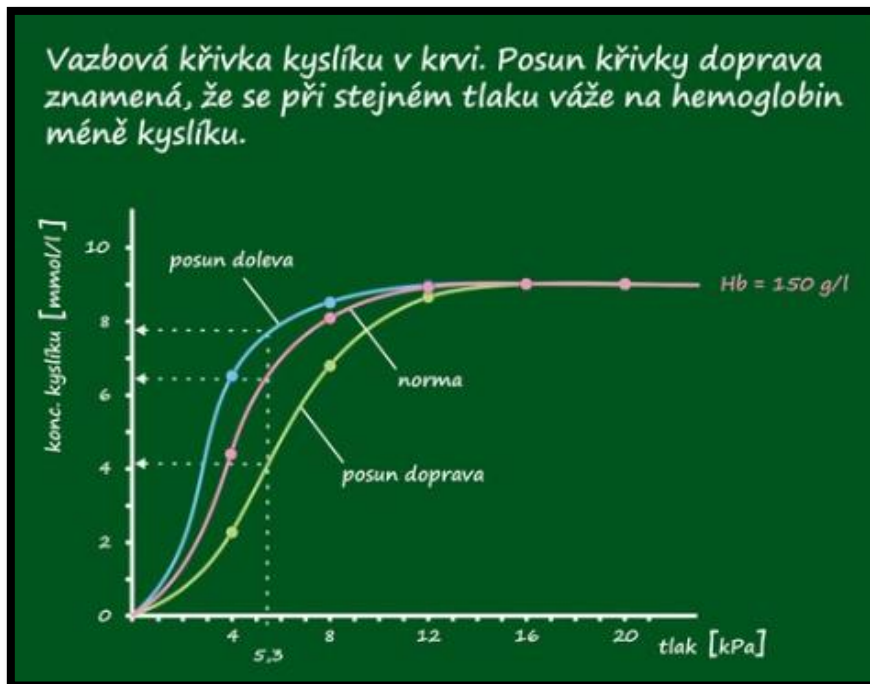
Příloha 7 - Žádost k realizaci výzkumného šetření v Centru hyperbarické medicíny v Ostravě

Příloha 8 – Záznam léčby HBO (součást plánu hyperbaroxie)

Příloha 9 - Představení zkoumaných hyperbarických pracovišť

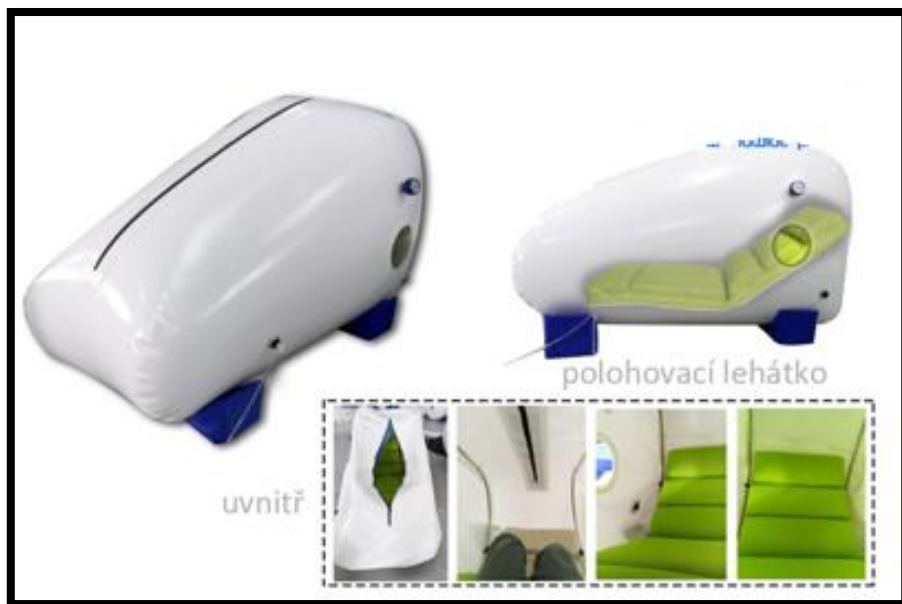
Příloha 10 – Seznam otázek k rozhovoru

## Příloha 1 – Disociační křivka hemoglobinu



Zdroj: SILBERNAGL, S., DESPOPOULOS. A., (2016). *Atlas fyziologie člověka*: překlad 8. německého vydání. 4. české vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. [cit. 2018-04-28]. ISBN 978-80-247-4271-7.

