



Faculty of Medicine  
and Dentistry  
Palacký University Olomouc



## HYPERBARICKÁ, POTÁPĚČSKÁ A LETECKÁ MEDICÍNA 2017 SBORNÍK PŘÍSPĚVKŮ A KRÁTKÝCH SDĚLENÍ Z XXII. KONGRESU ČESKÉ SPOLEČNOSTI HYPERBARICKÉ A LETECKÉ MEDICÍNY

## HYPERBARIC, DIVING AND AVIATION MEDICINE 2017 COLLECTION OF PAPERS AND SHORT COMMUNICATIONS FROM XXII. CONGRESS OF THE CZECH SOCIETY OF HYPERBARIC AND AVIATION MEDICINE

HYPERBARICKÁ, POTÁPĚČSKÁ A LETECKÁ MEDICÍNA 2017  
SBORNÍK PŘÍSPĚVKŮ A KRÁTKÝCH SDĚLENÍ Z XXII. KONGRESU ČESKÉ SPOLEČNOSTI HYPERBARICKÉ A LETECKÉ MEDICÍNY  
Editoři: Michal Hájek, Radek Pudil, Miloslav Klugar, Dittmar Chmelař, Petr Chmátal, Petr Došel  
Příspěvky ve sborníku neprošly jazykovou korekturou a bylo respektováno formální zpracování příspěvků od autora.  
Vydala: Lékařská fakulta, Ostravská univerzita v Ostravě, Syllabova 19, Ostrava, 702 00, Česká republika, 2017  
Vydání I.  
Náklad: 200 ks  
Sazba a tisk: Jiří Gruner  
ISBN: 978-80-7464-908-0

HYPERBARIC, DIVING AND AVIATION MEDICINE 2017  
COLLECTION OF PAPERS AND SHORT COMMUNICATIONS FROM XXII. CONGRESS OF THE CZECH SOCIETY  
OF HYPERBARIC AND AVIATION MEDICINE  
Editors: Michal Hájek, Radek Pudil, Miloslav Klugar, Dittmar Chmelař, Petr Chmátal, Petr Došel  
The contributions did not go through the language and grammar correction and the authors' formal rules were fully respected.  
Issued by: Medical Faculty, University of Ostrava, Syllabova 19, Ostrava, 702 00, Czech Republic, 2017  
Volume No. I.  
Number of copies: 200 pcs  
Design and print: Jiří Gruner  
ISBN: 978-80-7464-908-0

6. - 7. června 2017  
Vojenská zotavovna Měřín  
Jablonná nad Vltavou

**Editoři: Michal Hájek, Radek Pudil, Miloslav Klugar, Dittmar Chmelař, Petr Chmátal, Petr Došel**





Faculty of Medicine  
and Dentistry  
Palacky University Olomouc



Ústav leteckého zdravotnictví Praha,  
Česká společnost hyperbarické a letecké medicíny ČS JEP,  
Lékařská fakulta, Ostravská univerzita v Ostravě,  
Lékařská fakulta Univerzity Karlovy a FN Hradec Králové,  
Lékařská fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci

pořádají

## **XXII. KONGRES ČESKÉ SPOLEČNOSTI HYPERBARICKÉ A LETECKÉ MEDICÍNY**

## **XXII. CONGRESS OF THE CZECH SOCIETY OF HYPERBARIC AND AVIATION MEDICINE**

Záštitu nad konferencí převzal ministr obrany ČR MgA. Martin Stropnický

### **Editoři**

MUDr. Michal Hájek, Ph.D.  
prof. MUDr. Radek Pudil, Ph.D.  
PhDr. Miloslav Klugar, Ph.D.  
RNDr. Dittmar Chmelař, Ph.D.  
MUDr. Petr Chmátal Ph.D. MBA  
MUDr. Petr Došel

### **Vědecký výbor**

prof. MUDr. Radek Pudil, Ph.D.  
MUDr. Petr Chmátal, Ph.D. MBA  
MUDr. Michal Hájek, Ph.D.  
MUDr. Petr Došel  
doc. RNDr. Dittmar Chmelař, Ph.D.  
PhDr. Miloslav Klugar, Ph.D.  
MUDr. Oldřich Truska, D.Av.Med

### **Recenzenti**

PhDr. Miloslav Klugar, Ph.D.  
prof. MUDr. Radek Pudil, Ph.D.  
MUDr. Michal Hájek, Ph.D.

### **Organizační výbor**

MUDr. Petr Došel  
MUDr. Štefan Brunclík, MBA  
Ing. Martin Říha, MBA  
Ing. Vladimír Kozlík

## ÚVODNÍ SLOVO

Milé kolegyně, vážení kolegové,

jako představitel organizátora letošní české konference hyperbarické medicíny mám tu čest uvést sborník přednesených prací.

Není jednoduché připravit odbornou prezentaci. Žádá si to vůli, nadšení, soustředění na práci, hodně času a nakonec i odvahu vystoupit před kritickým pohledem svých kolegů. Proto bych na tomto místě chtěl především poděkovat všem, kteří se rozhodli svoji práci, novinky v oboru i své lékařské zkušenosti přednést. Je to významná činnost. Svět medicíny není nehybným prostředím, prochází neustálým vývojem a pouze trvalou komunikací, sledováním nových trendů a tříbením názorů v diskuzích můžeme udržet vysokou úroveň a odpovídající postavení naší specializace.

Hyperbarická medicína je nevšední obor. Spojuje v sobě techniku, fyziku a fyziologii, lékařskou kliniku i terapii. Vývoj a indikace hyperbarické medicíny nejsou ukončeny a možná ve své další etapě ještě pozmění medicínu. O to je oborová komunikace důležitější. Proto jsem rád, že i náš ústav zahájil projekty, které mohou pomoci rozšířit spektrum indikací hyperbarické oxygenoterapie ve specifické oblasti vojenské medicíny.

Na závěr bych chtěl poděkovat členům vědeckého výboru, nemají snadnou práci přinutit nás k respektování publikačních pravidel. Přeji nám všem informační přínos a poučení v následujících textech.

MUDr. Petr Chmátal Ph.D., MBA

ředitel Ústavu leteckého zdravotnictví Praha

## ODBORNÝ PROGRAM – TEMATICKÉ OKRUHY

Hyperbarická medicína, hyperbarická fyziologie  
Bezpečnost a organizace provozu  
Medicína založená na důkazech  
Potápěčská medicína, potápěčská fyziologie,  
Letecká medicína  
Varia

Akce má charakter postgraduálního vzdělávání a je garantována ČLK jako akce kontinuálního vzdělávání – účastníci obdrží certifikát o účasti s kreditním hodnocením dle vyhlášky č. 423/2004 Sb.



## Odborný program

Úterý, 6. června 2017

10<sup>00</sup> - 12<sup>00</sup> registrace

10<sup>30</sup> – 12<sup>00</sup> schůze výboru OS ČSHLM

12<sup>00</sup> - 13<sup>00</sup> oběd

13<sup>00</sup> - 13<sup>10</sup> zahájení konference , křest knihy Hyperbarická medicína

13<sup>10</sup> - 15<sup>00</sup> I. blok Hyperbarická medicína

Předsedající: MUDr. Petr Chmátal, PhD., MBA, MUDr. Michal Hájek, Ph.D.

1. **Hyšperská V.,** Daničková E.  
Specifika pacienta s míšní lézí a naše zkušenosti s hyperbarickou medicínou + kazuistika 12´
2. **Růžička J.,** Bolek L., Dvořák M.  
Projekt česko - bavorské spolupráce záchranných služeb versus dostupnost HBO při otravě CO 12´
3. **Herman O.,**  
Hyperbarická oxygenoterapie a kmeňové bunky reprezentované antigénem CD34 12´
4. **Novotný Š.,** Pácová H., Burcalová V., Sokol M.  
Náhlé úmrtí během léčby v hyperbarické komoře 12´
5. **Klugar M.,** Tučková D., Hájek M., Klugarová J., Marečková J., Vrbová T., Chmelař D.  
Účinnost hyperbarické oxygenoterapie u pacientů se sudeckovým syndromem  
v porovnání s farmakoterapií: protokol systematického review 12´
6. **Zyková I.,** Paldusová B., Ferech J., Žihlová L.,  
Hyperbarická oxygenoterapie v léčbě sepse 12´
7. **Tlapák J.,**  
Vliv hyperbarické oxygenoterapie na hojení devastujících poranění u zdravých jedinců  
– vlastní projekt 12´
8. **Kašpárek I.,**  
Hyperbarická medicína v gastroenterologii 12´
9. **Šindelář L.,**  
Přínos HBO v léčbě náhlých ztrát sluchu 12´

15<sup>00</sup>-15<sup>30</sup> přestávka

**15<sup>30</sup>-17<sup>00</sup>** II. blok Bezpečnost, legislativa, provozní a ekonomické aspekty  
provozu hyperbarických komor

Předsedající: MUDr. Petr Došel, MUDr. Štěpán Novotný

1. **Vendura T.,**  
Legislativa - minimum dokladů při provozu hyperbarické komory  
- směrnice, normy, předpisy 15'
2. **Nesvadba J.,**  
Rizika při zásobování komor se stlačeným vzduchem a kyslíkem, manipulace s plyny, přeprava,  
skladování, inspekce, množství, zdroje a kvalita vzduchu  
podle normy EN 14931 a ČSN EN 12 021 15'
3. **Vendura T.,**  
Požáry v komorách - porovnání americké normy NFPA 99 vs. platné evropské normy EN 16081 15'
4. **Hájek M.,** Chmelař D., Rozložník M., Lochmanová A.  
Současná evropská doporučení pro léčbu hyperbarickým kyslíkem 15'
5. **Hájek M.,** Chmelař D., Rozložník M., Lochmanová A.  
Zhodnocení ekonomických aspektů léčby hyperbarickým kyslíkem 15'
6. **Macháček V.,**  
Úhrady zdravotní péče v hyperbarické medicíně 10'

**19<sup>30</sup> - 24<sup>00</sup>** Společenský večer

## Středa, 7. června 2017

9<sup>00</sup> - 10<sup>15</sup> III. blok Letecká medicína

Předsedající: MUDr. Ladislav V. Nováček, PhDr. Oliver Dzvonič, CSC.

1. **Poláčková V.,** Nováček L. V., Šindelářová H.  
Možnosti korekce refrakčních vad u pilotů a řídicí letového provozu 15'
2. **Nováček L. V.,** Němcová M., Poláčková V. Šindelářová H., Svoboda R.,  
Současný pohled na chirurgické řešení refrakčních vad u pilotů 15'
3. **Dzvonič O.,**  
Možnosti využití hlasové analýzy jako psychofyzilogické metody hodnocení operátorů v letectví 15'
4. **Oniščenko B.,**  
Vliv mírné hypoxie na psychomotorickou výkonnost pilota 15'
5. **Halata P.,**  
Posuzujeme správně kardiovaskulární problémy? 15'

### 10<sup>15</sup> - 10<sup>30</sup> přestávka

10<sup>30</sup> - 11<sup>30</sup> IV. blok - Potápěčská medicína

Předsedající: prof. MUDr. Radek Pudil, Ph.D., PhDr. Miloslav Klugar, Ph.D

1. **Růžička A.,**  
Technické potápění - zdravotnická problematika 15'
2. **Pudil R.,**  
Zdravotní problematika freedivingu 15'
3. **Zajac M.,**  
Freediving - trénink a příprava v praxi 15'
4. **Macura P.,** Reitinger J.  
Potápěčské nehody z pohledu DAN 15'

### Posterová sekce

**Paldusová B., Zýková I., Ferech J., Žihlová** Náš první rok s hyperbarickou komorou.

11<sup>30</sup> - 12<sup>00</sup> zakončení konference, shromáždění členů ČSHLM

12<sup>00</sup> - 13<sup>00</sup> Oběd



**Hyperbarická medicína**

Specifika pacienta s míšní lézí a naše zkušenosti s hyperbarickou medicínou + kazuistiky 12  
Hyšperská V., Daníčková E.

Projekt Česko - bavorské spolupráce záchranných služeb versus dostupnost HBO při otravě CO 15  
Růžička J., Bolek L., Dvořák M.

Hyperbarická oxygenoterapie a kmeňové bunky reprezentované antigénem CD34 18  
Herman O.

Náhlé úmrtí během léčby v hyperbarické komoře 26  
Novotný Š., Pácová H., Burcalová V., Sokol M.

Účinnost hyperbarické oxygenoterapie u pacientů se sudeckovým syndromem v porovnání s farmakoterapií: protokol systematického review 28  
Klugar M., Tučková D., Hájek M., Klugarová J., Marečková J., Vrbová T., Chmelař D.

Hyperbarická oxygenoterapie v léčbě sepse 34  
Zyková I., Paldusová B., Ferech J., Žihlová L.,

**Bezpečnost, legislativa, provozní a ekonomické aspekty provozu hyperbarických komor**

Současná evropská doporučení pro léčbu hyperbarickým kyslíkem 40  
Hájek M., Chmelař D., Rozložník M., Lochmanová A.

Zhodnocení ekonomických aspektů léčby hyperbarickým kyslíkem 45  
Hájek M., Chmelař D., Rozložník M., Lochmanová A.

**Letecká medicína**

Možnosti korekce refrakčních vad u pilotů a řídicí letového provozu 49  
Poláčková V., Nováček L. V., Šindelářová H.

Možnosti využití hlasové analýzy jako psychofyzilogické metody hodnocení operátorů v letectví 53  
Dzvoník O.

**Potápěčská medicína**

Zdravotní problematika freedivingu 60  
Pudil R.

**Seznam autorů** 64

**Věcný rejstřík** 65

## Za docentem Rudolfem Barcalem

Když jsem v roce 2009 zakládala v roli první hejtmanky České republiky Dvoranu slávy, přemýšlela jsem, které další osobnosti budou na řadě v příštích letech. Samozřejmě vždy v roce jejich významného životního výročí. Prvním jubileantem byl tehdy pan Karel Gott, rodák z Plzně, čímž byla nastavená určitá latka pro rozhodování v dalších letech....

Z mého subjektivního pohledu je tedy zcela přirozené, že tam byly v dalších ročnících zaváděny další významné osobnosti, jakým je například slavný neurochirurg pan profesor Zdeněk Mraček, vynikající chirurg pan profesor Jiří Valenta, pan děkan Lékařské fakulty v Plzni profesor Boris Kreuzberg, dlouholetá ředitelka FN paní Jaroslava Kunová a naprosto samozřejmě můj celoživotní učitel na interní klinice FN Plzeň pan docent Rudolf Barcal. Této pocty se dožil při svých osmdesátinách, v roce 2012.

Rudolf se během své medicínské, pedagogické a výzkumné praxe dočkal mnoha dalších, možná daleko významnějších ocenění, ale věřím, že darovaného achátu, v ručně vyrobené kožené krabičce, si vážil především....

Rudolf Barcal byl vynikající, všestranně vzdělaný odborník, a to nejen v celé šíři interní medicíny, ale i v bioklimatologii, genetice, v biofyzice a v neposlední řadě v otázkách důležitého biogenního prvku – kyslíku. Zdůrazňoval, že tato problematika zastřešuje všechny medicínské obory. Sám často hovořil o „hledání nových cest v medicíně na hranicích velkých oborů“....

Rozsah jeho vědomostí a jeho umění správně vytipovat a správně vést svoje spolupracovníky, představovalo klíčové předpoklady pro průkopnické a vědecky zdůvodněné činy.

Je jistě pozoruhodné, že právě mne si Rudolf tenkrát spontánně nevytipoval. Mne k němu přiřadil tehdejší přednosta I. interní kliniky pan profesor Josef Sova s tím, že se budu podílet „.... *asistentem Barcalem na zahájení provozu tlakové komory*....“

Barokomoru jsem objevila jako „novinku“ po svém příchodu z krátkodobé mateřské dovolené na jaře roku 1968. Nevěděla jsem o této léčebné metodě vůbec nic, čemuž se nelze divit : .... „*ve škole jsme to neměli*“....

Když jsem přišla po rozhovoru s profesorem Sovou onoho březnového dopoledne na lékařský pokoj, psal pan asistent Barcal na psacím stroji....a když jsem na něho nesmělým hlasem spustila vzkaz pana profesora Sovy, tak ve psaní ustal a asi několik vteřin bylo ticho...Poté hlasem klidným, leč nejasným, pravil... „*tak dobře, já vám půjčím nějaké materiály, abyste věděla, o čem to je*...“ A ze své aktovky vyjmul asi tři stránky formátu A4, kde byl cyklostylovaný text o léčbě kyslíkem v přetlaku.

A na tomto okamžiku byla de facto započata moje profesní budoucnost. Stala jsem se jednou z jeho permanentních spolupracovnic, a z mého pohledu i věčnou žákyní, podobně jako jiní absolventi, ale především zástupy mediků naší fakulty. Neznám nikoho, kdo by neoceníl jeho perfektní znalosti, ochotu je předávat, diskutovat o nich, a činit velmi racionální závěry. Vždy ve prospěch nemocného a současné medicíny...a s ohleduplností k nám všem okolo. O všech jeho kladech svědčila i jeho velká oblíbenost ze strany pacientů...

Věnoval se ukázkově i svojí rodině, manželce Vlastičce a synovi Honzíkovi. Kvůli rodině setrval na klinice do předepsaného důchodového věku a pak se s námi rozloučil. Chtěl se plně věnovat svojí rodině, nemocné manželce Vlastičce a svému synovi, také lékaři.

Neznám nikoho, kdo by vůči Rudolfovi vznášel jakoukoliv kritiku. Naopak – jeho odchod z kliniky mnozí vnímali jako velikou škodu pro vše a pro všechny... On sám byl velmi zdrženlivý v hodnocení ne vždy korektních přístupů od některých kolegů...respektive náhle vzniklých mladších nadřízených.

Po jeho odchodu z kliniky jsem k Barcalovým občas chodila na návštěvu do rodinného domku v Plzni – Újezdě. S Rudolfem i s jeho paní Vlastou jsme živě diskutovali o všem možném, také samozřejmě o politice a společných přátelích.

Když jsem se rozhodla na jaře 2015 požádat nového ředitele FN MUDr.Šimánka, aby byl ukončen provoz staré a bezpečnostně nevyhovující lochotínské barokomory, začala jsem shánět důstojný prostor, kde by barokomora sloužila jako výukový a osvětový exponát. Přivítala jsem, že mě o vyřazenou barokomoru takřka po uplynulém roce požádal generální ředitel Národního technického muzea v Praze pan Karel Ksandr, který dnem 9. května 2017 otevírá výstavu, kde bude naše barokomora žádaným exponátem...

Chtěla jsem tam mít na stěně nápis, že jde o výstavu na počest 85. narozenin zakladatele a vědce docenta Rudolfa Barcala z Plzně, který se zasloužil spolu se zemřelým docentem Milanem Hadravským o významné pokroky v tomto medicínském oboru....

Rudolf Barcal se však této zcela jistě vítané pocty nedožil, neboť po krátké nemoci dne 16. března 2017 zemřel na metabolickém JIPu interní kliniky. Na tom JIPu, který jsme spolu v roce 1979 zakládali ve FN Bory a který by na Lochotíně po přestěhování v roce 1985 nebyl, nebyť zanícené, důsledné a obětavé práce docenta Barcala a kolektivu jeho spolupracovníků a přátel...My však slibujeme, že budeme pokračovat v rozvoji baromedicíny spolu s kolegy z ostatních barocenter, aby si snad někdo nemyslí, že s odchodem pana docenta Rudolfa Barcala „*tam nahoru*“ odchází i hyperbarická medicína z Plzně....

To přece nemůžeme Rudolfovi udělat! On ji v Plzni nejen založil, ale celostátně organizoval spolu s dalšími nestory i jiná česko-slovenská centra. Tím se pak stala hyperbarická medicína speciálním oborem v České lékařské společnosti.

Docent Barcal se stal také hlavním autorem zatím dvou jediných českých monografií na toto odborné téma...Jeho dokonalé organizační schopnosti vedly už dávno k tomu, že z mnoha sjezdů hyperbarické společnosti vycházely pravidelně Sborníky, ze kterých mohly být čerpány aktuální poznatky, standardy a inspirace...

Co sdělit závěrem? Rudo, věř, že Ti přeji se zástupem mnoha dalších vděčných žáků, spolupracovníků a přátel, že jsi zůstal nadále aktivním v jiných úlohách, kdy jsi zůstal sám s Honzíkem. A že Tvoje utrpení v nemoci bylo relativně krátké...

**Rudo, čest Tvoji památce! Nikdy nezapomeneme....**

Doc. MUDr. Milada Emmerová,CSc.,  
senátorka Parlamentu České republiky se spolupracovníky

# SPECIFIKA PACIENTA S MÍŠNÍ LÉZÍ A NAŠE ZKUŠENOSTI S HYPERBARICKOU MEDICÍNOU, PŘÍPADOVÉ STUDIE

Hyšperská Veronika, Daničková Eliška

Spinální jednotka při Klinice Rehabilitace a tělovýchovného lékařství, 2. LF UK a FN v Motole, Praha

## Abstrakt

Ročně přibývá v České republice 250-300 pacientů s míšní lézí. Nejčastější příčinou jsou úrazy, dále se jedná o poškození míchy na podkladě cévní etiologie, zánětu míchy či přilehlých struktur nebo onkologické diagnózy. Jedním z negativních projevů míšní léze je spasticita. Spinální pacienti mají rovněž vysoké riziko vzniku kožních defektů (dekubitů). Prevence je zcela zásadní, jelikož léčba je zdlouhavá a nákladná, přesto se s nimi setkáváme jak v akutním stadiu, tak zejména u pacientů delší dobu od vzniku léze. Dekubity I. - III. se zahojí konzervativně, u větších defektů je nutná plastická operace. Od roku 2016 jsme zařadili hyperbarickou oxygenoterapii do léčby chronických nehojících se defektů, kde konzervativní i operační léčba selhává nebo jako přípravu před plastickou operací. V současné době jsme využili hyperbarickou komoru u 8 pacientů, pět z nich absolvovalo léčbu za hospitalizace, tři ambulantně. U všech pacientů došlo již po několika ponorech k významnému zlepšení vitality tkání, zmírnění sekrece a zmenšení defektů. Péče o spinálního pacienta je velmi specifická a náročná. Hyperbarická oxygenoterapie může významně urychlit hojení chronických kožních defektů a stává se součástí léčby.

**Klíčová slova:** míšní léze, spinální pacient, dekubity, hyperbarická komora

## SPECIFICS OF THE PATIENT WITH SPINAL LESION AND EXPERIENCE WITH HYPERBARIC MEDICINE CASE STUDIES

Hyšperská Veronika, Daničková Eliška

Spinal unit at Department of rehabilitation and sport medicine, 2nd Faculty of Medicine, Charles University and Motol Hospital in Prague

## Abstract

In the Czech Republic there is increasing number of 250 – 300 patients with spinal lesion yearly. The most common causes are accidents, spinal cord injury due to vascular aetiology, inflammation of spinal cord or adjacent structures, and oncological diagnoses. The spasticity is one of the negative manifestations of spinal lesion. The prevention is crucial, as the treatment is lengthy and costly, yet we encounter them both in the acute stage and especially in patients with longer period of time from the onset of the lesion. Pressure ulcers of gr. I. - III. are able to heal conservatively, larger defects requires a plastic surgery. We have included the hyperbaric oxygen therapy (HBOT) in the treatment of chronic non healing defects where both conservative and surgical treatment fails or as a preparation before the plastic surgery since 2016. We have currently used HBOT in 8 patients, 5 of them on the inpatient's and 3 of them on the outpatient's basis. There were significant improvement in tissue vitality and decreased secretion and decreased the size of defects after several HBOT already. The care of the spinal patient is very specific and demanding. HBOT can significantly accelerate the healing of chronic skin defects and becomes part of the treatment.

**Keywords:** Spinal lesion, spinal patient, pressure ulcers, hyperbaric chamber

## Úvod

Ročně přibývá v České republice 250-300 pacientů s míšní lézí. Nejčastější příčinou jsou úrazy, dále se jedná o poškození míchy na podkladě cévní etiologie, zejména ischemie méně často hemoragie, zánětu míchy či přilehlých struktur s tlakem na míchu (Kriz et al., 2017). V menší míře se setkáváme s pacienty, kdy je příčinou primární tumor míchy či tumor nebo metastáza okolních tkání (Hájek et al, 2017; ÚZIS, 2017).