## Příloha 2 – Malá přenosná hyperbarická komora



Zdroj: OXYLIFE spol. s r.o. (2012). *Kyslíkové BAROKOMORY přenosné* [online]. © 2010 - 2012 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: [www.oxylife.cz/kategorie-12-kyslikove-barokomory-prenosne](http://www.oxylife.cz/kategorie-12-kyslikove-barokomory-prenosne)

### Příloha 3 – Informovaný souhlas s léčebnou metodou

Jméno příjmení pacienta:.....  
Rodné číslo:..... Zdravotní pojišťovna:.....  
Adresa trvalého pobytu:.....  
Telefon:.....  
Jméno a příjmení lékaře:.....  
Základní diagnosa:.....  
Alergie:.....  
Léky:.....  
Jméno a příjmení zákonného zástupce:.....

#### **Vážená paní, vážený pane,**

byla Vám indikována léčba v hyperbarické komoře pomocí 100% kyslíku. Principem léčby je využití kyslíku k ovlivňování běžných fyziologických dějů v organismu a to zejména v místech, kde je kyslíku málo. Kyslík je nutný ke všem činnostem organismu, k zajišťování energie pro buněčnou činnost, obranu organismu a jeho rekonstrukci. Vyšší obsah rozpuštěného kyslíku pak nahrazuje jeho nedostatek při omezeném průtoku krve jednotlivými tkáněmi či orgány, podporuje obnovu poškozených buněk, činnost bílých krvinek, novotvorbu cév a ničí bakterie citlivé na přítomnost kyslíku.

K nejčastěji léčeným stavům patří poruchy prokrvení dolních končetin, následky některých typů cévních mozkových příhod, některá poúrazová a pooperační postižení, náhlá hluchota, některé typy nedoslýchavosti, chronické záněty kostí, některé typy infekčních onemocnění a otrav.

O zahájení a délce léčby rozhoduje lékař barokomory s ohledem na aktuální zdravotní stav pacienta, na návrh odesílajícího lékaře a platný indikační seznam diagnóz. Pacient je povinen sdělit personálu barokomory veškeré zdravotní potíže vzniklé nejen před zahájením léčby, ale zejména v jejím průběhu či bezprostředně po jejím ukončení.

Pobyt v přetlakové komoře vyžaduje bezpečnostní opatření. Na oddělení hyperbarické oxygenoterapie je zcela nepřipustná přítomnost otevřeného ohně, je zde zakázáno kouření (riziko hoření). Do komory nelze brát s sebou telefon, radio nebo jiná elektronická zařízení (ani e-book), hodinky, sáčky a obaly z umělé hmoty, zápalky, zapalovače, cigarety, uzavřené krabice a lahve, termosky, spreje, plnicí pera, naslouchadla apod.

V prostoru barokomory je pacientovi přiděleno místo a maska, pacientům je zakázáno manipulovat se zařízením barokomory. Po celou dobu expozice je pacient povinen hlásit změny svého

zdravotního stavu zdravotnickému personálu přítomnému v barokomoře, popř. obsluze barokomory, která je s ním v neustálém vizuálním i hlasovém spojení.

Po dosažení léčebného tlaku (2,3 ATA) zahájí pacienti na pokyn obsluhy dýchání kyslíku z masky v délce 90 minut. Terapie je ukončena postupným snižováním tlaku v prostoru barokomory.

V případě vzniku náhlých akutních zdravotních potíží pacientů je možné léčbu v barokomoře přerušit. Lékař v průběhu expozice může do komory kdykoliv vstoupit.

#### Komplikace léčebného postupu:

Nejčastější komplikací jsou barotraumata - mechanická poranění vzniklá tlakovým rozdílem mezi dutinami vyplněnými vzduchem a okolím. Nejčastější je postižení středoušní dutiny různého stupně, ale může být barotrauma obličejových dutin lebky, zubní dutiny, zažívacího traktu a nejzávažnější komplikací je barotrauma plic s možností vzduchové arteriální embolizace.

Další komplikací, která se během léčebného procesu může vyskytnout, je projev zejména akutní kyslíkové toxicity, která se může projevit kyslíkovými křečemi s poruchou vědomí. Tyto projevy velmi rychle mizí při ukončení dýchání kyslíku.

Některá onemocnění mohou být překážkou léčby přetlakovým kyslíkem. Běžné infekce horních cest dýchacích a chronické alergie často znemožňují vyrovnání tlaků ve středním uchu popřípadě vedlejších nosních dutinách. Mohlo by dojít k výše popisovanému barotraumatu a léčbu je nutno krátkodobě přerušit. U dalších chorob je třeba možnost léčby kyslíkem v přetlaku individuálně zvážit (plicní choroby, epilepsie, některé typy glaukomu, akutní zhoršení stavu u některých chorob). Pacienti s horečkou jsou z léčby zásadně vyloučeni. Individuálně je nutno posoudit i léčbu těhotných žen s ohledem na možné riziko poškození plodu.

O nově vzniklém akutním onemocnění je třeba informovat personál komory, přerušeni léčby z důvodu nemoci či z jiných důvodů stačí ohlásit telefonicky. Po pobytu v komoře se nedoporučuje pobyt v horách a let letadlem následujících 24 hodin pro riziko dekompresní choroby. Kouření výrazně snižuje efekt léčby!

Já, pacient (zákonný zástupce) prohlašuji, že jsem byl srozumitelně informován o povaze lékařského výkonu uvedeného výše, byl jsem též informován o některých možných rizicích tohoto výkonu. Měl(a) jsem možnost klást doplňující dotazy a pokud tomu tak bylo, veškeré dotazy mi byly zodpovězeny.

Na základě tohoto poučení prohlašuji, že souhlasím:

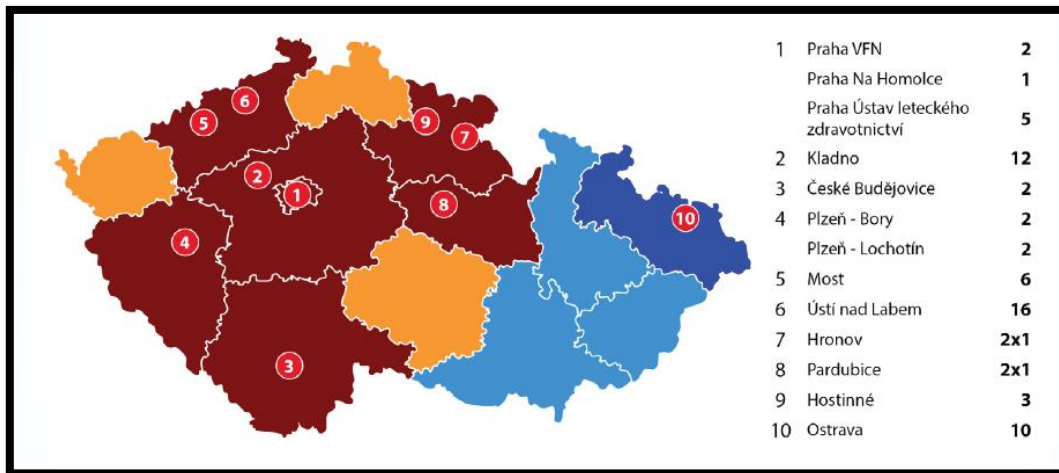
- s uvedeným lékařským postupem,
- s tím, že může být proveden jakýkoliv další výkon, pokud by jeho neprovedení bezprostředně ohrozilo můj zdravotní stav.

Podpis ..... Datum.....


Zdroj: KÜBECK s. r. o., *Oddělení hyperbarické a potápěčské medicíny: Informovaný souhlas s léčbou* [online]., Kladno [cit. 2018-04-28]. Dostupné z : [www.hyperbarickakomora.cz/pro-pacienty/informovany-souhlas-s-lecbou/](http://www.hyperbarickakomora.cz/pro-pacienty/informovany-souhlas-s-lecbou/)



Příloha 4 - Přehled jednotlivých léčebných center hyperbarické oxygenoterapie na území ČR k 1. srpnu 2016



Zdroj: Hájek M., et al., (2015). *Hyperbarická medicína v České republice – aktuální pohled*. Pracov. Lék., 67 (2), 59–66. [cit. 2018-04-28]. ISSN: 0032-6291.