Pacienti po úrazu páteře jsou bezprostředně přijati k operaci na spondylochirurgická pracoviště a jakmile jsou kardiopulmonálně kompenzováni, jsou překládáni na spinální jednotku k zahájení intenzivní rehabilitace (Domingo et al, 2012).

Míšní léze není spojena pouze se ztrátou pohybu a citlivosti, ale jsou porušeny i autonomní funkce (mikce, defekace, regulace krevního tlaku a tepové frekvence, termoregulace).

Plicní komplikace jsou velmi časté u pacientů v akutní fázi, jednak v důsledku parézy dýchacích svalů, ale i přidružených poranění hrudníku (fraktury žebor, kontuze plic, fluido či hemothorax). Někteří pacienti, zejména s lézí v oblasti krční míchy potřebují různě dlouhou dobu umělou plicní ventilaci. V důsledku stázy hlenu při poruše expektorace jsou ohroženi atelektázami či rozvojem bronchopneumonie (Domingo et al, 2012).

U lézí v oblasti krční páteře je převaha parasympatické inervace, proto mají tyto pacienti hypotenzi a bradykardi, někdy s nutností přechodné kardiostimulace. Pro poruchu svalové pumpy dolních končetin a s tím souvisejícím vážnutím žilního návratu je u spinálních pacientů vysoké riziko tromboembolie, a ze stejného důvodu je často limituje ortostatická hypotenze (Dobkin et al, 2007).

Pacienti po poškození míchy nejsou schopni spontánní mikce, mají zavedený permanentní močový katetr, a jakmile to stav dovolí, jsou zacvičeni do samostatné intermitentní autokatetrizace. Stejně tak je porušena defekace a pacient je ohrožen ileosním stavem. Od počátku je nutno dbát na pravidelné vyprazdňování stolice (Dobkin et al, 2007).

U spinálních pacientů se setkáváme s různými typy bolestí. Nociceptivní bolesti souvisí zejména s traumatem a operačním výkonem, bolesti neuropatické vznikají na podkladě léze nervových struktur a mají zcela odlišnou medikamentosní léčbu. Dalším negativním projevem míšní léze je spasticita, která bývá výraznější a hůře ovlivnitelná u nekompletních lézí. Spinální pacienti mají vysoké riziko vzniku kožních defektů (dekubitů).

Péče o spinálního pacienta je velmi specifická a náročná. Komplexní terapie zahrnuje léčebnou, ošetrovatelskou, rehabilitační a psychologickou péči. Hlavní úlohu ve skladbě rehabilitace hraje výška léze a celkový stav pacienta (přidružená traumata, tracheostomie, dekubity). Mezi používané techniky patří respirační fyzioterapie, pasivní pohyby končetin k udržení rozsahu pohybu, cvičení na neurofyziologickém podkladě (Vojtova metoda, PNF, Bobath koncept), techniky měkkých tkání, aktivní a kondiční cvičení, vertikalizace. Z přístrojového vybavení používáme Motomed na horní i dolní končetiny, vertikalizační stůl a stojan, Terapi Master, Lokomat a přístroje pro fyzikální léčbu. Ergoterapie je zaměřena na nácvik soběstačnosti v běžných denních aktivitách a funkční dovednosti horní končetiny u tetraplegiků.

## Cíle

Cílem pobytu na spinální jednotce je dosažení co nejkvalitnějších posturálních funkcí v jednotlivých úrovních vertikalizace, dosažení maximální soběstačnosti, nastavení režimů (mikce, defekace, polohování) a příprava pacienta na další dlouhodobou rehabilitaci v rehabilitačním ústavu.

## Výsledky a diskuse

Spinální pacienti mají vzhledem k neurogenní lézi a imobilizaci vysoké riziko vzniku dekubitů. Prevalence je zcela zásadní, jelikož léčba je zdlouhavá a nákladná. S dekubity u pacientů s míšní lézí se setkáváme jak v akutním stadiu, tak zejména u lidí delší dobu od vzniku léze. Obecně je u léčby dekubitů je na prvním místě odlehčení. Dekubity I.-III. stupně se zahojí konzervativně, u větších defektů je nutná plastická operace (Kranke P. et al., 2012). Od roku 2016 jsme hyperbarickou komoru zařadili do léčby chronických nehojících se defektů, kde konzervativní i operační léčba selhává nebo jako přípravu před chirurgickým uzavřením defektu. V současné době jsme využili hyperbarickou oxygenoterapii (HBOT) u 8 pacientů, pět z nich absolvovalo léčbu za hospitalizace, tři dojíždějí ambulantně. U všech pacientů došlo již po několika HBOT k významnému zlepšení vitality tkání, zmírnění sekrece a zmenšení defektů. HBOT může významně urychlit hojení chronických kožních defektů a měla by být součástí léčby (Hajek et al, 2017, Klugarova et al, 2015).

## Referenční seznam

Dobkin, B., Barbeau, H., Deforge, D., Ditunno, J., Elashoff, R., Apple, D., . . . Harkema, S. (2007). *The evolution of walking-related outcomes over the first 12 weeks of rehabilitation for incomplete traumatic spinal cord injury: the multicenter randomized Spinal Cord Injury Locomotor Trial*. *Neurorehabilitation and neural repair*, 21(1), 25-35.

Domingo, A., Al-Yahya, A. A., Asiri, Y., Eng, J. J., Lam, & Spinal Cord Injury Rehabilitation Evidence Research Team, T. (2012). *A systematic review of the effects of pharmacological agents on walking function in people with spinal cord injury*. *Journal of neurotrauma*, 29(5), 865-879.

Hájek, M., Chmelař, D., Klečka, L., Klugar, M., Pudil, R., Racek, J., . . . Zapletatová, J. (2017). *Hyperbarická medicína: Mladá fronta a.s.*

Klugarova, J., Klugar, M., Mareckova, J., & Hajek, M. (2015). *Methodology of Systematic Review Development I: the Effectiveness of Hyperbaric Oxygen Therapy on Mortality in Adults with Craniotrauma*. *CESKA A SLOVENSKA NEUROLOGIE A NEUROCHIRURGIE*, 78(5), 555-561.

Kranke P, Bennett M. H, Martyn-St James M, Schnabel A, Debus S. E. (2012). *Hyperbaric oxygen therapy for chronic wounds*. *Cochrane Database Syst Rev*; 4: CD004123 [PMID:

Kríz J, Kulakovska M, Davidova H, Silova M, Kobesova A. (2017). *Incidence of acute spinal cord injury in the Czech Republic: a prospective epidemiological study 2006–2015*. *Spinal Cord*; March 14; doi:10.1038/sc.2017.20

ÚZIS. (2017). *Ročenky | ÚZIS ČR*. *Uzis.cz*. Retrieved 29 May 2017, from <http://www.uzis.cz/category/edice/publikace/rocenky>

# PROJEKT ČESKO - BAVORSKÉ SPOLUPRÁCE ZÁCHRANNÝCH SLUŽEB VERSUS DOSTUPNOST HBO PŘI OTRAVĚ CO

Růžička J., Bolek L., Dvořák M  
Zdravotnická záchranná služba Plzeňského kraje, Fakulta zdravotnických studií ZČU

## Abstrakt

Sdělení prezentuje pilotní projekt česko – bavorské spolupráce na poli poskytování přednemocniční péče, založená na spolupráci Zdravotnické záchranné služby Plzeňského kraje, Bavorského červeného kříže, Fakulty zdravotnických studií ZČU a Technické univerzity Deggendorf. Projekt řeší nejrůznější formy spolupráce tak, aby fakticky padla hranice mezi oběma státy. Základem projektu je důkladná právní a odborná analýza poskytování péče na obou stranách, stáže studentů a zaměstnanců, společná cvičení obou týmů. Specificky sdělení akcentuje možnost spolupráce při poskytování HBO u pacientů stížených otravou CO.

**Klíčová slova:** přednemocniční péče, otrava CO

## CZECH – BAVARIAN EMERGENCY RESCUE SERVICE COOPERATION AND HYPERBARIC OXYGEN IN CO POISSONING

Růžička J., Bolek L., Dvořák M  
Medical Rescue Service of the Pilsen Region, Faculty of Health Studies, UWB

## Abstract

Paper presents a pilot project of Czech – Bavarian rescue cooperation in prehospital care. It is based on cooperation between Emergency Medical Service of Pilsen region, Bavarian Red Cross, Faculty of Medical Studies ZCU and University Deggenforf. The final goal of the project is to establish cooperation in the way of no CZ / DE border. Paper presents possible cooperation in hyperbaric oxygenation in CO Poissoning.

**Keywords:** prehospital care, CO poisoning

## Koncept koordinace a realizace přeshraniční spolupráce zdravotnických záchranných služeb

Dne 1.7. 2016 započalo řešení mezinárodního projektu Koncept koordinace a realizace přeshraniční spolupráce zdravotnických záchranných služeb, který bude mít významný dopad jak pro obyvatelstvo česko-bavorského pohraničí, tak všech osob, které se v této oblasti rekreují, pracují či jen touto oblastí projíždí. Projekt je realizován v rámci Programu přeshraniční spolupráce Česká republika - Svobodný stát Bavorsko, cíl EÚS (Evropská územní spolupráce) 2014 – 2020.

Základní myšlenkou projektu je dosažení trvalé spolupráce záchranných zdravotnických služeb Bavorska a Plzeňského, Karlovarského a Jihočeského kraje při vytváření podmínek pro rychlou, kvalitní, efektivní a legislativě odpovídající přeshraniční zdravotnickou pomoc urgentně nemocným osobám a to jak v individuálních, tak i v hromadných případech. Přes to, že ČR a Bavorsko má již více než 25 let otevřené hranice a oboustranná spolupráce založená na příslušné legislativě probíhá v jiných oborech již roky, otázka spolupráce příhraničních záchranných zdravotnických služeb není doposud vyřešena.

K řešení právě tohoto problému má přispět zmiňovaný projekt, na jehož přípravě se dlouhodobě spolupracovalo. První myšlenky vznikly na 1. Německo-české akademii o záchranné službě, která se konala v Regensburgu 17. - 18. 11. 2011 a od té doby se jednak diskutovaly různé aspekty budoucího společného projektu a jednak se intenzivně hledaly zdroje jeho financování. Postupně také vykrystalizovali klíčoví partneři budoucího projektu, a to Bavorský červený kříž, Zdravotnická záchranná služba Plzeňského kraje (ZZSPK), Fakulta zdravotnických studií Západočeské univerzity (FZS PK) a Technická vysoká škola v Deggendorfu. Během r. 2015, kdy již bylo známo, že bude vyhlášena výzva k podávání projektů v rámci EÚS – Česká republika – Svobodný stát Bavorsko, se definitivně rozeběhly přípravné práce na projektu. Koordinátorem přípravy celého projektu se stala Fakulta zdravotnických studií ZČU, která bude v rámci řešení projektu také koordinovat aktivity české strany a zároveň bude garantovat plnění vybraných klíčových aktivit. Klíčovým subjektem za českou stranu je ale samozřejmě Zdravotnická záchranná služba Plzeňského kraje, která bude hlavním partnerem Bavorského červeného kříže.

V rámci projektu se bude řešit celkem 9 pracovních balíčků, které směřují k dosažení hlavního cíle, kterým je dosažení rutinní přehraniční spolupráce, transfer vědomostí, odstraňování jazykové bariéry a společná příprava strategií pro vytvoření a běh moderní a potřeby obyvatelstva maximálně respektující záchranné služby. K významným dílčím cílům projektu pak patří: Analýza konkrétních překážek a následné zpracování návrhů jejich odstraňování v oblastech legislativy, práva, technického vybavení, komunikace a logistiky. Vytvoření koordinačního a kompetenčního centra ve Furth im Wald, které bude koordinovat česko-bavorskou spolupráci při řešení cílů dlouhodobě, tedy nejen v rámci projektu. Zde se budou shromažďovat a ve spolupráci s partnery analyzovat veškerá data potřebná k řešení cílů a odtud odkud pak půjdou konkrétní návrhy příslušným legislativním a vládním strukturám. Vzdělávání a další vzdělávání studentů na univerzitách, studentů odborných škol a zaměstnanců zúčastněných záchranných složek, zahrnujících i výměnné odborné stáže, přispěje vysokou měrou ke zlepšení spolupráce, ale také ke zvýšení kvalifikací a zlepšení komunikace v rozdílných jazycích. Výsledkem bude vysoká kvalita a jednotnost péče o pacienta při přehraničních zásazích. Praktickým a pro účely dosažení cílů projektu nezbytným prostředkem přípravy všech složek záchranných systémů jsou cvičení událostí s výskytem zraněných či zdravotně postižených osob a to včetně mimořádných událostí s hromadným výskytem zraněných, na kterých se nejlépe ukáže jak potřeba vzájemné spolupráce, tak i problémy s tím spojené. Taková cvičení umožní zajistit teoretický i praktický trénink a tím i maximální připravenost záchrannů pro možné reálné situace. Proto byla do projektu naplánována právě tato činnost, která se zároveň stane podstatným zdrojem informací pro analytické cíle projektu.

Součástí projektu tedy budou jak operativní tak i taktická cvičení s tím, že tíhu jejich organizace ponese hlavně ZZSPK, která disponuje dlouholetými zkušenostmi, školenými silami i kvalitními prostředky, které jsou pro potřeby cvičení zcela nezbytné. Operativní cvičení se liší od taktického cvičení tím, že se mimořádné situace nacvičují teoreticky. Cvičení probíhá v učebnách, kde se za přítomnosti zkušených profesionálů nacvičují a analyzují postupy při řešení situací, které již dříve nastaly, či jsou jen hypotetické. V rámci těchto cvičení se řeší hlavně taktika a strategie řízení potřeb zdrojů a prostředků. Tato cvičení slouží také jako příprava na taktická cvičení a samozřejmě jsou i cenným zdrojem informací pro analytickou část projektu. Tato teoretická cvičení však nemohou nahradit taktická, tedy reálná cvičení, která prověřují funkčnost všech složek v praxi. V rámci projektu je naplánována uspořádání 4 operativních cvičení, střídavě na bavorské a české straně.

Na rozdíl od operativního cvičení probíhá taktické v terénu za použití reálných osob, prostředků a zdrojů. Tématem cvičení může být např. hromadné postižení zdraví při neštěstí či katastrofě (např. srážky vlaků, výbuch plynu ve velkém bytovém domě, pád letadla), teroristickém útoku, při akutně vzniklé rozsáhlé epidemii nebo zdravotnické zabezpečení v rámci migrační krize atd. Zdravotnické záchranné služby v příhraničních oblastech nedisponují takovou taktickou silou jako v centrech (např. Deggendorf či Plzeň) a tak využití přehraniční spolupráce při těchto zásazích je takřka nezbytné, což



se ukázalo při nedávném vlakovém neštěstí v blízkosti německo-rakouských hranic. Taktické cvičení se záchrannými složkami sousedního státu pomůže odstranit nedostatky v komunikaci, pochopit postupy zahraniční záchranné složky a seznámit se s jejími možnostmi a materiálním vybavením. Dalším, velmi významným cílem taktických cvičení je získání cenných informací pro analytickou část projektu. V rámci projektu jsou naplánována 2 taktická cvičení, jedno na české straně, jedno na bavorské. Hlavním realizátorem druhého taktického cvičení bude BRK, hlavním realizátorem prvního taktického cvičení bude ZZSPK. V praxi však bude příprava cvičení i vlastní cvičení probíhat za maximální spoluúčasti obou stran. Fakulta zdravotnických studií ZČU bude zajišťovat vzdělávací a výzkumné stránky projektu, které mají sloužit k dlouhodobé udržitelnosti cílů projektu.

FZS bude zajišťovat pořádání seminářů, školení a tréninků, které budou podporovat či navazovat na jiné aktivity projektu. Tyto vzdělávací akce budou zaměřené na vzájemné vzdělávání a sdílení zkušeností v různých oblastech zdravotnické, záchranné, legislativní a operativní problematiky. Vzdělávací proces bude probíhat na české straně na FZS ZČU, na bavorské straně pak bude využito možností Technické vysoké školy v Deggendorfu a nově vznikajícího Kompetenčního a poradenského centra ve Furthu. Zkušenosti a vědomosti takto získané pak budou transferovány do systematického vzdělávacího procesu studentů záchranné služby či zaměstnanců záchranných služeb, což významně přispěje ke zkvalitnění a dlouhodobé udržitelnosti vzájemné přeshraniční spolupráce zdravotnických záchranných služeb. Semináře budou zaměřené na vzájemné vzdělávání a sdílení zkušeností v různých oblastech zdravotnické, záchranné, legislativní a operativní problematiky. Takové akce se budou konat v závislosti na potřebách, které vyplynou z běhu projektu či průběžných analýz. Frekventanti výměnných stáží budou před absolvováním stáží instruováni o programu, náplni a specifických stáží u partnerů.

Součástí školení stážístů bude také absolvování tréninkových dní ve středisku Svět záchrannářů Karlovy Vary. Vzhledem k obecné potřebě znalosti jazyka druhé strany, tak i k plánované potřebě vybavit centrální operační střediska v Plzni a na bavorské straně záchranní školenými pro práci v cizím jazyce, bude jak pro záchrannáře, tak pro studenty, kteří se zúčastní stáží, zajišťována jazyková příprava. V rámci projektu bude na FZS instalován simulátor sanitního vozu, který bude do detailu identický s vybavením a kompozicí moderní reálné sanitky. Využití simulátoru při výuce významně zkvalitní a zefektivní přípravu záchrannářů. Simulátor je určen pro vzdělávání a trénink nejen studentů ale též záchrannářů obou zúčastněných stran. Cenná data, získaná při všech aktivitách projektu pak budou Fakultou zdravotnických studií i Technickou univerzitou v Deggendorfu v rámci jejich výzkumu dále zpracována a analyzována za účelem dalšího zefektivnění činnosti vlastních záchranných služeb tak i vzdělávacího procesu potřebného pro tuto oblast. Výzkumná část projektu byla oběma stranami od počátku v projektu významně akcentována právě pro zásadní přínos v rámci dlouhodobé udržitelnosti a hlavně rozvoje a zkvalitňování činnosti spolupracujících záchranných služeb. Posledním, ale rozhodně významným a důležitým přínosem projektu je to, že bude sloužit jako pilot, od kterého se bude odvíjet spolupráce záchranných služeb i v jiných příhraničních oblastech, z čehož v konečném důsledku budou trvale profitovat obyvatelé obou stran hranic, což je hlavním smyslem projektu.

Projekt v současné době řeší i možnosti vzájemné spolupráce při směřování pacientů do hyperbarických center, v rámci strategie co nejrychlejší dostupnosti HBO u otravy CO. Na bavorské straně lze do systému zapojit komory v Mnichově, Lipsku a Regensburgu. Vzhledem k časové dostupnosti není racionální transport pacientů ve vozech rychlé záchranné pomoci a v úvahu připadají vrtulníky letecké záchranné služby. Právní konsekvence takové pomoci se v současnosti řeší, ve sdělení bude prezentován stávající stav věci.

# HYPERBARICKÁ OXYGENOTERAPIA A KMEŇOVÉ BUNKY REPREZENTOVANÉ ANTIGÉNOM CD34

Herman Oto

Oddelenie hyperbarickej oxygenoterapie, Fakultná nemocnica Trenčín  
Fakulta zdravotníctva – Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka

## Abstrakt

Cieľom prednášky je predložiť informácie o vzťahu hyperbarickej oxygenoterapie a mechanizme aktivácie buniek kostnej drene, reprezentovanej bunkovou líniou so znakom CD34, ktorý je v súčasnosti uznávaný ako marker progenitorovej aktivity kostnej drene. V prvej časti je poskytnutá informácia o mechanizmoch účinku hyperbarickej oxygenoterapie. V druhej je definovaný pojem kmeňová bunka, jej vlastnosti, rozdelenie, využitie a spôsoby získavania. Tretia časť je venovaná prepojeniu hyperbarickej oxygenoterapie a jej vplyvu na mobilizáciu kmeňových buniek, reprezentovaných markerom CD34, z kostnej drene do cirkulácie. Popisuje sa stimulačný efekt HBO cez priamu aktiváciu eNOS v stróme kostnej drene. Posledná časť –pilotná štúdia– obsahuje štatistickú analýzu vstupných a výstupných hodnôt populácie buniek CD34+ sledovanej kohorty pacientov a ich porovnanie s údajmi z dostupnej svetovej literatúry. Na vzorke pacientov (n=32) rozdelenej na skupinu -DIABETICI- (n=16) a -NEDIABETICI- (n=16) je po liečbe hyperbarickou oxygenoterapiou dokumentované signifikantné zvýšenie počtu CD34+ buniek. Z výsledkov práce možno potvrdiť účinok hyperbarickej oxygenoterapie na mobilizáciu buniek kostnej drene a jej pozitívny efekt na metabolizmus, reprezentovaný hodnotou laktátu v krvi.

**Kľúčová slova:** hyperbarická oxygenoterapia, kmeňové/progenitorové bunky, CD34, kostná dreň

## HYPERBARIC OXYGENOTHERAPY AND STEM CELLS REPRESENTED BY CD34 ANTIGEN

Herman Oto

Department of Hyperbaric Medicine, Faculty Hospital Trenčín  
Faculty of Medicine, Alexander Dubček University in Trenčín

## Abstract

The aim of this presentation is to provide insight about the relation between hyperbaric oxygen therapy and bone marrow cell activation, represented by the CD34+ cell line, which is recognised as a marker of progenitor bone marrow activity. The first section provides a summary of mechanism of action hyperbaric oxygen therapy. The second section defines the concept of stem cells, its characteristics, distribution, use and methods of collection. The third section analyses the link between hyperbaric oxygen therapy and stem cell mobilisation from bone marrow into circulation. The stimulating effect of HBO via direct activation of eNOS in the stroma of the bone marrow is expounded. The finally section of the thesis comprises of a statistical analysis of input and output values of the CD34+ cell population of the monitored cohort of patients. These are then compared with the data from available literature. The patient sample (n=32) is divided into groups of -DIABETICS- (n=16) and -NON-DIABETICS- (n=16). A significant increase in the number of CD34+ cells is documented in both of these groups after treatment with hyperbaric oxygen therapy. These results confirm the effect of hyperbaric oxygen therapy on bone marrow cell mobilisation as well as its positive effect on metabolism, which is represented by the value of lactate in the blood.

**Keywords:** hyperbaric oxygen therapy, stem/progenitor cells, CD34, bone marrow

## **Pilotná štúdia**

### **Súbor pacientov a protokol**

Pilotná štúdia bola realizovaná na Oddelení hyperbarickej oxygenoterapie (HBO) Fakultnej nemocnice v Trenčíne. Uvedené pracovisko sa zaoberá liečbou a komplexným vedecko-výskumným sledovaním pacientov, ktorí sú indikovaní na liečbu hyperbarickou oxygenoterapiou. Táto metóda je súčasťou terapie pacienta a je vykonávaná na pracovisku, kde je komplexná starostlivosť zabezpečená dostupnosťou odbornej internistickej, diabetologickej, angiologickej, mikrobiologickej a komplexnej ošetrovateľskej starostlivosti.

Súbor bol vybraný metódou náhodného výberu z pacientov podstupujúcich hyperbarickú oxygenoterapiu v termínoch od decembra 2015 do februára 2017.

#### ***Inklúzne kritériá:***

- vek nad 18 rokov
- schopnosť podpísať informovaný súhlas
- indikácia pre zaradenie do liečby HBO podľa indikačného zoznamu UHMS/EUBS/VŠZ

#### ***Exklúzne kritériá:***

- užívanie kortikosteroidov alebo chemoterapeutickej (krvotvorbu ovplyvňujúcej) alebo imunosupresívnej liečby 1 rok pred zaradením
- predchádzajúca liečba HBO z akejkoľvek indikácie v posledných 3 mesiacoch pre zaradením
- štandardné kontraindikácie liečby HBO

V kontexte s cieľom štúdie – sledovaním vplyvu liečby hyperbarickým kyslíkom na mobilizáciu kmeňových buniek s vyhodnotením znaku CD34+ ako markera aktivity progenitorových buniek pri prognosticky aj spoločensky najrizikovejšej diagnóze – bola sledovaná skupina pacientov rozdelená na podskupiny - súbor pacientov s diagnostikovaným diabetes mellitus (16 pacientov) a súbor pacientov bez diabetes mellitus (16 pacientov). Súbor pacientov s diabetes mellitus zahŕňoval aj pacientov s rozvinutým syndrómom diabetickej nohy (n = 14).