ČESKÁ SPOLEČNOST  
HYPERBARICKÉ  
A LETECKÉ MEDICÍNY  
ČLS JEP

Ceská lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně  
Česká společnost hyperbarické a letecké medicíny

---

**Stanovisko výboru České společnosti hyperbarické a letecké medicíny  
k vedení zdravotnické dokumentace na pracovišti hyperbarické  
oxygenoterapie**

**Vyšetřovat a léčit bez řádného vedení zdravotnické dokumentace není v souladu se zákonem.**

Vzhledem k tomu, že Vyhláška ministerstva zdravotnictví č. 385/2006 Sb. přesně stanovuje obsah jednotlivých částí zdravotnické dokumentace, ale neuvádí formu, jak dokumentaci vést v praxi, doporučuje výkonný výbor odborné společnosti:

1. Každé pracoviště vede zdravotnickou dokumentaci navykým způsobem, ale striktně musí naplňovat kritéria uvedené vyhláškou č. 385/2006:
2. Zdravotnická dokumentace obsahuje osobní údaje pacienta v rozsahu nezbytném pro identifikaci pacienta a zjištění anamnézy, informace o onemocnění pacienta, o průběhu a výsledku vyšetření, léčení a o dalších významných okolnostech souvisejících se zdravotním stavem pacienta a s postupem při poskytování střední zdravotní personál.
3. Každá samostatná část zdravotnické dokumentace musí obsahovat osobní údaje pacienta v rozsahu nezbytném pro jeho identifikaci a označení zdravotnického zařízení, které zdravotnickou dokumentaci vyhotovilo.
4. Zápis ve zdravotnické dokumentaci musí být veden průkazně, pravdivě a čitelně, je průběžně doplňován a musí být opatřen datem zápisu, identifikací a podpisem osoby, která zápis provedla.
5. Opravy ve zdravotnické dokumentaci se provádí novým zápisem s uvedením dne opravy, identifikací a podpisem osoby, která opravu provedla. Původní záznam musí zůstat čitelný.
6. Přesně zadokumentován musí být začátek a konec jednotlivých částí výkonu včetně délky trvání se jmény a podpisy poskytovatelů / lékařů a od 1.1.2008 i střední zdravotní personál!!!
7. Obsah informovaného souhlasu, reverzu, minimálního obsahu jednotlivých částí dokumentace, skartací a nahlížení do dokumentace přesně definuje uvedená vyhláška č. 385/2006.

Zdroj: KRIŠKA, P. (2009). Stanovisko výboru České společnosti hyperbarické a letecké medicíny k vedení zdravotnické dokumentace na pracovišti hyperbarické oxygenoterapie. OS ČSHLM ČLS JEP, 2009. [cit. 2018-04-28]. [www.cshlm.cz](http://www.cshlm.cz)

Příloha 6 - Schéma správné praxe pro léčbu hyperbarickým kyslíkem dle evropského kodexu



Zdroj: MATHIEU, D., DADESHIDZE, I. (2011). *COST Action B14: Hyperbaric Oxygen Therapy* [online]. Biomedicine and Molecular Biosciences (BMBS), [cit. 2018-04-28]. <http://www.oxynet.org>

Příloha 7 - Žádost k realizaci výzkumného šetření v Centru hyperbarické medicíny v Ostravě

**Žádost k realizaci výzkumného šetření BP**

Vážená paní / vážený pane....., žádám Vás o uskutečnění kvalitativního výzkumného šetření ve vašem nemocničním zařízení v Centru hyperbarické medicíny.

Výzkum má být součástí mé bakalářské práce s názvem: **Hyperbarická oxygenoterapie v intenzivní péči**. Jako techniku sběru dat bych chtěl požit individuální, polostrukturovaný rozhovor se zdravotnickým personálem z uvedeného pracoviště. Pro doplnění informací bych chtěl data sbírat také z kazuistik akutně léčených pacientů. Vedoucí mé bakalářské práce je PhDr. Andrea Hudáčková, Ph.D.

Děkuji za vyrozumění žádosti

Datum...2.11.18

Podpis.....

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Zdravotně sociální fakulta  
Ústav ošetrovatelství, porodní asistence  
a neodkladné péče  
(1)

PhDr. Andrea Hudáčková, Ph.D.

Zdroj: Vlastní

Příloha 8 - Záznam léčby HBO (součást plánu hyperbaroxie)

Den přijetí				Jméno, příjmení pacienta																	
Datum / Čas																					
Léčebný tlak (atm.)																					
				hodina		den HBO		č.expozice		hodina		den HBO		č.expozice		hodina		den HBO			
Podaná léčiva																					
Infuze ml/h																					
TK/DF před léčbou HBO				220																	
				210																	
				200																	
				190																	
				180																	
				170																	
				160																	
				150																	
				140																	
				130																	
				120																	
				110																	
				100																	
				90																	
				80																	
				70																	
				60																	
				50																	
				40																	
<b>Zdravotnické prostředky</b>																					
Monitor																					
Zajištění dýchacích cest																					
Ventilace																					
Dechová frekvence																					
Saturace O <sub>2</sub>																					
Et CO <sub>2</sub>																					
Invazivní vstupy																					
<input type="checkbox"/> Drén / <input type="checkbox"/> CŽK																					
Žaludeční sonda																					
Močový katetr																					
Převoz sanitním vozem																					
<input type="checkbox"/> Sedící / <input type="checkbox"/> Ležící																					
<b>Alergie</b>				stav před HBO:		stav před HBO:		stav před HBO:		stav před HBO:		stav před HBO:		stav před HBO:		stav před HBO:		stav před HBO:			
				stav po HBO:		stav po HBO:		stav po HBO:		stav po HBO:		stav po HBO:		stav po HBO:		stav po HBO:		stav po HBO:			
				jméno, příjmení a podpis lékaře		jméno, příjmení a podpis lékaře		jméno, příjmení a podpis lékaře		jméno, příjmení a podpis lékaře		jméno, příjmení a podpis lékaře		jméno, příjmení a podpis lékaře		jméno, příjmení a podpis lékaře		jméno, příjmení a podpis lékaře			
				jméno, příjmení a podpis sestry		jméno, příjmení a podpis sestry		jméno, příjmení a podpis sestry		jméno, příjmení a podpis sestry		jméno, příjmení a podpis sestry		jméno, příjmení a podpis sestry		jméno, příjmení a podpis sestry		jméno, příjmení a podpis sestry			

Centrum hyperbarické medicíny, Městská nemocnice Ostrava, p.o., Nemocniční 20, 728 80 Ostrava, T 596 191 111, F 596 618 781, IČ 00635162, [www.mnof.cz](http://www.mnof.cz)

Zdroj: Centrum hyperbarické medicíny, MnOF

## Příloha 9 – Představení zkoumaných hyperbarických pracovišť

### *Stručné představení a charakteristika současné podoby Centra hyperbarické medicíny v Ostravě*

Toto hyperbarické zařízení je prototypem z roku 1965. Bylo vyrobeno Vítkovickými železárnami a strojírnami. Firma Haux ho modernizovala poprvé v roce 1994, poté v roce 2008.

Jedná se o nejstarším oddělení hyperbarické medicíny v České republice. Je samostatným pracovištěm při Městské nemocnici Ostrava Fifejdy (MnOF). Centrum hyperbarické medicíny bylo otevřeno roku 1976 jako první v tehdejších Československu, třetí v Evropě. Motivací k zahájení této terapie v Ostravě pro nás byla častá důlní neštěstí horníků v dolech, při kterých nejčastěji zahynuli kvůli intoxikaci CO. Komora se řadí do kategorie vícemístných zařízení. Velikostně je jednou z větších v rámci České republiky. Jedné expozice se u nás může zúčastnit 10 sedících pacientů nebo případně 2 ležící a 5 sedících. Komora je plněna medicínským vzduchem. Do předkomory se také můžou umístit k inhalační terapii 2 sedící klienty. Uvnitř mají zabudovaný kamerový a monitorovací systém a jiné technické prostředky.

Centrum spolupracuje také s provozovateli ZZS a to z celé Moravy. Jedná se totiž o jediné pracoviště HBO pro celou Moravu a Slezsko. Zatím se snaží prosadit výstavbu většího počtu komor na území Moravy. Žádosti jsou prozatím nevyhověny. V této situaci shledávají problém z hlediska neuspokojení kapacit a také jim vadí, že klienti převáženi v bezvědomí a zhoršeném zdravotním stavu na dlouhou vzdálenost do Ostravy nebo z Moravy do Čech mohou utrpět transportní trauma. Běžně se zde nepřijatí pacienti směřují do Čech. Sestra z komory by byla ráda, kdyby vznikla nová centra alespoň ve spádových oblastech v Brně a Olomouci. Ale myslí si, že každá fakultní nemocnice by komoru měla mít. K transportu ze vzdálenějších moravských měst je využívána letecká záchranná služba. Také je typické, že z ARO a JIP jiných nemocnic se přijíždí do našeho centra léčit klient a po sezení je transportován ZZS zpět do příslušné nemocnice.

Centrum každoročně pořádá hyperbarické semináře pro celou Českou republiku, kde se lékaři vzdělávají hlavně v tom, za jakých podmínek indikovat pacienta k HBO, či kdy konzultovat s HBO centrem.