## **Metodika**

Pacientom bola poskytnutá štandardizovaná liečba HBO. Pacienti absolvovali 20 expozícií – 5 dní v týždni (pondelok - piatok) v kontinuálnom priebehu. Liečebná expozícia bola v tlaku 2,5 ATA (absolútnej atmosféry), čo predstavuje liečebný pretlak 1,5 bar (0,15 MPa). Expozície boli podľa štandardizovaného protokolu s inhaláciou 100% kyslíka maskou v trvaní 90 minút s prerušením inhalácie 100% kyslíka a inhaláciou vzduchu v trvaní 10 minút po 30-tej minúte expozície. Expozície boli vykonávané v dvanásťmiestnej hyperbarickej komore HAUX Starmed 2200 na Oddelení hyperbarickej oxygenoterapie FN Trenčín.

Hlavným sledovaným parametrom v tejto práci bolo stanovenie počtu CD34+ buniek vo vzorke periférnej krvi. Ako doplnkový pomocný ukazovateľ aktuálneho celkového metabolického stavu organizmu bola sledovaná hodnota laktátu vo vzorke periférnej krvi pacienta.

Venózna krv na stanovenie sledovaného parametra (CD34) bola odoberaná pred 1. expozíciou (T0), a po absolvovaní 20. expozície (T20). Na identifikáciu a stanovenie percentuálneho zastúpenia živých CD34+ zo všetkých živých leukocytov v krvnom materiáli so stanoveným počtom leukocytov bola použitá diagnostická súprava BD TM Stem Cell Enumeration od firmy BD Biosciences. Na analýzu označených buniek bol použitý prietokový cytometer BD FACSCanto II a na vyhodnotenie BD Stem Cell Enumeration modul pre BD FACSCanto II klinický softwar v 2.4.

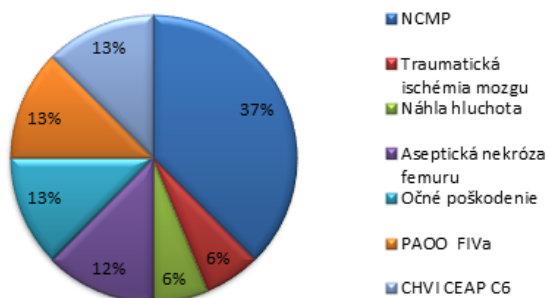
Na štatistickú analýzu bol využitý GraphPad Prism 5 software pre Windows. Hodnota pravdepodobnosti  $p < 0.05$  bola stanovená ako štatisticky signifikantná.

## Charakteristika súboru

Do pilotnej štúdie bolo zaradených 32 pacientov – 21 mužov a 11 žien, pričom celá kohorta podstúpila 20 expozícií v hyperbarickej komore. Priemerný vek súboru bol 61,2 roka, pričom priemerný vek žien bol 59,4 roka a mužov 63,3 roka. Súbor bol rozdelený do 2 skupín na základe diagnostikovaného diabetes mellitus - skupina I „NEDIABETICI“ a skupina II „DIABETICI“.

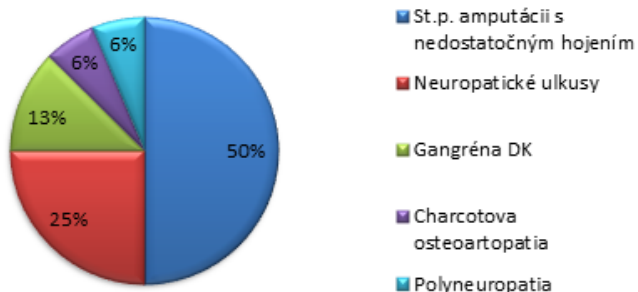
Obrázok 1 : Graf rozdelenia skupiny „Nediabetici“. NCMP - náhla cievna mozgová príhoda, PAOO FIVa – periférne artériové ochorenie, štádium IVa podľa Fontainovej klasifikácie (št. ohraničenej nekrózy), CHVI CEAP C6 – chronická venózna insuficiencia, štádium C6 podľa klasifikácie CEAP (čerstvý ulcer cruris)

### Nediabetici



Obrázok 2 : Graf rozdelenia skupiny „Diabetici“

### Diabetici



Tabuľka 1: Porovnanie vybraných parametrov kohorty.  
 BMI – body mass index, NS – non significant,  $p < 0.05$  – úroveň signifikantnosti.

	Nediabetici (n = 16)	Diabetici (n = 16)	p
Vek (roky)	56,25 ± 18,84	67,81 ± 5,55	NS
Pohlavie - mužské, n (%)	7 (43,75 %)	14 (87,5 %)	$p < 0.05$
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	26,57 ± 4,97	29,10 ± 4,25	NS

## Výsledky

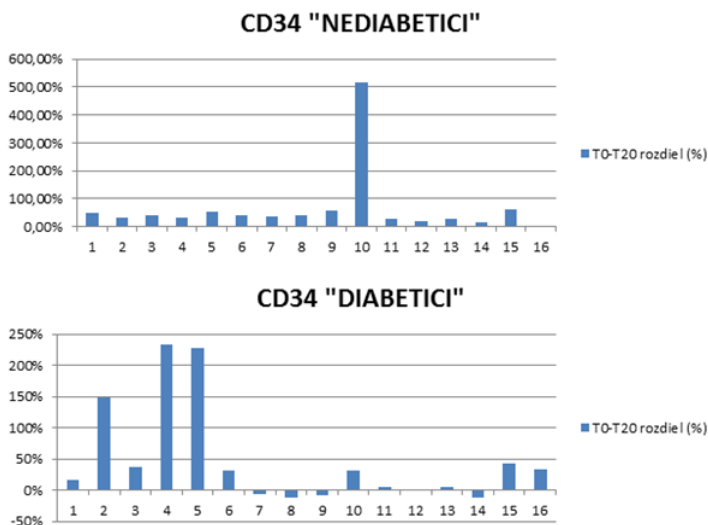
Bol dokumentovaný signifikantný vzostup CD34+ v T20 v skupine „NEDIABETICI“ (1,21 [0,88 – 1,71] pred HBO v.s. 1,60 [1,46 – 3,11] po HBO,  $p = 0,005$ ), takisto sa tento vzostup potvrdil aj v skupine „DIABETICI“ (1,76 [1,13 – 2,8] pred HBO v.s. 1,95 [1,49 – 2,95] po HBO,  $p = 0,01$ ) (obr. 3) (tab. 2).

Tabuľka 2: Štatistické porovnanie medzi bazálnym meraním a meraním po absolvovaní 20 sedení v hyperbarickej komore, CD34 T0 – hodnota CD34+ buniek/μl pred 1. expozíciou HBO, CD34 T20 – hodnota CD34+ buniek/μl po absolvovaní 20-tej expozície, Laktát T0 – hodnota laktátu v mmol/l pred 1. expozíciou HBO, Laktát T20 – hodnota laktátu v mmol/l po absolvovaní 20-tej expozície HBO, NS – non significant,  $p < 0.05$  úroveň signifikantnosti.

	CD34 T0	CD34 T20	p
Nediabetici (n=16)	1,21 [0,88 – 1,71]	1,60 [1,46 – 3,11]	$< 0,005$
Diabetici (n=16)	1,76 [1,13 – 2,8]	1,95 [1,49 – 2,95]	$< 0,01$

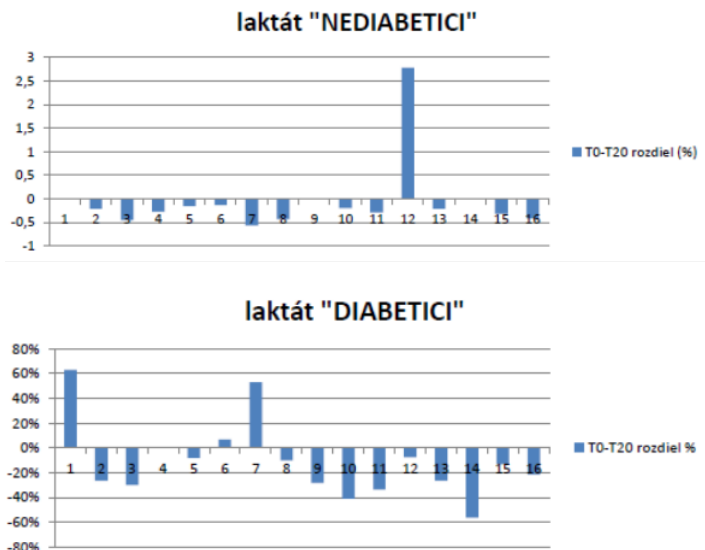
	Laktát T0	Laktát T20	P
Nediabetici (n=13)	1,55 [0,83 – 2,70]	1,23 [0,5 – 2,31]	$= 0,02$
Diabetici (n=16)	1,82 [1,08 – 2,82]	1,55 [0,9 – 2,83]	$= 0,05$

Obrázok 3: Graf zmeny hodnôt CD34+ (%) v sledovaných skupinách



Hodnota poklesu laktátu v v čase T20 v skupine „NEDIABETICI“ dosiahla štatisticky významného poklesu na úrovni  $p=0,02$  a v skupine „DIABETICI“ dosiahla pokles na úrovni hraničnej štatistickej signifikantnosti  $p=0,05$  (obr.4) (tab.2).

Obrázok 4: Graf zmeny hodnôt laktátu (%) v sledovaných skupinách „NEDIABETICI“  $n=13$  a „DIABETICI“  $n=14$



## Diskusia

Cieľom tejto práce bolo zistenie vzťahu hyperbaroxie a segmentu kmeňových buniek a ich vzájomnej interakcie v hyperbarickom prostredí a porovnanie získaných výsledkov so štúdiami z iných pracovísk.

Výsledky CD34+ získané na limitovanej vzorke pacientov, sú v prezentácii porovnávané s dostupnými prácami s touto problematikou zo špecializovaných vedeckovýskumných pracovísk. Nebola nájdená žiadna práca slovenského, českého ani stredo európskeho pôvodu venujúca sa tejto téme – sledovania zmeny hodnôt CD34+ a laktátu u pacientov počas aplikácie hyperbarickej oxygenoterapie.

### Hlavné sledované parametre a ich spracovanie:

#### 1. Zhodnotenie nameraných vstupných hodnôt CD34+ v celej sledovanej skupine a ich porovnanie s údajmi z dostupnej literatúry

Celkový počet CD34+ buniek v cirkulácii je veľmi nízky. Predstavuje len cca 0,01-0,03% z počtu leukocytov – čo predstavuje rádovo 1-5 buniek v  $\mu\text{l}$  krvi. V takýchto hodnotách sa pohybovali aj získané hodnoty v celom súbore – od 0,32 po 4,9 bunky/ $\mu\text{l}$ , čo sú porovnateľné hodnoty s výsledkami z prác (Heyboer et al., 2014; Liao et al., 2010; Thom et al., 2016). V našom súbore bola priemerná hodnota CD34+ v skupine „NEDIABETICI“ pri vstupnom meraní 1,52 bunky/ $\mu\text{l}$ , v skupine „DIABETICI“ bola hodnota vyššia - 1,85 bunky/ $\mu\text{l}$ . Hoci je všeobecne v dostupnej literatúre dokumentované, že u diabetikov je uvoľňovanie CD34+ do cirkulácie znížené v dôsledku poruchy mechanizmu tvorby NO (102), v našom súbore hodnoty CD34+ neboli dokumentované ako signifikantne nižšie oproti skupi-

ne „NEDIABETICI“. Keďže bolo v skupine „DIABETICI“ 14 pacientov s ranou (87%), predpokladáme, že uvedené „relatívne stúpnutie“ počtu CD34+ buniek bolo v dôsledku „už odštartovaného“ mechanizmu hojenia. Cez signálne molekuly HIF, VEGF a iné - tvorené v rane sa aktivovala kaskáda, smerujúca až k uvoľňovaniu CD34+ z kostnej drene už v čase pred zahájením HBO a teda aj v čase T0. V prezentácii sú poskytnuté príklady komparácie s odbornou literatúrou spomínaných autorov (Heyboer et al., 2014; Liao et al., 2010; Thom et al., 2016).

## **2. Sledovanie dynamiky hodnoty CD34+ po absolvovaní 20 expozícií liečby HBO v skupine „NEDIABETICI“**

Po absolvovaní 20 expozícií HBO v skupine „NEDIABETICI“ došlo u všetkých sledovaných pacientov k navýšeniu počtu CD34+ z priemernej hodnoty 1,52 bunky/μl na hodnotu 1,64 bunky/μl. V percentuálnom vyjadrení pomeru nárastu počtu buniek došlo k navýšeniu v priemere o 36% (obr.3). Súbor obsahoval aj pacienta, u ktorého došlo k zvýšeniu počtu CD34+ (+518%), ale aj pacient u ktorého k navýšeniu takmer nedošlo (4,5%).

## **3. Sledovanie dynamiky hodnoty CD34+ po absolvovaní 20 expozícií liečby HBO v skupine „DIABETICI“**

Po absolvovaní 20 expozícií HBO v skupine „DIABETICI“ došlo k priemernému nárastu navýšenia počtu CD34+ o 29,3%, pričom detailnejší pohľad ukazuje zvýšenie u 11 pacientov v rozpätí od 5% až po 233% vstupnej hodnoty, avšak u 4 pacientov došlo k nevýznamnému poklesu CD34+ od 5,3% po 12,7% a 1 pacient ostal na nezmenenej hodnote (obr. č. 3). Za uvedenými hodnotami parametra CD34+, kde je dokumentovaný v priemere menší vzostup o 7% oproti skupine „NEDIABETICI“ by mohli byť teoretické predpoklady defektnej – zníženej tvorby NOS u pacientov s diabetes mellitus, a následná znížená produkcia NO ako kľúčového mechanizmu pre mobilizáciu CD34+ z kostnej drene.

## **4. Porovnanie dynamiky CD34+ s údajmi z dostupnej literatúry**

Pri porovnávaní získaných hodnôt v tejto práci oproti dokumentovaným nárastom CD34+ v dostupnej literatúre nachádzame významné rozdiely. V prezentácii sú poskytnuté príklady komparácie s odbornou literatúrou (Gallagher et al., 2007; Heyboer et al., 2014; Thom et al., 2006; Thom et al., 2011).

## **5. Porovnanie dynamiky hodnoty laktátu ako vedľajšieho ukazateľa metabolického stavu organizmu pred zahájením liečby a po absolvovaní 20 expozícií HBO**

Hodnota laktátu bola sledovaná ako pomocný nezávislý marker celkového metabolického stavu. Priemerná vstupná hodnota v skupine „DIABETICI“ bola 1,82 mmol/l a po HBO liečbe (20 expozíciách) klesla na hodnotu 1,55 mmol/l s poklesom na úrovni štatistickej významnosti  $p=0,05$  v priemere o 15%. V skupine „NEDIABETICI“ bola priemerná vstupná hodnota 1,55 mmol/l a po terapii bola hodnota 1,23 mmol/l, pričom pokles v tejto skupine bol vyhodnotený na úrovni štatistickej významnosti s  $p=0,02$ . pričom k poklesu došlo okrem jedného pacienta u všetkých pacientov s meranými hodnotami. Vyššia priemerná vstupná hodnota laktátu v skupine „DIABETICI“ 1,81 mmol/l oproti 1,55 mmol/l v skupine „NEDIABETICI“ – cca o 15%, môže korešpondovať s metabolickým stavom diabetikov s ranou, ktorí boli v tejto skupine vysoko prevažujúci. Aj celkové hodnoty laktátu po liečbe HBO sa významne líšili – „NEDIABETICI“ vs. „DIABETICI“ mali priemerné hodnoty 1,23 vs. 1,55 – čo je cca 20% rozdiel. Získané hodnoty potvrdzujú zlepšenie metabolickej kompenzácie charakterizovanej hodnotou laktátu po liečbe HBO, najmä v skupine pacientov „DIABETICI“.

## Záver

Progenitorové bunky v mechanizme tvorby viac alebo menej špecifikovaných reparačných mechanizmov predstavujú kľúčový mechanizmus, kde jednou z hlavných podmienok reparácie je vytvorenie spôsobu, ako dostať krv do miesta reparácie. A práve endotelové progenitorové bunky, alebo lepšie – bunky s povrchovým markerom CD34, ktorých pool obsahuje aj endotelové progenitorové bunky sú schopné neovaskularizácie v postihnutom mieste. V pilotnej štúdii sme sa sledovali vplyv hyperbarickej oxygenoterapie na mobilizáciu progenitorových buniek z kostnej drene po 20 expozíciách v hyperbarickej komore. Zistili sme značnú rozdielnosť v literárnych údajoch o účinku hyperbarickej oxygenoterapie na dynamiku zvyšovania mobilizácie progenitorových buniek z kostnej drene do cirkulácie, ktoré sú označené ako CD34+/45-. Všeobecne došlo k zvyšovaniu hodnoty CD34+, tak ako v skupine diabetici ako aj v skupine nediabetici. Zvýšenie hodnoty CD34+ bunkovej populácie sa pohybovalo od cca 30% u diabetikov po cca 36% u nediabetikov. Tieto čísla nezodpovedajú všeobecne deklarovaným literárnym údajom o 2-8 násobnom zvýšení počtu progenitorových buniek mechanizmom účinku HBO. Tento všeobecný údaj o násobnom zvyšovaní progenitorových buniek treba doplniť o údaje, ktorých pacientov alebo typov rán sa týka. Štúdie deklarujú svojimi výsledkami významný rozdiel v reaktivite organizmu resp. rany. Skupina diabetických pacientov má uvedenými prácami jednoznačne hendikepovaný mechanizmus reparácie rán sprostredkovaný účinkom dreňových progenitorových buniek. V diabetickej populácii sa tak na zvieracích modeloch ako aj na humánnych štúdiách preukázal defektný mechanizmus tvorby NO-syntázy poruchou fosforylácie, čo má za následok nedostatočnú mobilizáciu progenitorových buniek z dreňového niché a zároveň sa uplatňuje defektný mechanizmus homingu kmeňových endotelových progenitorových buniek v mieste ischemického tkaniva, sprostredkovaný nedostatočnou tvorbou chemoatraktantu SDF-1. Uvedený mechanizmus defektného homingu má však perspektívu riešenia, ktorú predstavuje už dostupná náhrada – plerixafor – syntetický analóg. V skupine diabetikov sme nepotvrdili očakávanú nižšiu bazálnu hladinu dreňových buniek reprezentovanú nižšou hodnotou CD34+ v čase T0 oproti kontrolnej skupine, najpravdepodobnejšie pre už aktivovaný mechanizmus reparácie cez mobilizáciu kmeňových buniek pri prítomnosti ulcerácií v cca 90% pacientov tejto skupiny.

Marker CD34+/45- podľa literárnych údajov je nedostatočným markerom pre hodnotenie endotelálnej progenitorovej aktivity v cirkulácii. Ako presnejšia skupina znakov pre vydišerencovanie zo skupiny CD34+ by mala byť použitá kombinácia CD34+CD133+CXCR4+CD31+, pričom táto populácia buniek by mala byť svojimi vlastnosťami nositeľom endotelálnej progenitorovej aktivity s potenciálom neovaskulogenézy.

Presnejšie meranie poolu endotelálnych progenitorových buniek a sledovanie ich včasnej dynamiky pri použití rôznych terapeutických metód vrátane oxygenoterapie, by mohlo nájsť využitie ako prediktívny ukazovateľ prognózy pacienta s ranou, ktorý vyžaduje maximálne zapojenie reparačno-regeneračných mechanizmov, vrátane aktivácie kostnej drene a jej zložiek, pričom výsledná mobilizácia a následný homing (navádzanie) je len finále zložitej biologickej, doteraz nie úplne objasnenej, kaskády signálnych molekúl, cytokínov, interleukínov, chemoatraktantov, s hlavnými hráčmi ako SDF-1, HIF, VEGF, NOS-NO, MMP-9 atď.

Pri pracovnom predpoklade a analýzou vedeckovýskumných prác, že práve dynamická zmena dostupnosti kyslíka v tkanivách (charakterizovaná hodnotou parciálneho tlaku kyslíka v lokalite poškodenia) je určujúcim mechanizmom pre biologické deje v danej lokalite ako sú: prežívanie buniek dané stupňom energetického potenciálu medzi anaeróbnym a aeróbnym metabolizmom a z toho vyplývajúci potenciál udržania stability bunkovej membrány a od ATP závislých membránových púmp, lokálna vazokonstrikcia alebo vazodilatácia daná stupňom lokálnej acidózy pri koncentrácii laktátu, ovplyvnenie anaeróbných a fakultatívne anaeróbných baktérií s produkciou endotoxínov ale aj celkovú



rekciu organizmu na pozitívnu energetickú bilanciu – sa dá koncipovať pracovná hypotéza zvýšeného efektu hyperbaroxie pri zmene technológie vykonávania jednotlivých liečebných expozícií a to zaradením viac než doterajších 2 prestávok pri dýchaní čistého kyslíka v pretlaku, ktoré sú realizované po cca 25 minútach pobytu v tlaku 2,5 ATA a sú v trvaní 5 minút, kedy sa inhaluje vzduch. Navýšením týchto prestávok na 4, namiesto doterajších 2 prestávok, sa zvýši „tlak na vnútrobunkový senzor“ spúšťajúci mechanizmus tvorby NO-syntázy. Zmenami relatívneho stavu hypoxie a hyperoxie sa indukuje opakovaná aktivácia produkcie HIF, VEGF a nimi sprostredkovaných stimulov, čo môže viesť k zvýšeniu mobilizácie progenitorových buniek do cirkulácie. Táto pracovná hypotéza, rešpektujúca stav súčasných vedeckých poznatkov, však musí byť presnejšie podporená dizajnovo náročnými vedecko-výskumnými prácami.

Hyperbarická oxygenoterapia pôsobí na reparačné procesy u pacienta s ranou viacerými mechanizmami. Mechanizmus pôsobenia na kostnú dreň, s mobilizáciou kmeňových buniek, zvlášť skupiny endoteliálnych progenitorových buniek, je len jedným z viacerých prospešných mechanizmov tejto liečby, ktorá dodáva do tkanív organizmu najdôležitejší biologický substrát – kyslík.

## Referenčný zoznam

Gallagher, K. A., Liu, Z.-J., Xiao, M., Chen, H., Goldstein, L. J., Buerk, D. G., . . . Velazquez, O. C. (2007). Diabetic impairments in NO-mediated endothelial progenitor cell mobilization and homing are reversed by hyperoxia and SDF-1a. *The Journal of clinical investigation*, 117(5), 1249-1259.

Heyboer, M., Milovanova, T. N., Wojcik, S., Grant, W., Chin, M., Hardy, K. R., . . . Thom, S. R. (2014). CD34+/CD45-dim stem cell mobilization by hyperbaric oxygen—changes with oxygen dosage. *Stem cell research*, 12(3), 638-645.

Liao, Y.-f., Chen, L.-L., Zeng, T.-s., Li, Y.-m., Yu, F., Hu, L.-j., & Yue, L. (2010). Number of circulating endothelial progenitor cells as a marker of vascular endothelial function for type 2 diabetes. *Vascular medicine*, 15(4), 279-285.

Thom, S. R., Bhopale, V. M., Velazquez, O. C., Goldstein, L. J., Thom, L. H., & Buerk, D. G. (2006). Stem cell mobilization by hyperbaric oxygen. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 290(4), H1378-H1386.

Thom, S. R., Hampton, M., Troiano, M. A., Mirza, Z., Malay, D. S., Shannon, S., . . . Wolterreck, D. (2016). Measurements of CD34+/CD45-dim stem cells predict healing of diabetic neuropathic wounds. *Diabetes*, 65(2), 486-497.

Thom, S. R., Milovanova, T. N., Yang, M., Bhopale, V. M., Sorokina, E. M., Uzun, G., . . . Lambert, D. S. (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*, 19(2), 149-161.

## Podakovanie

Tento príspevok vyšiel s podporou projektu „Dobudovanie technickej infraštruktúry pre rozvoj vedy a výskumu na Trenčianskej univerzite Alexandra Dubčeka prostredníctvom hyperbarickej oxygenoterapie“ ITMS kód 26210120019 Operačného programu Výskum a vývoj.

# NÁHLÉ ÚMRTÍ BĚHEM LÉČBY V HYPERBARICKÉ KOMOŘE

<sup>1</sup> Novotný Štěpán, <sup>1</sup> Pácová Hana, <sup>1</sup> Burcalová Věra, <sup>2</sup> Sokol Miloš  
<sup>1</sup> KÚBECK s.r.o. Oddělení hyperbarické a potápěčské medicíny HBO Kladno  
<sup>2</sup> Vojenský ústav soudního lékařství ÚVN Praha

## Abstrakt

Náhlá smrt přichází náhle, bez varování. V krátkém sdělení představujeme dvě kasuistiky zcela neočekávaných exitů. Obě nastaly během pobytu v hyperbarické komoře v průběhu expozice. Ihned zahájená resuscitace byla bez efektu. Pitevní nález u první kazuistiky: akutní trombotický uzávěr kmene levé věnčité tepny srdce, podobně jako u druhé kazuistiky: ruptura aneurysmatu aorty těsně nad chlopněmi s následnou tamponádou srdce, byl překvapující.

**Klíčová slova:** Hyperbarická oxygenoterapie, HBOT, náhlé úmrtí

## SUDDEN DEATH DURING HYPERBARIC OXYGEN THERAPY

<sup>1</sup> Novotný Štěpán, <sup>1</sup> Pácová Hana, <sup>1</sup> Burcalová Věra, <sup>2</sup> Sokol Miloš  
<sup>1</sup> KÚBECK, Department of Hyperbaric and Diving Medicine Kladno  
<sup>2</sup> Military Institute of Forensic Medicine, Central Military Hospital Prague

## Abstract

Sudden death comes suddenly, without warning. In a brief statement, we present two case studies of completely unexpected outcomes. Both occurred during the exposure in the hyperbaric chamber. Immediate resuscitation was without effect. Autopsy findings in the first case report: the acute thrombotic closure of the left coronary heart artery, similarly as in the second case report: rupture of the aneurysm of the aorta just above the valves, followed by a tamponade of the heart, was surprising.

**Keywords:** Hyperbaric oxygen therapy, HBOT, sudden death

Náhlá smrt je taková smrt, kdy člověk umírá bez předchozích příznaků z příčin, které mají původ uvnitř těla. Zpravidla se toto označení používá pro takové úmrtí z vnitřních příčin, které nastalo do dvou hodin po objevení se prvních příznaků. Náhlou smrt může způsobit řada onemocnění (Bansch et al, 2015).

V obou námi popisovaných případech byla při zástavě oběhu zahájena intenzivní masáž srdce zdravotní sestrou, která je přítomna v každém ponoru a po vynoření bylo pokračováno v rozšířené resuscitaci přivolanými pracovníky resuscitačního oddělení. Taková událost je pro ostatní pacienty v komoře velmi nepříjemným zážitkem. Celá situace vyžaduje od personálu taktí, ale zároveň rozhodné chování. Zahájení resuscitace na podlaze komory mezi sedadly, vynoření komory během 3-4 minut, evakuace pacientů a transport resuscitovaného pacienta mimo komoru je mimořádnou událostí (Hajek et al, 2017; Klugarova et al, 2015)

## Případ 1:

Pacientka, narozená 1948, diabetička na perorálních antidiabetikách + inzulínu, ischemická choroba srdeční oběhově kompenzovaná, stav po stentáži okružní větve levé koronární tepny 4/2013, ischemická choroba dolních končetin, výrazná skleróza od pánevních tepen periferně, více vpravo, léčena pro

chronickou osteomyelitidu obou článků palce pravé dolní končetiny. Hospitalizována na chirurgii od 21. 7. 2014 do 28. 8. 2014 pro diabetickou gangrénu meziprstí I-II, provedena amputace TMT I-II PDK, rána dehiscentní, povleklá nekrózami. Na podporu hojení indikována HBO. Tato zahájena 12. 8. 2014, dne 9. 10. 2014, při 45 expozici, dochází k náhlému bezvědomí s bezdeším, zahájena KPR. Po vyndání z komory intubována, je přítomna asystolie, aplikován opakovaně Adrenalin s nástupem VF, opakovaně defibrilována, střídá se asystolie s přechodem do VF, nakonec asystolie. Exitus letalis.

**Příčina smrti:** Akutní trombotický uzávěr kmene levé věnčité tepny srdce.

### **Případ 2:**

Pacient, narozen 1979. Ve 13 letech TS oběšením, resuscitován, léčen v komoře, později opakovaná rehabilitace v Jánských Lázních. Těžká spasticita těla, schopen chůze s dopomocí. V současné době je ve stacionáři během týdne, na sobotu a neděli v péči rodiny. Hypertonik na terapii Micardis, jinak Sirdalud a Lyrica. V roce 2015 absolvoval 21 expozic HBO pro spasticitu s velmi dobrým efektem. Dne 18. 11. 2016, při páté expozici, náhle neklid, slabost, rychle nastupuje porucha vědomí, gasping, mydriáza. Zahájena nepřímá masáž srdce, přítomný lékař sestupuje naproti pacientovi, dýchání z úst do úst, následuje intubace s monitorací, je přítomna trvale asystolie, bez odezvy na medikamentózní terapii. Exitus letalis s pracovní diagnózou masivní plicní embolizace.

**Příčina smrti:** Ruptura aneurysmatu aorty těsně nad chlopněmi s následnou tamponádou srdce.

### **Závěr**

V tomto sdělení jsme chtěli ukázat na možnost náhlého úmrtí během léčby v hyperbarické komoře a nastínit obtížnost léčby, respektive resuscitace, v podmínkách HBO. V každém případě je důležitá příprava personálu v KPCR, místní orientace techniků, technická vybavenost i znalost tísňové linky.

### **Referenční seznam**

*Bänsch, D., Bonnemeier, H., Brandt, J., Bode, F., Svendsen, J. H., Táborský, M., ... & Suling, A. (2015). Intra-operative defibrillation testing and clinical shock efficacy in patients with implantable cardioverter-defibrillators: the NORDIC ICD randomized clinical trial. European heart journal, ehv292.*

*Hájek, M., et al. (2017). Hyperbarická medicína, Mladá fronta a.s.*

*Klugarova, J., Klugar, M., Mareckova, J., & Hajek, M. (2015). Methodology of Systematic Review Development I: the Effectiveness of Hyperbaric Oxygen Therapy on Mortality in Adults with Craniotrauma. CESKA A SLOVENSKA NEUROLOGIE A NEUROCHIRURGIE, 78(5), 555-561.*

# ÚČINNOST HYPERBARICKÉ OXYGENOTERAPIE U PACIENTŮ SE SUDECKOVÝM SYNDROMEM V POROVNÁNÍ S FARMAKOTERAPIÍ: PROTOKOL SYSTEMATICKÉHO REVIEW

Miloslav Klugar<sup>1</sup>, Dagmar Tučková<sup>1</sup>, Michal Hájek<sup>2,3</sup>, Jitka Klugarová<sup>1</sup>, Jana Marečková<sup>1</sup>, Tereza Vrbová<sup>1</sup>, Dittmar Chmelář<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> České centrum Evidence-Based Healthcare: centrum excellence Joanna Briggs Institute, Ústav sociálního lékařství a veřejného zdravotnictví, Lékařská fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci

<sup>2</sup> Centrum hyperbarické medicíny, Městská nemocnice Ostrava, Česká republika

<sup>3</sup> Katedra biomedicínských oborů, LF Ostravské univerzity v Ostravě, Česká republika

<sup>4</sup> Referenční laboratoř ČR pro anaerobní bakterie, Lékařská fakulta OU, Česká republika

## Abstrakt

Komplexní regionální bolestivý syndrom (KRBS) je stav chronické bolesti charakterizovaný spontánně evokovanou regionální bolestí, která obvykle začíná v distálních končetinách, svou intenzitou a trváním se liší od typické bolesti po podobných traumatech. KRBS se rozvíjí jako lokální bolest do 4-6 týdnů po traumatu, když přetrvávají klinické symptomy, které nemohou být vysvětleny původním traumatem. Podle mezinárodní asociace pro studium bolesti (International Association for the Study of Pain), postihují symptomy distální končetiny, jdou za oblast traumatu a za nervy/nervové inervace a jiná onemocnění jsou jednoznačně vyloučena. Hyperbarická oxygenoterapie (HBOT) byla v několika studiích prezentována jako léčba, která významně sníží bolest, otok a zvýší pohyblivost končetin s účinností, který přetrvává několik měsíců.

Cílem tohoto systematického review je zjištění účinnosti HBOT v porovnání s farmakoterapií u pacientů s I. a II. typem KRBS z hlediska míry bolesti, funkčních omezení, osteoporózy, dystrofie kostí, svalů a vazů.

Tří stupňová vyhledávací strategie, bude vytvořena pro 14 databází publikovaných i nepublikovaných studií. Metodologie Joanna Briggs institutu bude použita pro hodnocení relevance, kritické hodnocení, extrakci a meta-analýzu dat.

V odborné literatuře existuje několik studií různé úrovně vědeckého důkazu a kvality, které mají protichůdné výsledky účinnosti HBOT u pacientů s KRBS. Výsledky našeho systematického review s rozsáhlou vyhledávací strategií bez jazykového omezení publikací by měla jako studie s nejvyšší úrovní vědeckého důkazu vnést světlo do této problematiky a informovat praxi.

**Klíčová slova:** Hyperbarická oxygenoterapie, komplexní regionální bolestivý syndrom, systematické review, farmakoterapie

# THE EFFECTIVENESS OF HYPERBARIC OXYGEN THERAPY COMPARING TO PHARMACOLOGICAL TREATMENT IN THE SUDECK'S SYNDROME: A SYSTEMATIC REVIEW PROTOCOL

Miloslav Klugar<sup>1</sup>, Dagmar Tučková<sup>1</sup>, Michal Hájek<sup>2,3</sup>, Jitka Klugarová<sup>1</sup>, Jana Marečková<sup>1</sup>, Tereza Vrbová<sup>1</sup>, Dittmar Chmelář<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> The Czech Republic (Middle European) Centre for Evidence-Based Health Care: A Joanna Briggs Institute Centre of Excellence, Department of Social Medicine and Public Health, Faculty of Medicine and Dentistry, Palacký University Olomouc

<sup>2</sup> Centre for hyperbaric medicine, City hospital in Ostrava

<sup>3</sup> Department of Biomedical Sciences, Institute of Microbiology and Immunology, Medical Faculty

<sup>4</sup> Czech Anaerobic Bacteria Reference Laboratory, Medical Faculty, University of Ostrava, Czech Republic

## Abstract

Complex regional pain syndrome (CRPS) is a chronic pain condition characterized by spontaneous and evoked regional pain, usually beginning in a distal extremity, which is disproportionate in a magnitude or duration to the typical course of pain after similar tissue trauma. CRPS develops as a localized pain disorder within 4-6 weeks following trauma when there are present clinical symptoms that can no longer be explained by the initial trauma. According to the official International Association for the Study of Pain (IASP), symptoms affect the distal extremity, go beyond the trauma territory and beyond nerve/nerve root innervation territories; other diseases are vigorously excluded. Hyperbaric oxygen therapy (HBOT) showed in several studies significant decrease of pain and oedema and increase of the range of motion, and the effect which persisted several months.

The objectives of this review are to identify the effectiveness of HBOT comparing to pharmacological treatment on level of pain, function limitation, extension of ability to move, osteoporosis remission, ligament, muscle and bone dystrophy in patient with the CRPS type I. and type II. in the inflammatory and dystrophy phase of the disease.

The three step search strategy will be utilized in this paper for 14 databases of published and unpublished studies. Joanna Briggs Institute methodology will be used for paper retrieval, critical appraisal, data extraction and meta-analysis.

There exist several studies of variable level of scientific evidence and quality with contrary results of effectiveness of HBOT in CRPS patients. The results of our systematic review with extensive search strategy not limited to any language as study with highest level of scientific evidence shall bring the light into this issue and inform the practice.

**Keywords:** Hyperbaric oxygen therapy, complex regional pain syndrome, systematic review, pharmacotherapy

## Background

Complex regional pain syndrome (CRPS) is a chronic pain condition characterized by spontaneous and evoked regional pain, usually beginning in a distal extremity, that is disproportionate in a magnitude or duration to the typical course of pain after similar tissue trauma (Bruehl, 2015). It remains a poorly understood chronic pain condition with regards to pathophysiology and treatment (Huygen et al., 2002).

CRPS develops as a localized pain disorder within 4-6 weeks following trauma when there are present clinical symptoms that can no longer be explained by the initial trauma. According to the official International Association for the Study of Pain (IASP), symptoms affect the distal extremity, go beyond the trauma territory and beyond nerve/nerve root innervation territories; other diseases are vigorously excluded (Birklein, 2005).

It is distinguished two types of CRPS – type I. (reflex sympathetic dystrophy) and type II. (causalgia) CRPS type I. (more common) is characterized by spontaneous pain, allodynia and hyperalgesia. CRPS type II. includes all of foregoing features and occurs after a peripheral nerve lesion either isolated or in connection with an injury of the tissues around (Birklein, 2005; Stanton-Hicks et al., 1998). Except this, different clinical findings can be distinguished with the skin temperature (approximately 70% patients have “warm” and 30% have “cold” affected limbs). Although CRPS can be subclassified into these two diagnostic subtypes, distinction is not always easily made (Harden et al., 2013).

Kiralp et al. (2004) referred of the 71 patients in I. or II. stage of CRPS, when comparing HBOT with placebo it showed significant differences after the 15th therapy regarding to decreasing of pain and oedema and increasing of the range of motion. Another study observed a significant decrease of pain in all patients after the treatment sessions and the effect of HBOT therapy persisted during 6 months in 87% of the patients (Tuter, Danilov, & Poliakova, 1996).

A preliminary search performed in February 2017 of the Cochrane Database of Systematic Reviews, JBI Database of Systematic Reviews and Implementation Reports, PROSPERO, EMBASE and MEDLINE located no systematic reviews that have evaluated the effectiveness of HBOT in patients with CRPS.

## **Methods**

The review objectives: The objectives of this review are to identify the effectiveness of HBOT comparing to pharmacological treatment on level of pain, function limitation, extension of ability to move, osteoporosis remission, ligament, muscle and bone dystrophy in patient with CRPS type I. and type II. in the inflammatory and dystrophy phase of the disease.

### ***Inclusion criteria***

#### *Types of participants*

This review will consider studies that include patients (both genders) suffering from the complex regional pain syndrome (CRPS) type I. and type II. in the inflammatory and dystrophy phase of the disease. Excluded will be patients with the atrophic phase of the disease.

#### *Types of intervention*

This review will consider studies that evaluate the effect of HBOT for 30 to 120 minutes at the 1,5 ATA to 3 ATA. The effect of HBOT will be compared with normobaric oxygen and/or with standard/convention care regimens, including: rehabilitation therapy, psychotherapy, topical pharmacotherapy, blocking of sympathetic nervous system and other medications.

#### *Types of outcomes*

This review will consider studies that include the level of pain (mild, moderate, severe - according to the Numeric Rating Scale (NRS), visual analogue scale (VAS) or Likert scale, function limitation, extension of ability to move measured by standardized scale, osteoporosis remission measured with X-ray or CT scan, ligament, muscle and bone dystrophy using standardized screening techniques before and after HBOT.

### *Types of studies*

This review will consider primarily experimental study designs, including parallel and crossover RCTs and quasi-experimental studies. If non-experimental study designs are found, the review will also consider for inclusion epidemiological study designs, including prospective and retrospective cohort studies, case control studies, and analytical cross-sectional studies.

### **The search strategy**

The search strategy aim to find both published and unpublished studies. A three-step search strategy is utilized in this review. Studies published in all languages will be considered for inclusion in this review if they contain an abstract written in English, Czech or Slovak.

The databases searched include: MedLine@Ovid MEDLINE(R), Biomedica Czechoslovaca, Pedro, EMBASE, Cochrane Central Register of Controlled Trials, Cinahl, Web of Science, Google Scholar, and Scopus

The search for unpublished studies will include:  
Open Grey, Current Controlled Trials, MedNar, ClinicalTrials.gov., Cos Conference Papers Index

### **Assessment of methodological quality**

Papers selected for retrieval will be assessed by two independent reviewers for methodological validity prior to inclusion in the review using standardized critical appraisal instruments from the JBI.

### **Data collection**

Data will be extracted from papers included in the review using the standardized data extraction tool from JBI. Two reviewers will extract data independently.

### **Data synthesis**

Quantitative data will, where possible, be pooled in statistical meta-analysis using JBI-MAStARI tool. Effect sizes expressed as odds ratio (for categorical data) and weighted mean differences (for continuous data) and their 95% confidence intervals will be calculated for analysis.

### **Discussion and conclusion**

CRPS is more likely to respond to comprehensive, integrated multidisciplinary treatment that includes medical, psychological, and physical and occupational therapy components (Bruehl, 2015).

Medical therapy include administration of:

- > Anti-inflammatory drugs and immunomodulators/immunoglobulins, including non-steroidal anti-inflammatory drugs, corticosteroids, cyclooxygenase-2 inhibitors, free radical scavengers (e.g. vitamin C), biologics (e.g. tumour necrosis factor- $\alpha$  (TNF-  $\alpha$  inhibitors) (O'Connell, Wand, McAuley, Marston, & Moseley, 2013), glucocorticoids(Birklein, 2005) successfully administered in initial dose of 100 mg prednisolone per day with a 25 % (an improvement has been reported by Tran, Duong et al. (2010)(Tran, Duong, Bertini, & Finlayson, 2010)
- > Anticonvulsants, neuromodulators – pain medication (e.g. carbamazepine, gabapentin neurontin® (Gay, Béréni, & Legré, 2013)); clear benefit has not been reported with gabapentin (Tran et al., 2010); and a mild effect of gabapentin in the patient with CRPS I.(Van de Vusse, Stomp-van den Berg, Kessels, & Weber, 2004)
- > Antidepressants and anxiolytics (e.g. amitriptyline, doxepin) effects have not been proven by any conducted RCT (Bruehl, 2015)

- > Opioids have showed that extended-release morphine did not significantly reduce pain beyond eight days although the findings may have been affected by the maximum titrated dose of morphine allowed (Gay et al., 2013) but no RCT (Stanton-Hicks et al., 1998)
- > N-methyl-aspartate antagonists (e.g. ketamine, dextromethorphan); various ketamine dosage schemes have been tested but the lack of regulatory approval in this indication and various side effects limit the use of ketamine in current practice (Gay et al., 2013)
- > Antihypertensives and  $\alpha$ -adrenergic antagonists (e.g. clonidine, phentolamine)
- > Bisphosphonates (e.g. alendronate) inhibit the activity of osteoclasts and show uniformly positive effects (Birklein, 2005)
- > Calcitonin was formerly used for its inhibit effect in the second and third stage of CRPS. But it quit to be used because of a suspicion of an increased occurrence of the oncological diseases (SUKL, 2011)

An overview of systematic reviews saying that there is a lack of high quality evidence for the effectiveness of most therapies for CRPS. The low evidence for the efficacy of bisphosphonates, calcitonin, subanesthetic intravenous ketamine, graded motor imagery programmes and mirror therapy, and CRPS focused on the physical and occupational therapy was found (O'Connell et al., 2013).

HBOT greatly increases the oxygen concentration in plasma, reducing the need for haemoglobin in blood oxygen transport and has bacteriostatic or bactericidal effects, and has positive effects on the physiology of tissue rendered ischaemic by trauma or infection. The increased tissue oxygen enhances the growth of fibroblasts, formation of collagen, angiogenesis and phagocytic capabilities of the hypoxic leukocytes and it can reduce in oedema and healing damaged tissues (Danesh-Sani, Shariati-Sarabi, & Feiz, 2012). The hypoxia forming in the body leads to vasoconstriction, lowers oedema, and raises tissue partial oxygen pressure and it stimulates the depressed osteoblast activity and reduces the formation of fibrous tissues (Yildiz, Uzun, & Kiralp, 2006).

Hájek et al (2017) described 66 patients with CRPS (45 of them with disability of lower limb, 21 of them with disability of lower limb of upper limb) in the seconds stage (in average 4th month, 138th day) in 1988-1991. 100 % of them suffering from the oedema, 72 % was a traumatologic aetiology and 79 % had a plaster or a splint. All patients were treated by HBOT receiving 90-minute therapy session with 3 ATA, in average 20 exposures. In total after HBOT, 8 % were healed to the norm, 65 % were improved, 15 % stayed the same, and 12 % did not come for the checking up. The same sample was invited for the checking up in 1995 (which means 4-7 years after CRPS onset). Only 36 patients came but 30 of them went back to work or got retired without any severe health issues related to CRPS (Hájek et al., 2017).

HBOT is not standardized in CRPS management but it could be promising solution in both acute and chronic treatment of the disease. Because of symptoms that limit the patients in everyday life the early diagnoses and active treatment approach directly after an onset of CRPS seems to be important factors improving patient's prognosis.

## Acknowledgements

The project was supported by the institutional support RVO: 61989592.



## References

- Birklein, F. (2005). Complex regional pain syndrome. *Journal of neurology*, 252(2), 131-138.
- Bruehl, S. (2015). Complex regional pain syndrome. *BMJ*, 351, h2730.
- Danesh-Sani, S. A., Shariati-Sarabi, Z., & Feiz, M. R. (2012). Comprehensive review of hyperbaric oxygen therapy. *Journal of Craniofacial Surgery*, 23(5), e483-e491.
- Gay, A.-M., Béréni, N., & Legré, R. (2013). Type I complex regional pain syndrome. *Chirurgie de la main*, 32(5), 269-280.
- Hájek, M., Chmelař, D., Klečka, L., Klugar, M., Pudil, R., Racek, J., . . . Zapletatová, J. (2017). *Hyperbarická medicína: Mladá fronta a.s.*
- Harden, R. N., Oaklander, A. L., Burton, A. W., Perez, R. S., Richardson, K., Swan, M., . . . Bruehl, S. (2013). Complex regional pain syndrome: practical diagnostic and treatment guidelines. *Pain medicine*, 14(2), 180-229.
- Huygen, F. J., De Bruijn, A. G., De Bruin, M. T., Groeneweg, J. G., Klein, J., & Zijlstra, F. J. (2002). Evidence for local inflammation in complex regional pain syndrome type 1. Mediators of inflammation, 11(1), 47-51.
- Kiralp, M., Yildiz, Ş., Vural, D., Keskin, I., Ay, H., & Dursun, H. (2004). Effectiveness of hyperbaric oxygen therapy in the treatment of complex regional pain syndrome. *Journal of international medical research*, 32(3), 258-262.
- O'Connell, N. E., Wand, B. M., McAuley, J., Marston, L., & Moseley, G. L. (2013). Interventions for treating pain and disability in adults with complex regional pain syndrome-an overview of systematic reviews. *The Cochrane Library*.
- Stanton-Hicks, M., Baron, R., Boas, R., Gordh, T., Harden, N., Hendler, N., . . . Wilder, R. (1998). Complex Regional Pain Syndromes: guidelines for therapy. *The Clinical journal of pain*, 14(2), 155-166.
- SUKL. (2011, 07/23/2011). Kalcitonin – omezení indikací pro použití. Kalcitonin – omezení indikací pro použití. Retrieved from <http://www.sukl.cz/kalcitonin-omezeni-indikaci-pro-pouziti>
- Tran, D. Q., Duong, S., Bertini, P., & Finlayson, R. J. (2010). Treatment of complex regional pain syndrome: a review of the evidence. *Canadian Journal of Anesthesia/Journal canadien d'anesthésie*, 57(2), 149-166.
- Tuter, N., Danilov, A., & Poliakova, L. (1996). The treatment of a complex regional pain syndrome. *Zhurnal neurologii i psikiatrii imeni SS Korsakova*, 97(11), 33-35.
- Van de Vusse, A. C., Stomp-van den Berg, S. G., Kessels, A. H., & Weber, W. E. (2004). Randomised controlled trial of gabapentin in Complex Regional Pain Syndrome type 1 [ISRCTN84121379]. *BMC neurology*, 4(1), 13.
- Yildiz, S., Uzun, G., & Kiralp, M. Z. (2006). Hyperbaric oxygen therapy in chronic pain management. *Current pain and headache reports*, 10(2), 95-100.

# HYPERBARICKÁ OXYGENOTERAPIE V LÉČBĚ SEPSE

Zýková Ivana, Paldusová Bibiana, Ferech Jan, Žihlová Lucie  
ARO, Krajská nemocnice Liberec a.s., Česká republika

## Abstrakt

Použití hyperbarické oxygenoterapie (HBO) je u septického pacienta postup, který stále není běžně akceptován odbornou veřejností. Septický pacient s různou mírou tkáňové hypoperfuze a oxidativního stresu může profitovat z HBO vždy v kombinaci s klasickou terapií sepsy. HBO je jen adjuvantní léčbou, která však u vybraných pacientů může být velkým přínosem.