### *Popis organizace ostravského pracoviště a uvedení konkrétních příkladů u postupů uplatňujících při HBO*

Probíhá zde standardní ranní směna od 7:30 do 15 hodin. Hyperbarické centrum je ale v rámci pohotovostní služby schopno přijímat klienty s akutní indikací nepřetržitě 24 hodin. Zdárně spolupracuje s ostatními odděleními v nemocnici. Pokud nastane případ klienta s akutní indikací k HBO, tak je prostřednictvím urgentního příjmu nebo anesteziologicko-resuscitačního oddělení kontaktován přítomný lékař v hyperbarickém centru. Po konzultaci s oddělením lékař HBO dle odebrané anamnézy rozhoduje, zda je pro pacienta vhodná oxygenoterapie a případně přijímá klienta k léčbě.

Každý rok jsou bezpečnostní semináře přímo na pracovišti, kde se prověřuje a zdokonaluje znalost personálu v oblasti možných bezpečnostních rizik v HBO. Lékař se před expozicí vždy sestry ptá, zda je vše před expozicí v pořádku, zda je komora a pacienti připraveni na zahájení terapie (kontrola spojů u dýchacích přístrojů). Ptá se také, zda se sestra necítí nachlazená či nemocná. Musí být bezpodmínečně zdravá.

Před každou expozicí je komora kontrolována technikem, který musí potvrdit, zda je ve způsobilém stavu k terapii. Na stanovišti operátora si operátor může během ponoru pacienta přiblížit. Poté například může spatřit, že pacient na automaticce č. 2 je v křečovém stavu. Na tomto stanoviště jsou viditelné grafy, které znázorňují průběh terapie v závislosti na čase. Dále se zde zaznamenávají procentuální vyjádření kyslíku v komoře, nebo např. kolik pacientů je přítomno v dané expozici. Z těchto zaznamenaných dat se vede statistika každého pacienta. Všechny důležité informace se nahrávají a zálohují na DVD pro zpětné dohledání podle čísla expozice v případě problému.

Pokud hladina kyslíku v komoře stoupne na 23%, nastává havarijní stav, kdy se musí ukončit terapie a vyjet z komory. Stav kyslíku hlásí viditelné čidlo. Kyslík se automaticky v tomto stavu přepne na vzduch.

### *Stručné představení a charakteristika současné podoby oddělení hyperbarické a potápěčské medicíny v Kladně*

Před 22 lety zrekonstruovali oddělení mléčné výživy a koupili jsme dvanáctimístnou komoru od firmy HAUX, která je zde dodnes. Oddělení se nachází v areálu nemocnice. Původně byla jednatelem fyzická osoba a před 8 lety došlo k převedení jednatele na

právníckou osobu na firmu Kübeck. Dnes komora funguje jako kterékoliv nestátní zdravotnické zařízení a je v pronájmu Oblastní nemocnice v Kladně.

Kapacitou, velikostí a počtem pacientů za rok se řadí k největším v České Republice. Na oddělení může provádět hyperbarickou oxygenoterapie najednou až 12 sedících osob, nebo 2 ležící a 8 sedících klientů. Komora je celá plněna vzduchem. Velikost vnitřního průměru válce je 2,5 metru. Je možné vytvoření atmosféry s maximální hodnotou natlakování 50 metrů pod hladinou moře. Havarijní stav nastává při tlaku odpovídajícímu 55 metrů pod hladinou moře, kdy se kompresory vypnou a kyslík se přepne na vzduch.

Před hlavní částí komory máme tzv. předkomoru, přes kterou se vstupuje do hlavní části zařízení, nebo tudy během expozice může přijít další personál. Také předkomora slouží jako oxygenoterapeutická místnost, kde mohou sedět 2 klienti inhalující kyslík.

*Jakým směrem se může vyvíjet problematika hyperbarické medicíny v barokomoře v Ostravě?*

Při výzkumu tématu, kam se bude hyperbarická medicína v Ostravě ubírat do budoucna, se prokázalo, že ostravskému oddělení byly schváleny dotace na výstavbu nového centra v Ostravě, které by mělo disponovat už i speciálním hyperbarickým lůžkem. Nemělo by zde chybět modernější zařízení, než mají doposud. Celé zařízení by mělo být bez příček a mostků, aby se lůžko nemuselo nadzvedávat při vjezdu a odjezdu. Do dvou let by mělo nové centrum být v provozu.