U sepsy je stěžejní časný záchyt, který zlepšuje mortalitu a morbiditu těchto pacientů. Krucální je časná resuscitace oběhu spolu s časným podáním vhodných antibiotik a eliminací fokusu infekce. Anaerobní infekce jsou jasnou indikací HBO, HBO přináší efekt ale i u ostatních etiologií infekcí především měkkých tkání (nekrotizující infekce měkkých tkání – necrotising soft tissue infections - NSTI), nesporný efekt má i u osteomyelitid. Na našem oddělení provozujeme jednomístnou hyperbarickou komoru s kompletní monitorací včetně možnosti léčby pacientů s nutností orgánové podpory a umělé plicní ventilace od ledna 2016. HBO je u nás v provozu pro akutní indikace 24hodin denně, pro chronické pacienty v pracovní dny od 7-16 hodin. Naše komora je jediná v Libereckém kraji, hyperbarických komor spojených s jednotkou intenzivní péče je v ČR nedostatek.

V naší práci chceme prezentovat tři kasuistiky septických pacientů s infekcí měkkých tkání, kteří kromě klasické terapie podstoupili i sérii HBO (10-20 expozií). Součástí kasuistik je fotodokumentace s vývojem lokálního nálezu v čase.

HBO může být přínosem u septických pacientů již v iniciační fázi onemocnění. Je vhodné ji zvažovat zvláště u jinak obtížně řešitelných lokálních nálezu. Naše pracoviště nabízí konzultaci indikace těchto pacientů k HBO s možností jejich převzetí dle aktuální situace.

**Klíčová slova:** sepsy, septický pacient, hyperbarická oxygenoterapie, jednomístná hyperbarická komora

## HYPERBARIC OXYGEN THERAPY IN SEPSIS

Zýková Ivana, Paldusová Bibiana, Ferech Jan, Žihlová Lucie  
Department of Anesthesiology and Intensive Care, Regional Hospital Liberec, Czech Republic

## Abstrakt

Hyperbaric oxygen therapy (HBOT) in a septic patient is still a debated and not fully accepted method of treatment. Septic patients with varying degrees of tissue hypoperfusion and oxidative stress may benefit from HBOT in combination with a standard sepsis treatment. HBOT is always only an adjuvant treatment.

Early recognition and treatment of sepsis according to guidelines is crucial and improves mortality and morbidity of septic patients. Anaerobic infection is an indisputable indication for HBOT, but HBOT has a positive effect also in other infections, especially in necrotizing soft tissue infections (NSTI), it also

has an undeniable effect on osteomyelitis. We have a monoplace hyperbaric chamber in our department, which can be used for patients requiring organ support and ventilation.

We would like to present three case reports of septic patients with soft tissue infections, who in addition to conventional therapy of sepsis underwent a series of HBO (10-20 exposures).

HBOT can be beneficial in septic patients even in the initial stage. It is advisable to consider it especially in otherwise difficult to treat infections.

**Klíčová slova:** sepsis, septic patient, hyperbaric oxygen therapy, monoplace hyperbaric chamber

## Úvod

Sepse je velký celosvětový problém. Vyskytuje se častěji než akutní infarkt myokardu a zabíjí více lidí než onkologická onemocnění. Proto v roce 2004 vznikla Surviving Sepsis Campaign, která s podporou mnoha odborných společností po celém světě vytvořila první celosvětová doporučení na záchyt a terapii těžké sepse a septického šoku. Tyto doporučené postupy jsou od té doby pravidelně upravovány dle nejnovějších výsledků medicíny založené na důkazech (Rhodes et al., 2017). Cílem celé kampaně bylo zlepšit povědomí o sepsi a snížit její mortalitu. U sepse je stěžejní časný záchyt, který je schopen ovlivnit prognózu pacienta a snížit mortalitu a morbiditu. Časný záchyt septického pacienta je často srovnáván s rychlým postupem u akutního infarktu myokardu či mozkové cévní příhody. Kruciólní je u sepse časná resuscitace oběhu spolu s časným podáním vhodných antibiotik a eliminací fokusu infekce.

Použití hyperbarické oxygenoterapie (HBO) je u septického pacienta postup, který stále není běžně odbornou společností zcela akceptován. Je to ale nicméně postup, z kterého septický pacient může profitovat. HBO musí vždy následovat až po standardní terapii dle doporučených postupů. Anaerobní infekce jsou jasnou indikací HBO, HBO přináší efekt ale i u ostatních etiologií infekcí především měkkých tkání (nekrotizující infekce měkkých tkání – necrotising soft tissue infections - NSTI), (Mathieu et al., 2017). Vzhledem k známému efektu HBO může být expozice přínosná již v časně fázi sepse před dosažením oběhové stabilizace. Vasopresorická podpora ve vyšších dávkách při dosažení vyhovujícího středního arteriálního tlaku (MAP) ani umělá plicní ventilace nejsou kontraindikací HBO. HBO by samozřejmě měla následovat až po antibiotické terapii, adekvátní volumoterapii a sanaci fokusu (pokud lze invazivně řešit). Nutná je kontinuální monitorace před, v průběhu i po HBO, kromě základních parametrů je důležité monitorovat minimálně přímý arteriální tlak a ETCO<sub>2</sub>, indikovaná je samozřejmě monitorace hemodynamiky před a po aplikaci HBO. Vhodný je trvalý dohled intenzivisty, s výhodou je provádět intenzivní péči a HBO terapii v rámci jednoho oddělení.

## Kasuistiky

### *Kasuistika I.*

47-letý pacient se sepsí odontogenní etiologie s rozsáhlými parapharyngeálními a paratracheálními abscesy byl přijat na naše oddělení 6.1.2017. Pacient přišel do stomatologické ambulance v okresní nemocnici pro 3 měsíční bolesti zubů, progredující až do provalení abscesu do dutiny ústní s otokem krku a nemožností polykat v posledním týdnu. Odeslán RZP na ORL do krajské nemocnice. Vstupně masivní difúzní infiltrát krku šířící se na hrudník, dvě rozpadové fistuly v dolní části krku, výrazný otok epiglottis i celého hrtanu. Provedeno CT krku s nálezem rozsáhlých abscesů na krku se vzduchem, které zasahují až ke sternu a suspektní osteomyelitis maxily. Po zajištění dýchacích cest fibroskopicky provedena chirurgická revize, extrakce 11 zubů a operační tracheostomie. Vstupně vysoké zánětlivé

parametry, oběh na podpoře střední dávkou noradrenalinu, empiricky nasazena antibiotická terapie PNC, gentamicin a clindamycin. Po operační revizi pokračováno v umělé plicní ventilaci, hned po příjezdu z operačního sálu zahájena hyperbarická oxygenoterapie (15metrů – 2,5 ATA - 60 minut). Druhý den přetrvává oběhová nestabilita s nutností volumoterapie a vyšší podpory noradrenalinem, do terapie přidán vasopresin. Postupně stabilizace stavu, 10.1. ukončena vasopresorická podpora. Zánětlivé parametry na antibiotické terapii trvale v klesajícím trendu. 10.1. ukončena ATB terapie clindamycinem m a gentamicinem, dále ponechán PNC, kultivačně potvrzen beta-hemolytický Streptokok. Postupně weaning, snižována sedace, budí se do kontaktu, opakované převazy s postupnou resuturou rozsáhlých ran na krku. Intenzivní rehabilitace. 23.1.odpojen od ventilátoru, 31.1. dekanylován. HBO terapie byla prováděna denně kromě víkendů, celkem 20 expozi. 1.2. překlad na ORL. Pacientovi se rány zcela zhojily, plný návrat do původního života.

Obrázek 1, 2, 3 - 9. 1. 2017



Obrázek 4 - 12. 1. 2017



Obrázek 5 - 15. 1. 2017



Obrázek 6 - 31. 1. 2017



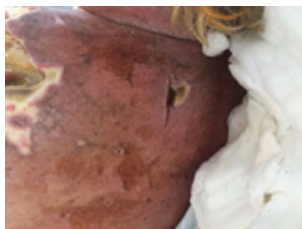
Obrázek 7 - 2. 3. 2017



## **Kasuistika II.**

62-letá pacientka byla přijata na naše oddělení se sepsí na podkladě retropharyngeálního abscesu se šířící se flegmona až do podkoží zad, hrudníku a ramen 29.7.2016. V anamnéze chronická kortikoterapie v léčbě revmatoidní artritidy. K nám na oddělení přeložena z JIP chirurgických oborů, kde 27.7. rozvoj septického šoku s nutnou vysokou vasopresorickou podporou noradrenalinem a vasopresinem. Zde nasazena empirická antibiotická terapie imipenem a vankomycin, provedena operační revize s drenážemi a operační tracheostomií. 29.7.kultivačně v hemokultuře Streptococcus pyogenes, proveden step-down na PNC a clindamycin. Postupně stabilizace oběhu. 29.7.překlad k nám na oddělení z indikace plánované HBO terapie. Po příjmu první HBO expozice. 30.7. ukončena ATB terapie dalacinem, dále pokračováno v PNC. Stav komplikován nosokomiální sepsí, ICU polyneuropatií a obtížným weaningem. Nutné opakované přavazy a ošetřování přetrvávajících nekrotů v oblasti původní flegmony a nářezů. Celkem provedeno 16 HBO expozic, v první fázi provedeno 5 HBO v denním režimu, další HBO terapie prováděna po pauze z důvodu obtížné spolupráce při snaze o snižování analgosedace. Pacientka přeložena 28.8. zpět na JIP chirurgických oborů. Pacientka je v současné době doma ve stabilizovaném stavu, rány jsou zhojeny.

Obrázek 8, 9, 10 - 18. 8. 2016



Obrázek 11, 12 - 25. 8. 2016



Obrázek 13 - 1. 9. 2016



Obrázek 14 - 29. 11. 2016



### **Kasuistika III.**

68-letý pacient přeložen na naše oddělení z ARO své spádové nemocnice, kde byl hospitalizován pro nekrotizující fasciitidu měkkých tkání krku a absces epiglottis. Stav se komplikoval mediastinitidou, abscesem pravé pohrudniční dutiny a rozvojem septického šoku. Kultivačně z abscesových ložisek zjištěn smíšený bakteriální nález aerobů i anaerobů. V průběhu 13 dní přes komplexní terapii sepse (vasopresorická podpora, umělá plicní ventilace, cílená ATB terapie) včetně opakovaných chirurgických intervencí nedochází ke zlepšení stavu. Po telefonické konzultaci byl pacient indikován k HBO a přijatý na naše oddělení. Po příjmu kontrolní CT s parciální regresí nálezu, ale výraznou flegmonou mediastina. Pokračováno v zahájené ATB terapii v kombinaci meropenem + klindamycin, přidán metronidazol a fluconazol, dále ATB upravována dle aktuálních kultivačních nálezů. Oběh stabilizován v průběhu 72 hodin. Chirurgická revize thorakotomie a drenáž mediastina. Denní ošetření ranních ploch ORL lékařem s postupnou suturou široké kolární incize krku.

HBO zahájena po příjmu, prováděná denně – celkem 15 expozič přetlakem 2,5 ATA s jednotlivou dobou izokomprese 60 minut, UPV.

Celková doba hospitalizace na našem oddělení byla 25 dní, poté byl pacient přeložen do spádové nemocnice k další terapii.



Obrázek 15, 16, 17 - kasuistika III.



## Závěr

HBO je adjuvantní terapeutickou metodou doplňující komplexní léčbu pacientů s těžkou infekcí. Nesmí být důvodem k přerušení nebo pozdnímu zahájení standardní péče o septického pacienta - podání antibiotik, oběhová resuscitace, eliminace infekčního fokusu. Může být ale přínosem u septických pacientů již v iniciální fázi onemocnění. Je vhodné ji zvažovat zvláště u ošetrovatelsky a chirurgicky obtížně řešitelných lokálních nálezů.

Naše pracoviště nabízí konzultaci indikace těchto pacientů k HBOT s možností jejich převzetí do péče dle aktuální situace.

## Referenční seznam

Rhodes, A., Evans, L., et al. (2017). *Surviving Sepsis Campaign: International Guidelines for Management of Sepsis and Septic Shock: 2016*. *Critical Care Medicine*, 45(3), 486–552.

Mathieu, D., Marroni, A., Kot, J. (2017). *Tenth European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine: recommendation for accepted and non-accepted clinical indications and practice of hyperbaric treatment*. *Diving Hyperb Medicine*, 47(1), 24–32.

# SOUČASNÁ EVROPSKÁ DOPORUČENÍ PRO LÉČBU HYPERBARICKÝM KYSLÍKEM

<sup>1,2</sup> Hájek Michal, <sup>2,3</sup> Chmelař Dittmar, <sup>2</sup> Rozložník Miroslav, <sup>2</sup> Lochmanová Alexandra

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

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

<sup>3</sup> Referenční laboratoř ČR pro anaerobní bakterie, Lékařská fakulta OU, Česká republika

## Abstrakt

Indikační seznam onemocnění vhodných k léčbě hyperbarickým kyslíkem se vyvíjí zejména v souvislosti se stavem vědeckých důkazů. Evropský výbor pro hyperbarickou medicínu (European Committee for Hyperbaric Medicine, ECHM) je zaměřen na podporu neustálého zlepšování kvality péče a bezpečnosti v hyperbarické medicíně. Od roku 1994 se uskutečnilo devět konferencí, vydávajících doporučení zasahující širokou odbornou veřejnost. Dosud poslední, 10. konsenzuální konference ECHM, se uskutečnila v dubnu 2016 v Lille. V práci je předložen a analyzován aktuální přehled doporučení této konsenzuální konference ECHM z roku 2016.

**Klíčová slova:** Hyperbarická oxygenoterapie, léčebná doporučení, systém GRADE, metoda Delphi

## CURRENT EUROPEAN GUIDELINES FOR HYPERBARIC OXYGEN TREATMENT

<sup>1,2</sup> Hájek Michal, <sup>2,3</sup> Chmelař Dittmar, <sup>2</sup> Rozložník Miroslav, <sup>2</sup> Lochmanová Alexandra

<sup>1</sup> Centre of Hyperbaric Medicine, Municipal Hospital of Ostrava, Czech Republic

<sup>2</sup> Chair of Biomedical Sciences, Faculty of Medicine, University of Ostrava, Czech Republic

<sup>3</sup> National Anaerobic Bacteria Reference Laboratory, Faculty of Medicine, University of Ostrava, Czech Republic

## Abstract

Indication list of diseases suitable for hyperbaric oxygen treatment is developing especially related to results of scientific evidence. The European Committee for Hyperbaric Medicine (European Committee for Hyperbaric Medicine, ECHM) aims to promote the continuous improvement of quality of care and safety of hyperbaric medicine. Since 1994 nine conferences were organized, issuing recommendations affecting a broad professional publicity. The last one, 10th ECHM Consensus Conference was held in April 2016 in Lille. In this paper the current list of recommendations of the 10th consensus conference ECHM 2016 is presented and analyzed.

**Key words:** Hyperbaric oxygen therapy, treatment guidelines, the GRADE system, the Delphi method

## Úvod

Hyperbarická oxygenoterapie (HBO) je běžně poskytována minimálně u dvaceti stavů a indikací z celého spektra klinických oborů. Jednotlivé seznamy indikací se na různých kontinentech i zemích od sebe různým způsobem odlišují. V ekonomicky vyspělých zemích (USA, Kanada, Austrálie, Evropa), kde je kladen důraz na dodržování principů medicíny založené na důkazech (EBM) a hodnocení zdravotnických technologií (Health Technology Assessment, HTA), se počet indikací pohybuje mezi 15-20 (Hájek, 2014).



## Konsenzuální konference ECHM

Evropský výbor pro hyperbarickou medicínu (European Committee for Hyperbaric Medicine, ECHM) je zaměřen na podporu neustálého zlepšování kvality péče a bezpečnosti v hyperbarické medicíně. Jedním z nástrojů používaných k dosažení tohoto cíle je organizace konsenzuálních konferencí, vydávajících obecně uznávaná pravidla. Konference jsou organizovány ve dvou až tříletých intervalech a vyjadřují se k různým aspektům hyperbarické a potápěčské medicíny včetně definice doporučeného seznamu indikací. Metodika medicíny založené na důkazech získala široké uznání a je nyní nedílnou součástí moderní lékařské praxe. Vědecké důkazy u humánních studií jsou děleny do 4 stupňů dle počtu a míry kvality dostupných studií a literárních zdrojů (Wattel & Mathieu, 2006). Všichni členové poroty konsenzuálních konferencí používají stejnou široce přijatou klasifikační stupnici. Pro posouzení počtu a kvality dostupných vědeckých důkazů se používá běžná metodologie medicíny založené na důkazech (Mathieu, 2005). U každé hodnocené indikace, postupu, nebo klinické situace se stanovuje tzv. stupeň důkazů (level of evidence).

**A.** Existují nejméně 2 velké, zaslepené randomizované kontrolované studie (RCT) bez metodologických pochybení,

**B.** Existují dvojité zaslepené, kontrolované, randomizované studie, ale s některými metodologickými nedostatky, studie, které hodnotí pouze malou populaci pacientů, nebo existuje pouze jedna studie,

**C.** Založené pouze na konsenzu expertů,

**D.** Nekontrolované studie, bez konsenzu expertů,

**E.** Bez důkazů pozitivního působení, nebo existují metodické nebo interpretační neshody a pochybení, bránící přijmout jakékoli závěry,

**F.** Postup není indikován žádným existujícím důkazem.

**Síla doporučení na základě konsenzu odborníků panelu je definována následovně:**

**Stupeň 1** = silné doporučení = „*Doporučujeme, aby ...*“

Hodnocené jednání považuje velká většina odborníků panelu za vhodné, neexistují větší neshody. Panel je přesvědčen, že žádoucí účinky doporučení převažují výskyt nežádoucích účinků.

**Stupeň 2** = slabé doporučení = „*Navrhujeme, aby ...*“

Hodnocené jednání považuje většina odborníků panelu za vhodné, ale existuje určitý stupeň neshody. Žádoucí účinky doporučení pravděpodobně převažují výskyt nežádoucích účinků.

**Stupeň 3** = neutrální doporučení = „*Bylo by rozumné, aby ...*“

Hodnocené jednání by mohlo být považováno za vhodné v daném kontextu. Bez doporučení... Nebylo dosaženo shody napříč expertní skupiny.

## **Úroveň důkazů na základě systému GRADE je následující:**

**Grade A** = vysoká úroveň důkazů

Skutečný efekt se nachází v blízkosti odhadu efektu.

**Grade B** = střední úroveň důkazů

Skutečný efekt se pravděpodobně nachází v blízkosti odhadu efektu, ale je možné, že je podstatně odlišný.

**Grade C** = nízká úroveň důkazů

Skutečným účinek může být podstatně odlišný od odhadu efektu.

**Grade D** = velmi nízká úroveň důkazů

Je velmi pravděpodobné, že skutečný účinek je podstatně odlišný od odhadu efektu.

## **Závěry poroty jsou definovány v souladu s úrovní výše uvedených podporujících důkazů**

(Mathieu, 2005; Wattel & Mathieu, 2006; Mathieu, Marroni & Kot, 2016)). Existují 3 typy doporučení ECHM:

**Typ 1:** Velmi doporučené. Aplikace HBO má kritický význam pro konečný funkční výsledek pacienta nebo kvalitu praxe.

**Typ 2:** Doporučené. Aplikace HBO pozitivně ovlivňuje konečný funkční výsledek pacienta nebo kvalitu praxe.

**Typ 3:** Volitelné. Aplikaci HBO je možno zvolit jako metodu volby v dané klinické situaci, jedná se o jednu z několika volitelných možností léčby.

Během 7. konsenzuální konference (Lille, prosinec 2004) po vyslechnutí expertních závěrů porota odstupňovala stávající důkazy pomocí stupnice, která zde byla definována. Klinické situace, kde použití HBO bylo podpořeno úrovní vědeckých důkazů stupně A, B nebo C byly považovány za přijaté (accepted) indikace. Ostatní indikace, hodnocené úrovní důkazů D, E a F byly považovány za nepřijaté (non-accepted) indikace (Mathieu, 2005). Seznam doporučení indikací pro léčbu HBO podle 7. Evropské konsenzuální konference 2004 až na několik detailů odpovídal indikačnímu seznamu americké odborné společnosti Undersea Hyperbaric Medical Society (UHMS).

## **Metodologie 10. konsenzuální konference ECHM 2016**

Stejně jako u předchozích konsenzuálních konferencí ECHM byli požádáni členové odborného panelu, složeného z uznávaných odborníků v každé oblasti, aby předložili zprávu založenou na důkladném prozkoumání dostupné literatury, představili syntézu důkazů a navrhli doporučení podle systému (škály) **GRADE** (Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluation System). Pro zvýšení kvality metodologie konsenzuální konference a doporučení z ní vzešlých byly přijaty 2 nové metodické postupy:

- všechny zprávy k jednotlivým indikacím byly rozeslány mezi odborníky a každý z nich byl požádán, aby posoudil klinický význam a důkazní úroveň jednotlivých navrhovaných doporučení (metoda Delphi),

- v průběhu konference byly zprávy a znalecké posudky prezentovány a diskutovány. Publikum pak hlasovalo o každém doporučení, přičemž výsledky hlasování byly dokumentovány a na základě shody

mezi vědeckými důkazy a výsledky hlasování publika budou vydána závěrečná konsenzuální doporučení (Mathieu, Marroni & Kot, 2016).

## Výsledky

Aktuální stručný přehled doporučení podle 10. konsenzuální konference ECHM z roku 2016, konané ve francouzském Lille, je obsažen v Tabulce 1. Ve srovnání s rokem 2004 došlo ve skupině indikací s doporučením Typu 1 k rozšíření o náhlou percepční idiopatickou sluchovou poruchu. Ve skupině indikací s doporučením Typu 2 došlo k rozšíření o vybrané stavy popáleninového poranění, uzávěr a. centralis retinae a pneumatosis cystoides intestinalis (všechny tři byly v předchozím období ve skupině doporučení Typu 3), v neposlední řadě o avaskulární nekrózu hlavičky femuru (dříve řazena mezi nedoporučované indikace) a nově o drtivé poranění končetin bez fraktury. Konečně ve skupině indikací s doporučením Typu 3 došlo k rozšíření indikací o vybrané skupiny nemocných s poraněním mozku - akutní a chronické traumatické poranění mozku, chronické stádium cévní (ischemické) mozkové příhody, postanoxické (anoxicko-hypoxické, hypoxicko-ischemické) poškození mozku a takéž o srpkovitou anémii, která byla dříve řazena mezi nedoporučované indikace (Mathieu, Marroni & Kot, 2017). Nově byla vytvořena skupina onemocnění, hodnocených jako doporučení Typu 1 nevhodných pro léčbu HBO - zde byly zařazeny autismus, dětská mozková obrna, roztroušená skleróza, placentární insuficience, akutní stádium cévní (ischemické) mozkové příhody a sluchové šelesty (tinitus).

## Závěr

V poslední dekádě přibýlo mnoho kvalitních důkazů o prospěšnosti této léčebné metody v mnoha oblastech medicíny. Užití HBO má nepochybně význam v moderní medicíně, neboť přináší lepší funkční výsledky, snižuje morbiditu, mortalitu a zmírňuje neurologické následky mnoha patologických stavů zejména úrazové a infekční etiologie při současné finanční efektivitě vynaložených prostředků. Zlepšuje funkční výsledky, snižuje morbiditu a u závažných stavů snižuje úmrtnost. Na základě doporučení 10. konsenzuální konference ECHM z roku 2016 došlo k rozšíření doporučeného seznamu o některé indikace, které byly dříve řazeny mezi nedoporučované indikace, u některých indikací došlo ke zvýšení síly a změně typu doporučení.

## Referenční seznam

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, 133-142. ISBN 978-80-7492-066-0.

Mathieu, D. (2005). *7th European Consensus Conference On Hyperbaric Medicine, Lille 2004*. *Europ. J. Underwater Hyperbar Med*, 6, 2, 29-38.

Mathieu, D., Marroni, A. & Kot, J. (2016). *Tenth European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine: preliminary report*. *Diving and Hyperbaric Medicine*, June; 46(2):122-123.

Mathieu, D., Marroni, A. & Kot, J. (2017) *Tenth European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine: recommendations for accepted and non-accepted clinical indications and practice of hyperbaric oxygen treatment*. *Diving and Hyperbaric Medicine*, March;47(1):24-32.