*Popis organizace kladenského pracoviště a uvedení konkrétních příkladů u postupů uplatňujících při HBO.*

Oddělení disponuje nepřetržitým provozem. V pracovní době je přítomen lékař a všeobecná sestra. Při expozici je zapotřebí, aby zvenčí komory byli k dispozici operátor a pomocná sestra. Ve standardní pracovní době většinou probíhají plánované terapie u pacientů s neakutními indikacemi. Mimo standardní pracovní dobu je zde přítomen lékař, který řeší se záchrannou službou a urgentním příjmem akutní stavy přes pohotovostní mobil. Pro pacienty v akutním stavu hospitalizované v nemocnici je zajištěn přístup skrze chodby a výtahy přímo do komory. Je velmi výhodné, že nemusí s pacienty chodit venkem. Tak to platí u všech oddělení v nemocnici. Dříve měli



hyperbarické pracoviště 800 metrů od nemocnice. Vše se muselo řešit přes sanitku, což bylo o hodně složitější.

Spolupráce s nemocničními odděleními je velmi úzká. Mají dohodu, že např. koronární jednotka nám půjčuje léky a mi po jejich spotřebování jednotce zbylá farmaka vrací. Je to finančně výhodnější a také nespotřebují takové množství léků, aby se jim vyplatilo skladování velkého množství vlastních zásob. Komora umožňuje i terapii pro pacienty zajištěné na UPV s akutním stavem. Disponuje proto potřebným monitorovacím a léčebným vybavením. V těchto případech je důležitá spolupráce s místním anesteziologicko-resuscitačními a intenzivními odděleními.

Nemocnice přijímá pacienty z jiných nemocnic, aby mohli chodit na terapii do komory. Jsou sem dováženi jak zdravotnickou záchranou službou, tak leteckou záchranou službou. Dnes je zde hospitalizovaný pacient chodící na terapii do komory zařazován do kolonky extramorálních pacientů. Pojišťovna zaplatí komoře léčebné výkony a odečte pacientovy platbu DRG podle stanovené diagnózy a klientovi tedy nic ve výsledku nezůstane. Nemocnice s několika milionovým dluhem se brání přijímat k hospitalizaci a posílat běžné pacienty. Extramorální pacient nemocnici připravuje o peníze. To je problém posledního roku a půl. Ale pacienty s vážnou diagnózou a děti, které jsou určeny k terapii v komoře, nemocnice hospitalizuje, protože jinak by to bylo morálně neúnosné. Také se občas stává, že z nemocnice Motol každý den vozí klienty sanita s lékařským doprovodem a po hyperbarické terapii se vrací zpět, což je daleko nákladnější než samotná terapie v komoře. Tento postup je častý u dětských pacientů.

Pracoviště poskytuje také služby jako poradenství pro potápeče. Stává se, že volají lidé z ciziny a konzultují s lékařem určité problémy. Jezdí tam lidé po dovolené z Chorvatska, kteří si zde po prodělání dekompresní příhody zajistí ubytování a týden dochází na kyslíkovou terapii.

*Jakým směrem se může vyvíjet problematika hyperbarické medicíny v barokomoře v Kladně?*

Při výzkumu tématu, kam se bude hyperbarická medicína v Kladně ubírat do budoucna, se prokázalo, že budoucností pro pediatrickou oxygenoterapie bude možná vytvoření (následné patentování) a použití kyslíkové kopule, v které děti budou inhalovat kyslík.

Mělo by to řadu výhod, protože např. menší děti nesnáší kyslíkové polomasky na obličejích.

Zdroj: Vlastní

## Příloha č. 10 – Seznam otázek k rozhovoru

1. U jakých konkrétních akutních indikací jste byl/a svědkem pozitivního efektu léčby?
2. Jaké léčebné efekty u urgentních stavů byly zaznamenány na vašem pracovišti po první expozici?
3. Jaké časté komplikace jste zažil/a a jaký byl postup jejich řešení?
4. Jaké negativní důsledky léčby jste zažil/a?
5. Popsal/a byste, jaké intervence obecně se u HBO v intenzivní péči provádí?
6. Jak pacienta se závažným zdravotním stavem připravujete a edukujete po celou dobu léčby?
7. Jaká jsou specifika oproti práci se zajištěným pacientem na Anesteziologicko-resuscitačním oddělení a jaké konkrétní ošetrovatelské a léčebné úkony se realizují na vašem pracovišti?
8. Co konkrétně se hodnotí u klienta při HBO v intenzivní péči před jednotlivými expozicemi?
9. Co konkrétně se hodnotí u klienta při HBO v intenzivní péči po jednotlivých expozicích?
10. Jaká jsou specifika léčebného procesu u dětí v intenzivní péči?
11. Jaká jsou specifika ošetrovatelského procesu u dětí v intenzivní péči?
12. Jaká specifika má hyperbarické vybavení a lékařská technika oproti vybavení na JIP a standardních odděleních?
13. Jaké konkrétní vybavení specializované na hyperbarické podmínky využívá vaše pracoviště?
14. Jak se uvnitř hyperbarické komory přes ztížené hygienické podmínky předchází vzniku a šíření nozokomiální infekce?
15. Jaké faktory mohou u ošetřujícího personálu zvyšovat riziko stresu a míru chybovosti během léčebně - ošetrovatelského procesu?
16. Jak předcházíte vzniku faktorů zvyšujících riziko stresu a míru chybovosti?

## 9. Seznam použitých zkratek

°C – Celsiova teplotní stupnice

1. LF UK - 1. lékařská fakulta Univerzity Karlovy

a. – arteria

ABR – acidobazická rovnováha

ACHM - American College of Hyperbaric Medicine

amputace TMT I-II – amputace transmetatarzální 1. a 2. prstu

ARDS - Syndrom akutní dechové tísně

ARO - Anesteziologicko-resuscitační oddělení

ATA – Atmosféra technická absolutní

ATP – adenosintrifosfát

CMP – Cévní mozková příhoda

CNS – centrální nervová soustava

CO – oxid uhelnatý

CO<sub>2</sub> – oxid uhličitý

COHb – Karbonylhemoglobin

CŽK – Centrální žilní katétr

č. - číslo

ČLS JEP - Česká společnost hyperbarické a letecké medicíny České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně, z.s.

ČR – Česká republika

ČSHLM - Česká společnost hyperbarické a letecké medicíny

DPG – difosfoglycerát

DRG – Diagnosis-related group

DVD – Digital video disc

€ - euro

EBM – Medicína založená na důkazech

ECC - European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine

ECMO – Extrakorporální membránová oxygenace

EEG – Elektroencefalogram

ECHM - European Committee for Hyperbaric Medicine

EKG - Elektrokardiogram

EMA - Evropská léková agentura EMA

EN – Evropská norma

eNOS – endoteliální syntéza oxidu dusnatého

ESA - erythropoetin stimulující látky

EU – Evropská unie

EUBS - European Underwater and Baromedical Society

FiO<sub>2</sub> – kyslíková frakce

FN Praha - Fakultní nemocnice Praha

Hb – hemoglobin

HBO – hyperbarická oxygenoterapie

HOLLT - Hyperbaric Oxygen in Lower Limb Trauma

HZS – Hasičský záchranný sbor

CHOPN – chronická obstrukční plicní nemoc

ICD - implantovaný kardiostimulátor-defibrilátor

ICHDK – ischemická choroba dolních končetin

JIP – Jednotka intenzivní péče

kPa - kilopascal

KPR – kardio-pulmonální resuscitace

m<sup>2</sup> – metr čtvereční

m<sup>3</sup> – metry krychlové

MDD - Medical Devices Directive

ml – mililitr

mmHg – milimetrů rtuti

MnOF - Městská nemocnice Ostrava Fifejdy

MPa – megapascal

MRSA – Medicilin-rezistentní Staphylococcus aureus

MZ ČR - Ministerstvo zdravotnictví České republiky

N – Newton

NO – oxid dusný

O<sub>2</sub> – kyslík

ORL – Otorhinolaryngologie

Pa – Pascal

PAD – perorální antidiabetika

pCO<sub>2</sub> – parciální tlak oxidu uhličitého

PNO – pneumotorax

pO<sub>2</sub> – parciální tlak kyslíku

RTG – rentgenové vyšetření

RZP – Rychlá zdravotnická pomoc

sb. – sbírky

SOL Trutnov - Sdružení ozdravoven a léčeben okresu Trutnov

SPUMS - South Pacific Underwater Medicine Society

s.r.o. – s ručením omezeným

TcpO<sub>2</sub> – Transkutánní pulsní oxymetrie

tzv. - tak zvanou

UHMS - Undersea and Hyperbaric Medical Society

ÚLZ Praha – Ústav leteckého zdravotnictví Praha

UPV – umělá plicní ventilace

US NAVY - Vojenské námořnictvo Spojených států amerických

v. – véna

ZZS – Zdravotnická záchranná služba