Wattel, F. & Mathieu, D. (2006). *Methodology for assessing hyperbaric oxygen therapy in clinical practice*. In: D. Mathieu. *Handbook on Hyperbaric Medicine*. Dordrecht: Springer, 163-170.

**Tabulka 1** Aktuální přehled doporučení podle 10. konsenzuální konference ECHM 2016

Indikace typu 1	Stupeň důkazů		
	A	B	C
Anaerobní nebo smíšená bakteriální infekce			x
Intoxikace oxidem uhelnatým		x	
Onemocnění z dekomprese			x
Plynová embolie			x
Otevřené fraktury s drtivým poraněním		x	
Osteoradionekróza (mandibula)		x	
Prevence osteoradionekrózy po extrakci zubu		x	
Radionekróza měkkých tkání (cystitida, proktitida)		x	
Náhlá percepční porucha sluchu		x	

Indikace typu 2	Stupeň důkazů		
	A	B	C
Popáleniny, 2. stupeň, více než 20% tělesného povrchu			x
Uzávěr centrální sítnicové tepny			x
Kompromitované kožní štěpy a svalově-kožní laloky			x
Drtivá poranění bez fraktury			x
Diabetické ulcerace		x	
Avaskulární nekróza hlavice femuru		x	
Ischemické ulcerace			x
Neuroblastom, 4. stupeň			x
Osteoradionekróza (ostatní kosti kromě mandibuly)			x
Pneumotosis cystoides intestinalis			x
Radionekróza měkkých tkání (ostatní tkáně kromě cystitidy a proktitidy)			x
Refrakterní chronická osteomyelitida			x
Chirurgický zákrok a implantace na ozářených tkáních (preventivní léčba)			x

Indikace typu 3	Stupeň důkazů		
	A	B	C
Poranění mozku u vysoce selektovaných případů (akutní a chronická fáze traumatického poranění mozku, chronická fáze iktu, postanoxická encefalopatie)			x
Intersticiální cystitida			x
Replantace končetin			x
Reperfuční syndrom po revaskularizačním cévním zákroku			x
Radiační poškození hrtanu			x
Radiační poškození CNS			x
Vybrané nehojící se ulcerace u systémových onemocnění			x
Srpkovitá anémie			x

Indikace typu 1, nedoporučované k léčbě HBO	Stupeň důkazů		
	A	B	C
Autismus		x	
Dětská mozková obrna		x	
Roztroušená skleróza		x	
Placentární insuficience			x
Iktus - akutní fáze			x
Tinitus		x	

# ZHDNOCENÍ EKONOMICKÝCH ASPEKTŮ LÉČBY HYPERBARICKÝM KYSLÍKEM

<sup>1,2</sup> Hájek Michal., <sup>2,3</sup> Chmelař Dittmar., <sup>2</sup> Rozložník Miroslav., <sup>2</sup> Lochmanová Alexandra

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

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

<sup>3</sup> Referenční laboratoř ČR pro anaerobní bakterie, Lékařská fakulta OU, Česká republika

## Abstrakt

Kritici léčby hyperbarickým kyslíkem (HBO) často argumentují finanční náročností léčby a dodatečnými náklady. Nicméně roste počet studií nákladové efektivity, které prokazují pravý opak. Většina jednotlivých studií nákladové efektivity, farmakoekonomických systematických přehledů i analýz zdravotnických technologií se shodují, že implementace HBO do léčebného procesu prokazatelně přináší finanční úsporu přes její nezanedbatelné finanční náklady. Mnoho provedených studií se shodlo v jednom - dochází k snížení nákladů v souvislosti se zkrácením hospitalizačních dnů, množství krytí, snížení nákladů na péči o pacienty s amputací v rámci zdravotního i sociálního systému. Cílem práce je porovnat náklady na provedení HBO v ČR a v některých vybraných zemích, a dále představit studie nákladové efektivity, farmakoekonomické systematické přehledy a analýzy zdravotnických technologií u některých vybraných patologických stavů.

**Klíčová slova:** Hyperbarická oxygenoterapie, nákladová efektivita, systém zdravotní péče, systém sociální péče

## ASSESSMENT OF THE ECONOMIC ASPECTS OF HYPERBARIC OXYGEN THERAPY

<sup>1,2</sup> Hájek Michal., <sup>2,3</sup> Chmelař Dittmar., <sup>2</sup> Rozložník Miroslav., <sup>2</sup> Lochmanová Alexandra

<sup>1</sup> Centre of Hyperbaric Medicine, Municipal Hospital of Ostrava, Czech Republic

<sup>2</sup> Chair of Biomedical Sciences, Faculty of Medicine, University of Ostrava, Czech Republic

<sup>3</sup> National Anaerobic Bacteria Reference Laboratory, Faculty of Medicine, University of Ostrava, Czech Republic

## Abstract

Critics of hyperbaric oxygen treatment often argue by financial demands of treatment and additional costs. However, a growing number of cost effectiveness studies are demonstrating the opposite. Most of individual cost effectiveness studies, pharmacoeconomic analysis, systematic reviews and health technology assessment studies agree that the implementation of hyperbaric oxygen in the treatment process delivers proven cost savings through its considerable financial costs. Many of the studies agreed in one - there is a reduction of costs in connection with the reduction of hospitalization days, the amount of coverage, reducing the cost of care for patients with amputations in the health and social system. The aim of the work is to compare the costs of HBOT in the Czech Republic and some selected countries, and to present cost-effectiveness studies, pharmaco-economical systematic reviews and health technology assessment analysis in selected pathological conditions.

**Keywords:** Hyperbaric oxygen therapy, cost-effectiveness, health care system, social care system

## Úvod

Kritici HBO často argumentují finanční náročností léčby a dodatečnými náklady. Nicméně roste počet studií nákladové efektivity, které prokazují pravý opak. Zdá se, že implementace HBO do léčebného

procesu prokazatelně přináší finanční úsporu přes její nezanedbatelné finanční náklady.

## Náklady na léčbu některých vybraných onemocnění

### *Syndrom diabetické nohy*

Náklady na ošetření ulcerace v rámci SDN se pohybuje mezi 7 700 a 25 200 Eur. Odhadovaná průměrná cena za **epizodu SDN** v Evropě je asi **10 000 Eur**. Tato částka ve vztahu k odhadovanému výskytu 3,6 milionu pacientů s SDN v roce 2015 (59,8 milionů diabetiků s průměrnou prevalencí výskytu SDN ve výši 6%) představuje orientační roční náklady na léčbu SDN v celé Evropě ve výši **36 miliard eur**. Přibližně 12% osob s SDN dospěje k amputaci dolních končetin. Roční průměrná incidence amputace je 2,5 až 18 na 1000 diabetiků. Náklady na epizodu vysoké amputace se pohybuje mezi 9 927 a 11 803 eur (**v průměru 10 865 eur**). (Longobardi, 2016).

### *Cévní mozková příhoda*

Celosvětově péče o pacienty s CMP spotřebuje asi 2-4% z celkových nákladů na zdravotní péči a v průmyslově vyspělých zemích iktus představuje více než 4% přímých nákladů na zdravotní péči. Celkové náklady pro společnost v některých zemích byly odhadnuty na 7,6 miliard liber ve Velké Británii v cenách roku 1995 a v USA na necelých 41 miliard dolarů v cenách roku 1997, což představuje asi 100 dolarů na jednoho obyvatele USA za rok. Průměrné náklady v prvním roce po cévní mozkové příhodě jsou odhadovány na více než 17 000,- USD. Odpovídající průměrné roční náklady na léky představují částku 5 392,- USD, průměrné náklady na využití roční rehabilitačních služeb jsou 11 689,- USD.

Studie prokázaly, že roční náklady na péči o pacienta s ischemickou cévní mozkovou příhodou po 10 letech se nesnížily a byly podobné nákladům mezi 3. a 5. rokem po události. Po hemoragické mrtvici jsou roční náklady výrazně zvýšené v dlouhodobém horizontu a jsou podstatně vyšší po 10 letech od příhody. Pokud zvážíme aplikaci 40-60 expozicí HBO, dodatečné náklady se pohybují mezi 12 000 – 24 000,- USD, což je z hlediska nákladů efektivní i v prvním roce od ukončení léčby. Kromě toho tato čísla neberou v úvahu ztrátu práce z důvodu zdravotního postižení a návrat do práce po léčbě u pacientů, u kterých došlo ke zlepšení či vyléčení (Efrati & Hadanny, 2016).

## Náklady na provedení HBO v ČR a v některých vybraných zemích

Výše úhrady za provedení léčby HBO je ve většině vyspělých zemí vyšší než v ČR. 1 expozice HBO u chronické indikace stojí v ČR 1700 – 1800,- Kč a u akutní indikace kolem 2300 - 2500,- Kč (Hájek & Koliba, 2011). Ve Švédsku stojí 1 standardní aplikace v jednomístné komoře u chronické indikace 330,- EUR, u akutní 1000,- EUR. Ve vícemístné komoře pak stojí léčba pacienta v režimu ICU kolem 2500,- EUR. Za léčbu pacienta s DCS či vzduchovou embolií podle tabulky US NAVY 6 plátcí zdravotní péče hradí částku 7 500,- EUR. Ve Velké Británii stojí standardní léčba HBO 107,5,- liber za expozici a 250,- liber za urgentní případy. V USA se výše úhrady za provedení HBO velmi různí. Výše úhrady je závislá na povaze a urgentnosti indikace, typu zařízení (ambulantní, nemocniční), ve kterém je léčba provedena a typu zdravotního pojištění. Dále se platby velmi liší i v rámci jednotlivých regionů a států. Průměrná úhrada za jednu expozici HBO v systému Medicare/Medicaid představuje částku kolem 200,- USD. V některých léčebných centrech jsou úhrady mnohonásobně vyšší a mohou dosahovat až 2 166,- USD za standardní a 4 625,- USD za urgentní případ. Částka za provedení léčebné tabulky US NAVY 6 může činit až 8 960,- USD. Taktéž soukromé zdravotní pojišťovny hradí za jednu expozici řádově 10 násobně více než systém Medicare/Medicaid. V sousedním Polsku dosahuje platba jak za akutní, tak chronickou indikaci v přepočtu 130,- EUR, v Německu stojí standardní léčba HBO 180 – 250,- EUR, urgentní léčba 1100,- EUR a za léčbu US NAVY 6 se platí 1460,- EUR. V Austrálii se platí 100 – 250,- AUD za hodinu léčby

a je lhostejné, zda se jedná o akutní či chronickou indikaci. Konečně v Japonsku stojí léčba 2000,- jenů u chronické (v přepočtu 440,- Kč), ale 50 000,- jenů (11 000,- Kč) v jednomístné a 60 000,- jenů (13 200,- Kč) ve vícemístní komoře u akutní indikace (Kot, 2010).

## **Studie nákladové efektivity, farmakoekonomické systematické přehledy, analýzy zdravotnických technologií**

K zhodnocení nákladové efektivity metody HBO byla publikována celá řada studií, systematických přehledů a analýz zdravotnických technologií. V známé dvojitě zaslepené RCT, týkající se léčby diabetických defektů, autoři prokázali (Abidia, Laden & Kuthan, 2003) kromě lepšího hojení ischemických, nehojících se diabetických bércoých ulcerací ve srovnání s kontrolou taktéž nákladovou efektivitu léčby HBO. Limitovaná ekonomická analýza v této randomizované kontrolované studii ukázala, že i přes dodatečné náklady **došlo ke snížení celkových nákladů v průměru o 2960 liber na pacienta** léčeného v období 1 roku trvání studie, a to pouhým snížením počtu návštěv potřebných k ošetřování defektu. Došlo k potenciálním úsporám **v celkových nákladech na léčbu u každého pacienta v průběhu studie**. Odhadované náklady na jednu ambulantní návštěvu nemocnice k ošetření ulcerace je 58 liber (hodnota získaná z NHS v roce 2000).

V práci z roku 2003 bylo prokázáno (Guo, Counte, Gillespie & Schmitz, 2003), že celkem 165 vysokých amputací dolních končetin bylo odvráceno použitím terapie HBO (205 amputací v kontrolní skupině ve srovnání s 50 amputacemi ve skupině HBO). Byl zaznamenán nárůst nízkých amputací o 45 případů ve skupině HBO (130 v kontrolní skupině proti 175 ve skupině HBO). Přibližně 50,2 (v 1. roce), 265,3 (v 5. roce) a 608,7 QALY (v 12. roce) bylo získáno v důsledku použití léčby HBO. Celkové náklady činily 5 901 500,- USD za terapii HBO (A), 1 773 780,- USD za další nízké amputace (B) a 6 304 305,- USD za odvrácení vysokých amputací (C). Dodatečné náklady současným použitím terapie HBO byly 1 370 965,- USD (A + B - C) ve srovnání s konvenčním hojením ran. Ve srovnání s konvenčním hojením ran, náklady na QALY získané současným použitím terapie HBO byly 27 310,- USD (1. rok), 5 166,- USD (5. rok) 2 255,- USD ve 12. roce. Autoři došli k závěru, **že HBO terapie při léčbě diabetických ulcerací je nákladově efektivní, a to zejména z dlouhodobého hlediska**.

V kanadské analýze zdravotnických technologií (Health Technology Assessment, HTA) bylo zmíněno (Hailey, Jacobs, Perry, Chuck, Morrison & Boudreau, 2007), že adjuvantní použití HBO v léčbě SDN je efektivnější než samotná standardní péče. Podíl vysokých amputací dolních končetin je možné snížit z 32% u pacientů s obvyklou standardní péčí na 11% u pacientů užívajících adjuvantní HBO. Došlo k poklesu podílu nezhojených ran po léčbě HBO. **Úspora nákladů u pacientů s HBO** činila v průměru téměř **10.000 CAN dolarů** (40.695 vs 49.786 CAND) a současně byl významně zlepšen léčebný výsledek - parametr QALY (quality-adjusted life years)- 3,64 u pacientů s HBO vs. 3,01 u pacientů bez užití HBO. Odhadované náklady pro léčbu všech případů SDN v Kanadě představovaly 14 milionů kanadských dolarů ročně po dobu 4 let. Autoři došli k závěru, že k tomu by bylo zapotřebí pořídit odhadem 179 dalších jednomístných zařízení nebo 20 - 35 nových sedmimístných hyperbarických zařízení.

## **Závěr**

Většina jednotlivých studií nákladové efektivity, farmakoekonomických systematických přehledů i analýz zdravotnických technologií se shodují, že implementace HBO do léčebného procesu prokazatelně přináší finanční úsporu přes její nezanedbatelné finanční náklady. Přestože existuje dostatečná evidence jak nákladové efektivity, tak klinické efektivity u celého spektra indikací, existuje mnoho míst po celé ČR, kde pacienti vzhledem k absenci hyperbarických zařízení nemají přístup k této léčbě.

## Referenční seznam

Abidia, A., Laden, G. & Kuthan, G. (2003). *The role of hyperbaric oxygen therapy in ischaemic diabetic lower extremity ulcers: a double-blind randomised control trial.* *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 25,; 513 – 518.

Efrati, S. & Hadanny, A. (2016). *Application of hyperbaric oxygen therapy in stroke. Report on 10th ECHM Consensus Conference on Hyperbaric Medicine, April 15-16th 2016, Lille.*

Guo, S., Counte, M. A., Gillespie, K. N. & Schmitz, H. (2003). *Cost-effectiveness of adjunctive hyperbaric oxygen in the treatment of diabetic ulcers.* *Int J Technol Assess Health Care*, 19:731–737.

Hailey, D., Jacobs, P., Perry, D. C., Chuck, A., Morrison, A. & Boudreau, R. (2007). *Adjunctive Hyperbaric Oxygen Therapy for Diabetic Foot Ulcer: An Economic Analysis [Technology report no 75].* Ottawa: Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health;

Hájek, M. & Koliba, M. (2011). *Hyperbarická oxygenoterapie v léčbě syndromu diabetické nohy.* *Interní medicína pro praxi*, 13 (4), s. 73-77. ISSN: 1212- 7299.

Kot, J. (2010). *European Code of Good Practice for Hyperbaric Oxygen Therapy.* In: *Proceedings of 36th Annual Meeting of the European Underwater and Baromedical Society.* 14. - 18. September 2010, Istanbul, Turkey. 12 - 16.

Longobardi, P. (2016). *Hyperbaric Oxygen Therapy for Diabetic Foot Ulcer. Report on 10th ECHM Consensus Conference on Hyperbaric Medicine. April 15–16th 2016, Lille.*



# MOŽNOSTI KOREKCE REFRAKČNÍCH VAD U PILOTŮ A ŘÍDÍCÍ LETOVÉHO PROVOZU

Poláčková Veronika, FEBO, Nováček V. Ladislav, Šindelářová Hana  
Ústav leteckého zdravotnictví Praha – oční oddělení

## Abstrakt

Zrak zprostředkovává asi 80% všech přijatých informací o okolním prostředí. Kvalita této informace do značné míry závisí na zrakové ostrosti jedince. Maximální zraková ostrost je limitována refrakční vadou (krátkozrakost, dalekozrakost a astigmatismus). V současné době existuje několik možných způsobů korekce refrakčních vad – brýlová korekce, kontaktní čočky a refrakční operace. V přednášce budou zhodnoceny v přehledné formě specifické požadavky na různé způsoby korekce těchto vad u pilotů a řídicích letového provozu s návazností na posudkovou problematiku.

**Klíčová slova:** refrakční vady, korekce, laserové operace

## CORRECTION OPTIONS FOR REFRACTIVE ERRORS IN PILOTS AND ATCOS

Poláčková Veronika, FEBO, Nováček V. Ladislav, Šindelářová Hana  
Institute of Aviation Medicine Prague, Department of Ophthalmology

## Abstract

Vision is mediating about 80% of all incoming informations about our environment. Quality of such information to a large extent depends on visual acuity of an individual. Maximal visual acuity is limited by refractive errors (myopia, hypermetropia and astigmatism). There are currently several ways to correct refractive errors – glasses, contact lenses and refractive surgery. In the lecture will be evaluated specific requirements for various ways of correcting methods in the pilots and the air traffic controllers in relation to the assessment issue.

**Keywords:** refractive errors, correction, laser surgery

## Úvod

Zrak patří ve všech oblastech našeho života mezi naše nejdůležitější smysly. Zprostředkovává příjem asi 80% informací o okolním prostředí, proto je na vyšetření zraku a správnou korekci kladen důraz při pravidelných leteckých prohlídkách. Kvalita zrakem přijímané informace závisí na zrakové ostrosti. Zraková ostrost je ovlivňována celou řadou očních patologií. Mezi nejčastější a nejlépe odstranitelné patologie patří refrakční vady (krátkozrakost – myopie, dalekozrakost - hypermetropie, astigmatismus a věchozrakost – presbyopie). Správná korekce refrakčních vad umožňuje pacientovi dosáhnout dobré zrakové ostrosti. Způsobů korekce je celá řada – brýlová korekce, kontaktní čočky a refrakční operace (laserové zákroky na rohovce nebo implantace nitroočních čoček – s ponecháním vlastní čočky nebo s její výměnou).

## Brýlová korekce

Nejjednodušším způsobem korekce je refrakčních vad je nošení brýlí. Je možné jimi korigovat všechny typy vad. U žadatelů do 40 let korigujeme refrakční vadu do dálky pomocí monofokálních skel. Při vyšším počtu dioptrií (nad 3 D) by měla být použita vysokoindexová plastová skla (mají nižší hmotnost a použití vysokoindexového materiálu snižuje periferní deformaci obrazu a prizmatický efekt

daný vyšším počtem dioptrií). U žadatelů v presbyopickém věku (nad 40 let) používáme ke korekci nedostatečného vidění do blízka monofokální brýle na čtení. Konstrukčně by to měly být tzv. „half-frame brýle“ – úzké brýle v dolní polovině zorného pole umožňující vidění do blízka, ale neomezující při pohledu vpřed. Pokud jsou použity tzv. „full-frame“ brýle, je třeba v nich mít zasazena multifokální skla. Multifokální nebo bifokální skla je třeba použít také u žadatelů, kteří vyžadují korekci jak na dálku, tak do blízka. Obecně by brýle měly být dobře padnoucí, pohodlné, neomezující zorné pole, s dostatečně velkými zorníky a úzkými, ale pevnými straniciemi. Použití antireflexní vrstvy snižuje množství odrazů a zvyšuje propustnost pro světlo (CAA, 2017).

## Sluneční brýle

Sluneční brýle používané v letectví by měly být neutrální barvy (šedá, hnědá), tak aby co nejméně ovlivňovaly barevné vidění. Maximální absorpce světla by měla být 80% procent. Brýle mohou mít graduované zbarvení (nahore tmavší, dole světlejší). Použití fotochromických (samozabarvovacích) čoček není vhodné. Zatmavení čoček je totiž aktivováno UV složkou viditelného spektra, která je velmi účinně odfiltrována sklem kokpitu, takže se snižuje stínící efekt čoček. Druhým důvodem je pomalé odbarvování čoček a skutečnost, že ani v odbarveném stavu nejsou zcela čiré a snižují transparentci skla. Nedoporučuje se ani polarizační filtr (často používán a doporučován v brýlích pro řidiče). Polarizační filtr snižuje čitelnost displejů a při sumaci s polarizačním efektem skel kabiny může docházet ke vzniku skotomů (výpadků v zorném poli). Při použití dioptrických slunečních brýlí, musí být k dispozici druhý pár čirých brýlí. Při letech v noci musí být oba páry brýlí (používané i náhradní) čiré (Authorities, 2012; CAA, 2017).

Používání X-chromových nebo chromagenních brýlových nebo kontaktních čoček je zakázáno. Výrobci těchto čoček uvádí, že zlepšují a napravují poruchy barevného vidění a pomáhají při dyslexii. Ačkoliv mohou zlepšovat výsledky při testování Ishiharovými pseudoisochromatickými tabulkami, poruchu barvocitu nenapravují, jen jí použitím určitých barevných filtrů posunují do jiné části barevného spektra a zlepšují vnímání jasu a kontrastu. V letectví je jejich použití zakázáno jak při vyšetření, tak v provozu.

## Kontaktní čočky

Kontaktní čočky přinášejí oproti brýlové korekci několik výhod – minimalizují změnu velikosti obrazu (toto je nutné zejména u pacientů s anizometrií), neomezují zorné pole, nemají periferní aberaci skel, ani prizmatický efekt. Kontaktní čočky musí být dobře snášené, monofokální a nezbarvené. Optimální jsou silikonhydrogelové čočky s nízkým obsahem vody a vysokou propustností pro kyslík. Důležitá je dostatečná adaptace (bezproblémové nošení 8 hodin denně 5 dní v týdnu po dobu jednoho měsíce) a dobrá snášenlivost v kokpitu. Suchý vzduch v kabině může způsobit dehydrataci čočky a následně vést ke změně optické síly čočky nebo k edému rohovky a tím snížit zrakovou ostrost. Pravidelné kontroly u očního lékaře či optika a důsledná hygiena jsou naprostou nezbytností.

Kontaktní čočky jsou určeny pouze pro korekci do dálky. U presbyopického pacienta (po 40 letech věku) je třeba použít ještě brýle na čtení a mít v rezervě bifokální nebo multifokální korekci. Mezi nepřípustné varianty patří tzv. monovision (jedno oko je korigované do dálky a druhé do blízka), bifokální nebo multifokální kontaktní čočky (horší optická kvalita obrazu a snížení kontrastní citlivosti a citlivosti na oslnění), barevné a kosmetické kontaktní čočky (mění vnímání barev, kontrastů, omezují zorné pole) a ortokeratologické čočky (aplikují se na noc, tlakem na rohovku změň její tvar a následující den umožňují lepší vidění bez korekce – výsledek není zcela předvídatelný a zraková ostrost je během dne nestabilní, proto je v použití těchto čoček v letectví zakázáno) (EU, 2011; EU 2015; CAA 2017).

## Refrakční operace

Poslední možností korekce refrakčních vad jsou refrakční operace. V současné době máme k dispozici několik možných způsobů – laserový zákrok na rohovce nebo operace s implantací nitrooční čočky. Laserové zákroky jsou vhodné pro pacienty s myopií nebo astigmatismem před nástupem presbyopie (do 40 let). K dispozici máme povrchové metody (PRK, EpiLASIK, LASEK). Při použití těchto metod dochází působením argonfluoridového laseru ke změně předního zakřivení rohovky po odstranění epitelu. Tyto metody se častěji používají u nižších vad (do -3,0 D). Jejich nevýhodou je bolestivost v časném pooperačním období a delší doba hojení – přehojení epitelu za 5-7 dní, stabilizace refrakce za 1-3 měsíce. Druhou možností jsou metody využívající vytvoření rohovkového flapu, po odklopení flapu a opracování povrchu rohovky laserem se flap opět překlopí zpět na rohovku. Podle způsobu tvorby (mechanicky nebo femtosekundovým laserem) a podle tloušťky flapu se pak nazývá LASIK, UltraLASIK, FemtoLASIK. Hojení u tohoto typu operace je výrazně rychlejší – k přehojení okrajů flapu dochází během 1-2 dní, stabilní refrakce je dosažena většinou do 3 týdnů. Bolestivost je výrazně menší (Kuchyňka et al., 2007).

Při vyšších dioptrických vadách nebo u pacientů s tenkou rohovkou je při zachovalé akomodaci do blízka (do 40 let) možným řešením implantace umělé nitrooční čočky se závěsem na duhovku nebo její uložení mezi duhovku a vlastní čočku.

Poslední možností je odstranění vlastní čočky s implantací umělé čočky. Implantovaná čočka může být monofokální (pacientovi po zákroku zůstávají brýle na blízko nebo na dálku – dle vstupní vady a preferencí pacienta), torická (korigující astigmatismus) nebo multifokální (umožňuje vidění do blízka i do dálky bez závislosti na další korekci). Vzhledem nežádoucím efektům po implantaci multifokální čočky (snížení kontrastní citlivosti, glare a halo efekt), projevujícím se zejména za šera, je jejich použití v letectví předpisem zakázáno (EU, 2011).

Při posuzování žadatele po prodělaném refrakčním zákroku je třeba mít na paměti, že vada před zákrokem by neměla přesahovat povolené dioptrické rozpětí (pro myopii -6,0 Dpt, pro hypermetropii +5,0 Dpt a astigmatismus do 2 Dpt) (EU, 2011; EU 2015; CAA 2017).

## Závěr

V současné době máme k dispozici široké možnosti řešení refrakčních vad u pilotů a ŘLP, můžeme tak najít nejvhodnější řešení pro každého žadatele. Soukromá centra a kliniky sice nabízejí a poskytují široké spektrum refrakčních zákroků, ale chybí zde návaznost na znalost předpisů. Mohou tak pacientovi v dobré víře, že bude zcela nezávislý na korekci po operaci doporučit a implantovat multifokální nitrooční čočku, jejíž přítomnost však znamená neschopnost pro výkon povolání pilota.

Před každým refrakčním zákrokem u létajícího personálu nebo ŘLP je tedy vhodné podstoupit vyšetření a konzultaci na očním oddělení Ústavu leteckého zdravotnictví, jehož kvalitní přístrojové i personální vybavení umožňuje nejen pečlivě zhodnotit nález a doporučit nejvhodnější řešení s ohledem na stávající předpisy, ale nově také poskytnout špičkovou chirurgickou léčbu ve vlastních nově vybudovaných operačních sálech.

## Referenční seznam

Authorities, J. A. (2012). *JAA manual of civil aviation medicine*. CAA. (2017).

*Guidance for the certification of pilots, air traffic controllers and cabin crew; Medical standards* | UK Civil Aviation Authority. *Caa.co.uk*. Retrieved 27 May 2017, from <http://caa.co.uk/Aeromedical-Examiners/Medical-standards/>

EU č. 1178/2011, appendix IV, part MED

EU č. 350/2015, appendix IV, part MED

Kuchynka, P. et al, (2007). *Oční lékařství*. Praha: Grada

# MOŽNOSTI VYUŽITÍ HLASOVÉ ANALÝZY JAKO PSYCHOFYZIOLOGICKÉ METODY HODNOCENÍ OPERÁTORŮ V LETECTVÍ

Dzvoník Oliver  
Ústav leteckého zdravotnictví Praha

## Abstrakt

Lidský hlas, kromě sémantického obsahu, v sobě nese informaci o tom, kdo mluví, zejména o jeho psychickém a fyzickém stavu. Emoční stres, či únava, mohou být významným elementem změn v těchto podmínkách. Systémy hlasové analýzy si nárokují měřit tento tremor, který je transformován do lidské řeči. Stres a jeho manifestace v akustických signálech byli předmětem zájmu mnoha výzkumů. Řeč je intuitivně interpretovaná lidmi jako jistá charakteristika osobnostního vyjádření. Její objektivní analýza je ale poměrně komplikovaná. Výzkum individuálních rozdílů v projevu přirozené řeči je slibnou, ale nedostatečně prozkoumanou oblastí psychologie individuálních rozdílů. V poslední době byli identifikované významné vztahy mezi množstvím akustických řečových parametrů a postoji či emocemi mluvících lidí. Predikce emočně specifických profilů, založená na předpokladu fyziologických komponentů emoční odpovědi se setkala s určitými úspěchy v oblasti empirických výzkumů. Analýza lidského hlasu se zdá být slibnou psychofyziologickou metodou i v měření aktuálních kognitivních a emočních zátěží, či stresu v mnoha operátorských profesích v letectví (např. pilot či řídicí letového provozu). Výsledky dosavadních studií ukazují, že řeč je prediktorem nejen aktuálních psychických stavů, ale určité řečové aktivity jsou ve vztahu k osobnostním rysům a projevům. Zátěžové faktory a situace, ve kterých jsou stresující podmínky často průvodním faktorem, stojí za to, aby byly zkoumány z aspektů jejich vlivů jak na výkonnost a pracovní způsobilost letců, tak na jejich dlouhodobé vlivy a dopady na oblast mentální zdraví.

**Klíčová slova:** hlasová analýza, psychofyziologie emocí a stresu, osobnost a mentální zdraví v letectví

## POSSIBILITIES OF THE USE OF HUMAN VOICE ANALYSIS AS THE PSYCHOPHYSIOLOGICAL METHOD FOR THE EVALUATION OF AVIATION OPERATORS

Dzvoník Oliver  
Department of Aviation Medicine Prague

## Abstract

Human voice, except their semantic aspects, encompasses also the specific information especially about individual who is speaking and their psycho-physiological state. Emotional stress or fatigue can be significant elements of human voice changes in demanding conditions of workload or overload. The voice analysis systems claim to be able to measure these changes (e.g. tremors) which are transformed into the human speech. Stress and stress manifestation in acoustical signals were a topic of interest of many research studies. Human speech was intuitively interpreted as certain characteristic of personality expression but their objective analysis seems to be quite complicated. The research of individual differences in natural speech expresses is very promising but not sufficiently analyzed and explored area of personality study. In the last couple of decades were identified a significant relations between numbers of acoustic speech parameters and attitudes or emotions of speaking people. A prediction of emotionally specific profiles, based on assumption of physiological components of emotional reactions has encountered some successes in empirical research. Human voice analysis seems to be a promising psycho-physiological method in measurement of cognitive and emotional

workload or stress in aviation operator's professions (e.g. pilots and air traffic controllers). The results of present studies shows, that human speech could be a predictor not only actual psychological states, but voice characteristics are also related to personality traits and expressions. Workload, stress and fatigue are worth to be explored not only from their relations on human performance but also from the view of their effects on aviation mental health and fitness.

**Keywords:** voice analysis, psycho-physiology, emotions and stress, personality, mental health in aviation

## Úvod

Lidská řeč poskytuje posluchači alespoň dva zdroje informací: verbální kanál, kódující lingvistický obsah zprávy a vokální kanál, přenášející paralingvistickou informaci ve chvění, frekvenci, hlasitosti a podání řeči. Jednou z důležitých typů informací komunikovaných přes vokální kanál, je afektivní stav mluvícího. Vokální charakteristiky spojené s vyjádřením emocí se stali na dlouhou dobu předmětem mnoha výzkumů. Je obecně známou skutečností, že stresující podmínky vyvolávají zvýšení základní hlasové frekvence (počet hlasových impulsů za vteřinu) a aktivní emoce jako strach a zlost se odrážejí v nárůstu průměrného výskytu chvění či rozptylu, přičemž stav s „nízkou energií“ jako smutek a lhostejnost, jsou spojené s nižší průměrnou hodnotou výskytu chvění či frekvence řeči.

## Analýza, klasifikace a detekce stresu v lidském hlasu

Všeobecně uznávanými parametry při vyhodnocování změn řečových charakteristik jsou: intenzita, základní frekvence (pitch), trvání, spektrum vokálního traktu, glottální zdroj a artikulační profil vokálního traktu. Poslední dva parametry nelze derivovat přímo z řečového signálu, ale vyžadují měření v přímém vztahu k mluvčímu, což omezuje jeho flexibilitu.

**Intenzita** – obecně je pozorovaná průměrná intenzita, když narůstá okolní hluk (Lombardův reflex), hněv nebo některé typy vyšších zátěží. Bylo zjištěno, že hlavně hlásky a samohlásky vykazují signifikantní vzrůst intenzity, zatím co spoluhlásky jí snižují.

**Základní frekvence (pitch)** - je nejvíc uznávaný parametr hodnocení stresu. Je sledován její tvar, rozptyl a distribuce

**Trvání** - průměrná doba trvání slova je signifikantním indikátorem řeči v různých podmínkách (např. rychlost, jasnost, hněv, Lombard a hluk) Individuální fenomén trvání v rozdílných podmínkách se signifikantně liší pro všechny styly

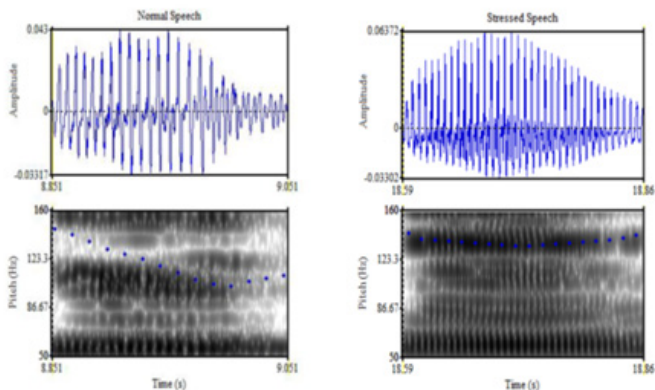
**Spektrum vokálního traktu - formant** - oblast lokálního maxima a hlasové spektrum ukazuje signifikantní změny v různých typech stresových podmínek.

Sondhi et al (2015) realizovali výzkum s identifikací změn aktuálního psychického stavu – stresu. Získané výsledky prokázali, že pokud je osoba vystavená emočnímu stresu, může být tato změna jasně rozeznatelná v lidském hlasu. Průměrné hodnoty chvění hlasu a formantů F1 a F2 byly získané jako spolehlivé hlasové indikátory psychického stavu - emočního stresu.

## Vztah osobnostních rysů a charakteristik lidského hlasu

Vztahy mezi individuálními osobnostními charakteristikami byli předmětem zkoumání (např. Chung & Pennebaker, 2008; Tausczik & Pennebaker, 2010), ale stanovení korelace mezi vzorky komunikace a osobnostními dimenzemi v širším rozsahu, zůstává nadále výzvou. Verbální projev je široce vnímaný jako jeden z podstatných projevů lidského chování (Crow, 2000; Premack, 2004).

Existuje široká variabilita toho, jak je verbální informace projevovaná mezi lidmi a objasnění těchto individuálních rozdílů by bylo důležité pro porozumění tomu, jak se lidé adaptují a fungují v jejich



prostředí (Pennebaker & King, 1999). Není proto překvapujícím faktem, že existuje značné úsilí rozvíjet metody k vyhodnocování verbálního projevu. Současný pokrok v počítačovém zpracování řeči umožnil zavedení automatických postupů umožňujících jejich efektivitu a aplikovatelnost v širokém rozsahu životních a pracovních podmínek člověka.

Mohammadi et. al. (2010) publikovali studii o automatickém hodnocení osobnostních rysů založené na nonverbálních vokálních podnětech. Práce ukazuje, jak prosodické aspekty mohou být použité k predikci s 75-80% přesností v závislosti od osobnostních rysů. Hodnocení osobnosti bylo provedeno lidmi dle posudků 640 vzorků řeči a je založeno na krátké verzi dotazníku Big Five, který se v současnosti široce využívá pro osobnostní hodnocení. Posudky hodnotitelů byli omezené pouze tím, že posuzovatele nerozuměli jazyku, čímž nebyli ovlivněni obsahem, ale měli hodnotit jen celkový dojem z verbálního projevu.

Další studie od Silnitské a Guseva (2013) byla realizovaná za účelem hledání vztahů mezi osobními a temperamentními rysy (hodnocené podle osobnostního dotazníku a dotazníku struktury temperamentu) na jedné straně a na straně druhé mezi parametry intonace u vzorku 30 mužů a žen. 60 záznamů přirozených monologů na navrhované téma bylo získaných v situacích přítomnosti a absence mluvčího pro konverzaci. Demonstrativita (jako osobnostní rys dle Leonarda) významně ovlivnila průměrnou hodnotu parametru  $\Delta F_0$ , délku a frekvenci řeči v přítomnosti partnera pro konverzaci. Při absenci mluvčího byl zjištěn jenom efekt interakce Demonstrativity a Komunikační aktivity v podmínkách stejné skupiny. Přítomnost mluvčího pro konverzaci je osobitou podmínkou pro nárůst Demonstrativity. U lidí s rysy Demonstrativity je signifikantní nárůst rychlosti řeči.

Ve výzkumu Poltzelta et.al (2015) byli hodnoceni profesionální mluvčí v situacích, kdy měli produkovat řeč s využitím různých typů osobností a zakódovat ji do profilu osobnostních rysů podle metody Big Five NEO-FFI. Hodnocení podle uvedené metody provedla osoba (hodnotitel), která nazvala osobně žádného ze spikrů. Byli analyzované záznamy s použitím signálních a akustických metod a pozorována vysoká konzistence mezi řečovým osobnostním projevem, hodnocením hodnotitelem a výsledky automatické klasifikace. Tato studie představuje pokus zapracovat projev osobnostních rysů do budoucí komunikace systému člověk-stroj.

## Produkce lidské řeči a její vztah k únavě

Rozpoznatelná řeč je produktem kontinuálního přizpůsobování rezonujících částí vokálního traktu. Tento systém sestává z excitační oblasti (plíce, bránice a hlasové orgány) a filtru, který podle přizpůsobuje změny pozici hrtanu, jazyka, rtů, čelistí a měkkého podnebí. Produkce řečových zvuků je procesem, který závisí na precizních interakcích mezi senzorickým a motorickým systémem. Řízení hlasových artikulátorů je uskutečňováno přes proces biofeedbacku zahrnující pocítování a monitorující vibrace hlasových orgánů, hlas a pocity při jeho vytváření. S narůstající únavou, či při ovlivnění alkoholem je tento systém narušený. Různé řečové manifestace tohoto narušení byly již popsány výzkumníky. Předcházející práce ve spojitosti se změnami hlasu pod únavou se zaměřovali na diskrétní charakteristiky hlasu mluvících osob. Zahrnovali kolísání a trvání slov (Vollrath, 1994). Změny v spektrálních parametrech byly asociované s ovlivněním alkoholem (Brenner & Cash, 1991) a hypoxií (Saito et al., 1980). Signifikantní efekty cirkadiálních vlivů na hlasové charakteristiky byli pozorované v mnoha studiích (Roth et al., 1989; Whitmore & Fisher, 1996).

Vojenské a civilní zkušenosti ukázaly, že dlouhotrvající činnost znamená vzrůst rizika selhání výkonnosti člověka, která se zvyšuje s dobou expozice v této činnosti. Je to z důvodu přerušování normálních spánkových cyklů a psychologickými tlaky pracovního prostředí. Pokračování práce za těchto okolností potřebuje nezatěžující systém hodnocení únavy, schopný monitorování úrovně pohotovosti personálu v kritických úlohách či posláních. Experimentální výsledky s lidským hlasem ukazují, že specifika hlasu mají prediktivní hodnotu ve vztahu k únavě. Proto precizní fonetická identifikace a vybavení jsou důležité k detekci únavy podle hlasu. Tento výzkum vysvětluje techniky detekce únavy z hlasu s využitím rozpoznávání k získání fonetického uspořádání. Důvěrné měření bylo použito k odfiltrování méně pravděpodobných slovních hypotéz z výstupu ASR. V tomto výzkumu bylo omezení analýzy pouze na slova obsažená ve slovníku. Výsledky ukazují na silnou korelaci s jinými standardizovanými testy jako opožděný nástup spánku a spánek, aktivita, únava a efektivnost úloh (Greeley et al., 2006).

## Vztah (mentálního) zdraví a lidského hlasu

Myšlenka, že by bylo možné diagnostikovat duševní poruchu pomocí percepční či akustické analýzy hlasu se jeví jako velice lákavá (Šebesta, 2011). Výzkumné úsilí mířilo i tímto směrem, ovšem se smíšenými výsledky. Nejzajímavější výsledky v této oblasti přinesla studie Tolkmita a ostatních (Tolkmitt, Helfrich, Standke & Scherer, 1982). Studie se účastnilo 15 depresivních a 17 schizofrenických pacientů. Byly odebrány vzorky řeči před a po léčbě a tyto byly analyzovány ve vztahu k  $f_0$ , distribuci energie ve spektru a hodnoty formantových frekvencí. U obou skupin se po léčbě snížila  $f_0$ , což bylo interpretováno jako snížení arousalu. Na základě energetické distribuce spektra bylo usouzeno na větší uvolnění u depresivních pacientů, u schizofreniků tomu bylo obráceně. U schizofreniků byl zaznamenán pokles spektrální energie v rozmezí do 500 Hz (v průměru tedy cca 0-tý až 1. formant). U depresivních pacientů došlo k zvýšení. Ovšem v rozmezí od 500 do 1000 Hz (cca 1.-2. formant) tomu bylo přesně naopak, u schizofreniků došlo k navýšení energie a k poklesu u depresivních pacientů. Podle Hargreaves a Starkweathera (1965) lze depresivní hlas popsat jako ztišený, postrádající vyšší harmonické frekvence (temný) a se sníženou modulací hlasu (akustickým korelátém může být nižší průměrná odchylka  $f_0$ ), percepčně tupé a neživotné kvality. Na rozdíl od výše zmíněné studie nepozorovali posun ve výšce hlasu. Autoři studie také uvádějí, že pozorovaný trend byl přítomný jen u některých pozorovaných pacientů. Tento efekt připisovali nedostatečné diferenciaci mezi druhy deprese nebo individualizovaným projevem deprese (Hargreaves & Starkweather, 1965). S rozvojem možností akustického zpracování nahrávek řečové produkce se ukazuje, že se psychické poruchy jako schizofrenie (Stassen et al., 1995, 1998) či deprese rozpoznatelně projevují v neverbálním obsahu řeči, a to na způsob korelujícího kontinua akustických parametrů zachytitelných pomocí akustické analýzy. Přehled studií je možné nalézt u Mundta et al. (2007).



Pestian (2008) navrhnul skriningový nástroj, který predikoval pravděpodobnost jedince v depresivním nebo suicidálním stavu. Autoři této studie odvodili výsledky z lingvistické analýzy psaní suicidálních poznámek jednotlivci, kteří přiznali suicidium a normálních jedinců, přičemž extrahovali počet slov, výslovnost, anagramy, emoční slova, atd. Mund (2006) prezentoval studii akustických vzorků hlasu depresivních pacientů za účelem mapování vývoje onemocnění od raných stádií do stádia léčby na škále extrahovaných projevů. Tato zjištění navrhnou, aby byla realizovaná také akustická měření hlasu pacientů, která by poskytovala objektivní postup při hodnocení deprese.

## Spektrální vokální analýza

Software novější vokální analýzy používají plné spektrum vokální informace obsažené v lidském hlasu (Lieberman, 2003). Kromě měření frekvence a intenzity je moderní vokální analýza schopna měřit indikátory kognitivního úsilí prostřednictvím změn v plynulosti řeči nebo v tzv. epizodách plateau. Software vokální analýzy se zaměřuje na rozmanitost, délku a miniaturní skoky v amplitudě v průběhu řeči. Při zkoumání průběhu vokálního grafického záznamu narážíme na plateau, která odrážejí přerušení řeči z důvodu např. probíhajícího myšlenkového procesu či kognitivní zátěže. Izraelská firma Nemesysco vyvinula software vokální analýzy pod názvem Layered Voice Analysis (LVA). Software vokální analýzy, dle jeho autorů (Lieberman, 2003) poskytuje měřicí nástroj pro stanovení parametrů odrážejících neupřímnost, emoce, kognitivní úsilí a stres. Tyto proměnné jsou uvedené a popsané v níže uvedené tabulce. Analýza vrstev hlasu (Layered Voice Analysis™ – LVA™) umožňuje lepší pochopení duševního stavu a emocionálního rozpoložení analyzované osoby v konkrétním okamžiku tím, že zachytí emoční křivky v lidském hlasu. Technologie identifikuje různé typy stresu, kognitivní procesy a emocionální reakce, které se projevují různými vlastnostmi lidského hlasu. Tyto informace poskytují náhled, jakým způsobem člověk myslí, co ho trápí, co ho nadchne, nebo v jaké části projevu si není jist, jaké otázky vyžadují více jeho pozornosti, nebo jaké oblasti jsou pro něj citlivým místem. LVA využívá unikátní matematický proces pro detekci různých prvků a abnormalit v lidské řeči, ve kterých vyhodnocuje stres, nadšení, myšlení, zmatenost a další příslušné emoční stavy zjištěnými v průběhu výzkumu, který potvrdil vysokou shodu s těmito emocemi. Technologie LVA dále umožňuje prozkoumat několik úrovní emoční intenzity a tím získat další informace, které by jinak nebyly dostupné. Tyto informace mohou ušetřit rozhodující čas během jakéhokoliv vyšetřování.

## Diskuse a závěr

Výsledky dosavadních studií ukazují, že řeč je prediktorem nejen aktuálních psychických stavů, ale určité řečové aktivity jsou ve vztahu k osobnostním rysům a projevům. Praktické aplikace výsledků dosavadních studií, by měli být propojené s vývojem takových psychodiagnostických metod a prostředků, které by byli schopné hodnotit individuální zvláštnosti mluvící osoby, založené na měření řečových charakteristik. To může podmínit vyzkoušení takových diagnostických metod ve vhodných podmínkách, které by vyprovokovali aktualizaci osobnostních rysů přímo ovlivňujících řečový projev. Takovými podmínkami jsou i pracovní podmínky některých exponovaných leteckých profesí (např. pilot a řídicí letového provozu). Zátěžové faktory a situace, ve kterých jsou stresující podmínky často průvodním faktorem, stojí za to, aby byly zkoumány z aspektů jejich vlivů jak na výkonnost a pracovní způsobilost letců, tak na jejich dlouhodobé vlivy a dopady na oblast mentální zdraví.

Řečová analýza zůstává možnou metodou monitorování zátěže a únavy u leteckých operátorů. Funkčnost v rámci specifických testových scénářů byla prokázána v literatuře. Zůstává ještě ohromný rozsah otevřených problémů a dalšího možného využití této neinvazivní metody v prostředí s vysokými nároky na spolehlivost lidského činitele. Závěrem lze navrhnout možné oblasti výzkumu a vytvoření systému monitorování parametrů operativní řeči v práci leteckých operátorů (pilotů a řídicích letového provozu):

1. Definice možných parametrů a potenciálních stresorů pro specifickou práci pilota a ŘLP.
2. Záznam a analýza řečových dat produkovaných za specifických vlivů.
3. Stanovení reprezentativních řečových vzorů odrážejících tyto vlivy.
4. Vytvoření vhodného pracovního modelu.
5. Implementace systému monitorování řeči pro specifický pracovní model.
6. Testování systému v reálných pracovních podmínkách a zátěžích.

## Referenční seznam

Alpert M. et al (2001) "Reflections of depression in acoustic measures of the patient's speech", *Journal of Affective Disorders*, 66, 59–69, 2001.

Crow, T. J. (2000). Schizophrenia as the price that Homo sapiens pays for language: A resolution of the central paradox in the origin of the species. *Brain Research Reviews*, 31, 118–129.

Hargreaves, W. A., Starkweather, J. A. & Blacker, K. H. (1965). Voice quality in depression. *Journal of Abnormal Psychology*, 70, 218–220.

Chung, C. K., & Pennebaker, J. W. (2007). The psychological function of function words. In K. Fiedler (Ed.), *Social Communication: Frontiers of Social Psychology*: 343–359. New York: Psychology Press

Lieberman, A. (2003) *Apparatus and Methods for Detecting Emotions*. US Patent 6638217 B1. <http://www.freepatentsonline.com/6638217.html>

Mohammadi G., Vinciarelli A., Mortillaro M. (2010). *The Voice of Personality: Mapping Nonverbal Vocal Behavior into Trait Attributions*, <http://www.dcs.gla.ac.uk/~vincia/papers/sspw2010-1.pdf>

Moore E. II, Clements M., Peifer J., Weisser L. (2007). *Investigating the Role of Glottal Features in Classifying Clinical Depression*, IEEE EMBS, Cancun, 2003

Mundt, J. et al (2007). Voice acoustic measures of depression severity and treatment response collected via interactive voice response (IVR) technology, *Journal of Neurolinguistics*, 20(1), 50–64, 2007

Pestian J., Matykiewicz P., Grupp-Phelan J., Lavanier S. A., Combs J., Kowatch R. (2008) *Using Natural Language Processing to Classify Suicide Notes*, ACL BioNLP Workshop, 96–97, 2008

Polzehl T. Moller S. Metzke F. (2015): *Automatically Assessing Personality from Speech* retrieved from: [http://www.cs.cmu.edu/~fmetzke/interACT/Publications\\_files/publications/icsc\\_FM.pdf](http://www.cs.cmu.edu/~fmetzke/interACT/Publications_files/publications/icsc_FM.pdf)

Silnitskaya A. S., Gusev A. N. (2013). *Character and temperamental determinants of prosodic parameters in natural speech*. *Psychology in Russia: State of the Art* Volume 6, Issue 3, ISSN 2074-6857 (Print) / ISSN 2307-2202 (Online) c Lomonosov Moscow State University, 2013 c Russian Psychological Society, 2013 doi: 10.11621/pir.2013.0309

Sondhi S., Khan M., Vijay R., Salhan A. K. (2015). *Vocal Indicators of Emotional Stress*, *International Journal of*

Stassen, H.H., Albers, M., Püschel, J., Scharfetter, Ch., Tewesmeier, M. & Woggon, B. (1995). *Speaking behavior and voice sound characteristics associated with negative schizizophrenia. Journal of psychiatric research, 29, 277-296.*

Šebesta P. (2011): *Vztah hlasu a osobnosti, Diplomová práce, Masarykova univerzita, Psychologický ústav, Brno [http://is.muni.cz/th/109766/ff\\_m/Korpus.pdf](http://is.muni.cz/th/109766/ff_m/Korpus.pdf)*

Tokuno S., Mitsuyoshi S., Suzuki G., Tsumatori G. (2014). [Proc] *STRESS EVALUATION BY VOICE: a novel stress evaluation technology, 9th International Conference on Early Psychosis (Tokyo).*

Tokuno, S. (2016). *Stress evaluation by voice: From prevention to treatment in mental health care [http://www.univ.tokyo/pdf/EDEN\\_VII\\_Tokuno.pdf](http://www.univ.tokyo/pdf/EDEN_VII_Tokuno.pdf)*

Tolkmitt, F. J., & Scherer, K. R. (1986). *Effects of experimentally induced stress on vocal parameters. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 12, 302-313.*

# FREEDIVING - ZDRAVOTNÍ PROBLEMATIKA

Pudil Radek

1. interní kardiologická klinika LF UK a FN  
Hradec Králové, Česká republika

## Abstrakt

Freediving patří mezi sportovně-rekreační aktivity, které se stávají populárnější, to s sebou přináší nárůst počtu lidí, kteří se této aktivitě věnují. Jde o velmi krásnou aktivitu, která vyžaduje dobrý zdravotní stav a vyžaduje pečlivou přípravu a dodržování bezpečnostních pravidel. Při splnění těchto podmínek je tato aktivita bezpečná a přináší mnoho pozitivního svým zájemcům. Mezi základní předpoklady patří dobrý zdravotní stav a fyzická zdatnost potápěče, zkušenost získaná pravidelnou přípravou a zajištění vlastní aktivity v rámci tzv. „buddy systému“. Cílem sdělení je připomenutí některých základních patofyziologických procesů, ke kterým při nádechovém potápění dochází a stavů, které by se mohly během potápění na nádech vyskytnout.

**Klíčová slova:** potápění na nádech, fyzikální faktory, patofyziologie

## FREEDIVING - HEALTH ISSUES

Pudil Radek

1st Dept. of Internal Medicine - Cardioangiology, Charles University, Faculty of Medicine and University Hospital  
Hradec Kralove, Czech Republic

## Abstract

Freediving is a sport-recreational activity, which became popular. There is an increasing number of people who are involved into this nice activity. Freediving requires good health, high level of the fitness, systematic training and absolute adherence to safety rules. When these conditions are met, this activity is safe and brings a lot of positive to its participants. Essential prerequisites include good health and fitness of the diver, experience gained through regular training. The aim of the review is to describe some of the basic pathophysiological processes that occur during inspirational diving and the conditions that may occur during apnea diving.

**Keywords:** freediving, physical factors, pathophysiology

Freediving patří mezi velmi staré aktivity, které provázejí lidstvo po celou dobu jeho historie (lovci mořských hub, perel, lovení různých předmětů do vody a podobně). V současné době lze zařadit do tohoto okruhu široké spektrum aktivit: rekreačních (šnorchlování o dovolené, plavání pod vodou), profesních (lovci perel, hub, lovci ryb, instruktoři a tréneři freedivingu) a sportovních zahrnujících široké spektrum disciplín (bazénové disciplíny: statická apnoe, dynamická apnoe s/bez ploutví, podvodní hokej/ragby, hloubkové disciplíny: constant weight (cwt) s/bez ploutví, free immersion, až po disciplínu tzv. no-limits a další a další). Pro vlastní přípravu a trénink je nutná znalost některých fyzikálních zákonů, vlivu zevního prostředí na organismus, faktorů, které jsou závislé na zdravotní způsobilosti a trénovanosti potápěče, a dále některých patologických stavů, ke kterým by v souvislosti s touto aktivitou mohlo dojít.

## Vliv tlaku a teploty

Mezi hlavní faktory zevního prostředí, které se uplatňují při potápění na nádech, patří hloubka a teplota okolní vody. S nárůstem hloubky dochází ke zvýšení hydrostatického tlaku, který se bezprostředně přenáší na tělo potápečce. V důsledku vzestupu hydrostatického tlaku dochází k významným objemovým změnám plynů (např. jestliže je na hladině tlak jedné atmosféry, v hloubce 10 metrů vzroste tlak dvakrát, tedy na 2 atmosféry a objem plynů například v plicích dosahuje 1/2, tedy 2,2 litru, ve 20 metrech je to pak 1/3 původního objemu plic a podobně). Tyto změny jsou o to významnější, neboť freediver má pouze omezené množství vzduchu dané jeho maximální náplní plic až do výše celkové plicní kapacity. Při sestupu do hloubky dochází k poklesu objemu plic na relativně nízké hodnoty, tyto změny jsou provázány změnami konfigurace těla potápečce - dochází ke kompresi skeletu hrudníku (žeber), samotná komprese skeletu hrudi je nedostatečná těmto změnám, proto dochází současně k elevaci bránice směrem vzhůru.

Pro úspěšné sestupy je nezbytné zvýšení flexibility skeletu a pohybového aparátu hrudního koše přípravou (strečink skeletu hrudi a bránice, které vedou k významnému zvýšení jejich flexibility). Rostoucí hloubka vyžaduje ekvalizaci tlaku ve středouší a paranasálních dutinách). Slouží k tomu řada běžných manévrů, které jsou společné přístrojovému potápění, avšak při volném potápění je důraz kladen na efektivní vyrovnání tlaku (hands-free techniky, Frenzelův manévr). Specifická situace nastává při dosažení větších hloubek, kdy je nutné v menší hloubce přesunout určité množství vzduchu z plic do oblasti nosohltanu tak, aby mohl být použit ve větší hloubce k vyrovnání tlaku ve středouší a v zpravidla nízkobjemové masce (riziko tzv. mask squeeze). Zvýšení tlaku a komprimovaná plicní tkáň mohou být v hloubce velmi zranitelné - při rychlejších neopatrných pohybech a nedostatečném předchozím strečinku může dojít k mechanickému zhmoždění plicní tkáně (lung squeeze), který se může projevit dušností a expektorací zpravidla menšího množství krve. Podobně může dojít k poškození integrity trachey, stav se označuje souborně jako tzv. pneumotracheální poranění.

Změna hloubky a z ní vyplývající snížení objemu těla (stlačení hrudi a plynů v břišní dutině spolu s elevací bránice vedou ke snížení objemu těla potápečce), s tím spojená komprese neoprenového obleku vedou ze zvýšení hustoty těla potápečce, který po dosažení určité hloubky (po dosažení neutrálního vztlaku, zero buoyance) dosahuje negativní vztlak a padá dolů volným pádem (tzv. free fall), po dosažení cílové hloubky je naopak nutné vykonat velmi intenzivní práci k zahájení výstupu. Od dosažení nulového vztlaku je pak výstup snazší a potápečč je vynášen vztlakovou silou na hladinu. Tohoto se využívá pro zajištění bezpečnosti potápění v hloubkových disciplínách.

Vliv teploty vody je velmi podstatný. Trvalý pobyt ve vodě je spojen s velkými tepelnými ztrátami, kterými se potápečč brání vhodným oblekem. Volba tloušťky obleku znamená vždy určitý kompromis (příliš silná vrstva obleku lépe tepelně izoluje, avšak při sestupu do hloubky vyžaduje překonání zvýšeno pozitivního vztlaku příliš mnoho energie a kyslíku, naopak příliš tenký oblek vede ke zvýšeným tepelným ztrátám a nárokům na endogenní produkci tepla spojenou současně se zvýšením metabolických nároků). Teplota vody je spolu s ponořením obličeje do vody také jedním z nejvýznamnějších faktorů podílejících se na aktivaci tzv. diving reflexu (Breskovic et al., 20011, Tocco et al., 2013). Platí pravidlo: čím nižší teplota vody, tím je silnější aktivace diving reflexu.

## Diving reflex

Působením vody na nervová zakončení v kůži obličeje vede k aktivaci souhrnu změn, které zahrnují redistribuci krevního oběhu (vazokonstrikce periferie, naopak zvýšené prokrvení plic, srdce a mozku, omezení prokrvení splanchniku a urogenitálního systému), snížení tepové srdeční frekvence a změny srdečního výdeje (Engan et al, 2013, Heusser et al., 2009). Intenzita tohoto reflexu je nepřímo úměrná teplotě vody, kdy chladnější voda indukuje hlubší změny (Andersson et al., 2002). Při tréninku využívají freediveři navození tohoto reflexu některými technikami.

## Změny dýchacích plynů, hyperventilace

V průběhu ponoru na nádech dochází v důsledku omezeného množství vzduchu iniciálním nádechem ke spotřebování kyslíku a tvorbě oxidu uhličitého (Perini et al., 2008). První fáze apney je tzv. snadná, je provázena výše uvedenými změnami dýchacích plynů, tato fáze má různé trvání a její délka závisí na řadě faktorů (trénovanost, intenzita fyzické zátěže pod vodou, mentální stav potápěče) a je zpravidla ukončena prvními známkami retence oxidu uhličitého. Jedním z prvních vjemů ohraničujících tuto fázi je nástup tzv. kontrakcí bránice, které je možné překonat, někteří potápěči je nechávají odplynout a vydrží ještě relativně dlouhou dobu poté v apneické fázi.

Tím začíná druhá fáze (podle některých přichází ještě dále), během které je nutná dokonalá příprava potápěče ke vnímání signálů těla, kterými tělo reaguje nejenom na retinovaný CO<sub>2</sub>, ale především na hypoxii. Nucení k nádechu se zvyšuje, v případě poklesu tlaku kyslíku v krvi pod kritickou mez může dojít k poruchám vědomí - mírnějším projevem je ztráta motorické kontroly (lost of motoric control - LMC, tzv. „samba“) nebo úplné ztrátě vědomí (blackout). V případě, že v blízkosti není zachránce, stav může končit smrtí z utopení. Záchrana je v tomto případě relativně snadná (vynesení na hladinu, sejmутí masky, zaklonění hlavy, fouknutí na obličej event. jemný vdech). K obnově vědomí dojde obvykle v několika vteřinách. Je doporučeno se v daný den již nepotápět, jako první pomoc se podává čistý medicínální kyslík zevní maskou po dobu několika minut).

Zatímco při bazénových disciplínách jsou tyto stavy relativně snadno řešitelné, v případě hloubkových disciplín je situace složitější. Při sestupu pod vodu a s narůstající hloubkou je hladina kyslíku ovlivněna několika důležitými faktory: s postupem času a v důsledku fyzické aktivity dochází ke spotřebě kyslíku a jeho absolutní množství v čase klesá, avšak narůstající hloubka vede ke zvýšení parciálního tlaku kyslíku, které v hloubce může v číselné hodnotě převýšit tlak na hladině během ventilace. Přičemž dýchací centrum centrální nervové soustavy vyhodnocuje právě parciální tlak kyslíku. Proto v hloubce necítí řada potápěčů nedostatek kyslíku. Na dně dochází k otočce a zahájení výstupu. Výstup je v důsledku velmi nízkého vztlaku potápěče zpočátku velmi namáhavý a vyžaduje poměrně velké úsilí, které vede k dalšímu poklesu absolutního množství kyslíku v cirkulaci, avšak po určitou dobu zůstává tato změna kompenzována zvýšeným parciálním tlakem. Po určité době dochází k významnému poklesu parciálního tlaku kyslíku, jehož projevy jsou násobeny nízkým absolutním množstvím. Optimálně by tato situace neměla vést ke stavu poklesu pod kritickou hodnotu vedoucí k blackoutu. V některých případech k němu dochází právě těsně pod hladinou nebo těsně po vynoření (shallow water blackout).

Tato situace vyžaduje vynesení na hladinu zkušeným jistícím potápěčem (safety diverem) a postup jak je uvedeno výše. Mezi možnosti jak ovlivnit délku ponoru patří co největší nádech, který doplňuje na jeho závěru tzv. pakování (packing, glosofaryngeální insuflace), kterým je možné získat dalších 0,5-1,5 l vzduchu nad tzv. plný nádech (Potkin et al., 2007). Rizikem packingu může být útlak především pravostranných oddílů srdečních a tím zhoršené plnění levé komory a pokles systémového tlaku vedoucí ke ztrátě vědomí. Proto je vhodné tento postup trénovat a zvyšovat tyto objemy velmi pomalu, dalším faktorem je rychlé zanoření po tomto manévru. Problematika hyperventilace je všeobecně známá pro svá rizika: hyperventilace před ponorem nevede k podstatnějším výšerím obsahu kyslíku v těle, ale především o odventilování oxidu uhličitého, který působí jako jeden z nejvýznamnějších ochranných podnětů pro tělo potápěče signalizujících nutnost ukončení ponoru.

Z tohoto důvodu dochází k poklesu hladiny kyslíku pod kritickou hladinu bez obvyklých prodromů. Z těchto důvodů patří hyperventilace před ponorem mezi nedoporučované techniky pro běžnou populaci (velmi pokročilí potápěči ji částečně s velkou opatrností využívají).

## Závěr

Freediving patří mezi populární sportovně rekreační aktivity, který se věnuje zvyšující se počet zájemců. Výše uvedené se soustředí na nejzákladnější aspekty tohoto sportu a nepostihuje ostatní (trénink psychiky - mentální přípravu, celkovou životosprávu včetně složení stravy a podobně). Freediving je aktivitou hezkou, která přináší sportovci řadu nezapomenutelných zážitků a vjemů, které nemají jinde obdobu. Avšak vyžaduje především dobrý zdravotní základ, výbornou fyzickou kondici a mentální přípravu. Vyžaduje tedy celkovou tělesnou připravenost a pravidelný trénink, proto se stává svým způsobem životním stylem. V neposlední řadě je třeba zmínit týmový duch a vzájemnou důvěru, které spočívají v zajištění základních nezbytných bezpečnostních pravidel.

## Poděkování

Práce byla podpořena prostředky výzkumného projektu Univerzity Karlovy Progress Q 40/03.

## Referenční seznam

Andersson, J.P., Linér, M.H., Rünnow, E., Schagatay, E.K. (2002). Diving response and arterial oxygen saturation during apnea and exercise in breath-hold divers. *J Appl Physiol*, 93(3), 882-6.

Breskovic, T., Uglesic, L., Zubin, P., Kuch, B., Kraljevic, J., Zanchi, J., Ljubkovic, M., Sieber, A., Dujic, Z. (2011). Cardiovascular changes during underwater static and dynamic breath-hold dives in trained divers. *Appl Physiol*, 111(3), 673-8.

Engan, H., Richardson, M., Lodin-Sundström, A., van Beekvelt, M., Schagatay, E. (2013). Effects of two weeks of daily apnea training on diving response, spleen contraction, and erythropoiesis in novel subjects. *Scand J Med Sci Sports*, 23(3), 340-8.

Heusser, K., Dzamonja, G., Tank, J., Palada, I., Valic, Z., Bakovic, D., Obad, A., Ivancev, V., Breskovic, T., Diedrich, A., Joyner, M.J., Luft, F.C., Jordan, J., Dujic, Z. (2009). Cardiovascular regulation during apnea in elite divers. *Hypertension*, 53(4), 719-24.

Perini, R., Tironi, A., Gheza, A., Butti, F., Moia, C., Ferretti, G. (2008). Heart rate and blood pressure time courses during prolonged dry apnoea in breath-hold divers. *Eur J Appl Physiol*, 104(1), 1-7.

Potkin, R., Cheng, V., Siegel, R. (2007). Effects of glossopharyngeal insufflation on cardiac function: an echocardiographic study in elite breath-hold divers. *J Appl Physiol*, 103 (3), 823-827.

Tocco, F., Marongiu, E., Pinna, M., Roberto, S., Pusceddu, M., Angius, L., Migliaccio, G., Milia, R., Concu, A., Crisafulli, A. (2013). Assessment of circulatory adjustments during underwater apnoea in elite divers by means of a portable device. *Acta Physiol (Oxf)*, 207(2), 290-8.

## Seznam autorů

### List of authors

- B** Burcalová V. 26, Bolek L. 15
- D** Daničková E. 12, Dvořák M. 15, Dzvonič O. 53
- F** Ferech J. 34
- H** Hyšperská V. 12, Hájek M. 28, 40, 45, Herman O. 15
- CH** Chmelař D. 28, 40, 45
- K** Klugarová J. 28, Klugar M. 28
- L** Lochmanová A. 33, 45
- M** Marečková J. 28
- N** Novotný Š. 26, Nováček L. V. 49
- P** Pudil R. 60, Pácová H. 26, Poláčková V. 49, Paldusová B. 34
- R** Rozložník M. 40, 45, Růžička J. 15
- S** Sokol M. 26
- T** Tučková D. 28
- V** Vrbová T. 28
- Z** Žýková I. 34
- Ž** Žihlová L. 34



- B** bone marrow 15  
CD34 15-21  
CO poisoning 12
- C** complex regional pain syndrome 25-27  
correction 46  
cost-effectiveness 42
- D** dekubity 12, 13, 14
- E** emotions and stress 50  
farmakoterapie 26
- F** freediving 60, 61  
fyzikální faktory 60
- G** GRADE 31  
HBOT 23, 25-29, 42  
health care system 42  
hlasová analýza 50
- H** hyperbaric chamber 12, 26  
hyperbaric oxygen therapy 15, 23, 25, 31, 42  
hyperbarická komora 12  
hyperbarická oxygenoterapia 15, 22  
hyperbarická oxygenoterapie 23, 26, 31, 34, 42
- J** jednomístná hyperbarická komora 34  
kmeňové/progenitorové bunky 15
- K** komplexní regionální bolestivý syndrom 26  
korekce 46-48  
kostná dreň 15  
laser surgery 46
- L** laserové operace 46  
léčebná doporučení 31  
mental health in aviation 51
- M** metoda Delphi 31, 33  
míšní léze 12, 13  
monoplacé hyperbaric chamber 35  
náhlé úmrtí 23
- N** nákladová efektivita 42
- O** osobnost a mentální zdraví v letectví 50  
otrava CO 12  
pathophysiology 29, 60  
patofyziologie 60  
personality 50, 51  
pharmacotherapy 25, 27  
physical factors 60
- P** potápění na nádech 60, 61  
prehospital care 12  
pressure ulcers 12  
přednemocniční péče 12  
psychofyziologie emocí a stresu 50  
psycho-physiology 51
- R** refractive errors 46
- R** refrakční vady 46  
seps 34, 35, 38  
sepsis 34, 35  
septic patient 34, 35  
septický pacient 34, 35  
social care system 42  
spinal lesion 12  
spinal patient 12
- S** spinální pacient 12, 13, 14  
stem/progenitor cells 16  
sudden death 23  
systém sociální péče 42  
systém zdravotní péče 42  
systematic review 25, 27, 29, 42  
systematické review 26  
the Delphi method 31  
treatment guidelines 31
- T** treatment guidelines 31
- V** voice analysis 50, 51, 54

## Poznámky

A series of horizontal dotted lines for writing notes.

# XXII. KONGRES ČESKÉ SPOLEČNOSTI HYPERBARICKÉ A LETECKÉ MEDICÍNY

Záštitu nad konferencí převzal ministr obrany ČR MgA. Martin Stropnický

## Mediální partner

Nakladatelství GEUM



## Tisk

X-MEDIA s.r.o.



## Grafická úprava

Jiří Gruner

## MUDr. Michal Hájek, Ph.D. a kol. HYPERBARICKÁ MEDICÍNA

**Monografie Hyperbarická medicína reprezentuje první vydání odborného lékařského textu s problematikou hyperbarické medicíny v podobné formě a rozsahu v našem písemnictví vůbec.**

*Kniha je určena zdravotnickým pracovníkům hyperbarických zařízení, chirurgických, nechirurgických oborů i záchranářům. Stejně tak je určena pro postgraduální výuku hyperbarické medicíny v ČR a SR, s možností využití pro studenty lékařských fakult, které v rostoucí míře zařazují problematiku hyperbarické a potápěčské medicíny do výuky. Některé kapitoly jsou věnovány i problematice potápění, fyziologickým a zdravotnickým aspektům potápěčské medicíny.*

*Cílem autorů je ozřejmit základy hyperbarické oxygenoterapie, principy metody, léčebnou technologii, vysvětlit mechanismus účinku, seznámit se základními léčebnými indikacemi v jednotlivých lékařských oborech, základy ošetrovatelské péče a pracovně-právními aspekty pobytu v hyperbarickém prostředí, ale i riziky léčby, nežádoucími účinky a kontraindikacemi.*

*Vzhledem k častému nepochopení významu a dopadu této léčebné metody na průběh a snížení funkčních a ekonomických následků různých onemocnění autoři do textu zařadili i kapitolu zabývající se ekonomickými aspekty léčby hyperbarickým kyslíkem.*



[www.hyperbaricka-medicina.cz](http://www.hyperbaricka-medicina.cz)

HYPERBARICKÁ, POTÁPĚČSKÁ A LETECKÁ MEDICÍNA 2017

SBORNÍK PŘÍSPĚVKŮ A KRÁTKÝCH SDĚLENÍ Z XXII. KONGRESU ČESKÉ SPOLEČNOSTI HYPERBARICKÉ A LETECKÉ MEDICÍNY

Editoři: Michal Hájek, Radek Pudil, Miloslav Klugar, Dittmar Chmelař, Petr Chmátal, Petr Došel

Příspěvky ve sborníku neprošly jazykovou korekturou a bylo respektováno formální zpracování příspěvků od autora.

Vydala: Lékařská fakulta, Ostravská univerzita v Ostravě, Syllabova 19, Ostrava, 702 00, Česká republika, 2017

Vydání I.

Náklad: 200 ks

Sazba a tisk: Jiří Gruner

ISBN: 978-80-7464-908-0

HYPERBARIC, DIVING AND AVIATION MEDICINE 2017

COLLECTION OF PAPERS AND SHORT COMMUNICATIONS FROM XXII. CONGRESS OF THE CZECH SOCIETY OF HYPERBARIC AND AVIATION MEDICINE

Editors: Michal Hájek, Radek Pudil, Miloslav Klugar, Dittmar Chmelař, Petr Chmátal, Petr Došel

The contributions did not go through the language and grammar correction and the authors' formal rules were fully respected.

Issued by: Medical Faculty, University of Ostrava, Syllabova 19, Ostrava, 702 00, Czech Republic, 2017

Volume No. I.

Number of copies: 200 pcs

Design and print: Jiří Gruner

ISBN: 978-80-7464-908-0