

# KLINICKÁ EFEKTIVITA HYPERBARICKÉ OXYGENOTERAPIE U VYBRANÝCH INDIKACÍ V ORTOPEDII A TRAUMATOLOGII

## *CLINICAL EFFECTIVENESS OF HYPERBARIC OXYGEN THERAPY IN THE SELECTED INDICATIONS IN ORTHOPEDICS AND TRAUMATOLOGY*

HÁJEK Michal<sup>1,2</sup>, KLUGAR Miloslav<sup>3</sup>, KUZMA Jozef<sup>2</sup>, ROZLOŽNÍK Miroslav<sup>2</sup>,  
CHMELAŘ Dittmar<sup>2,4</sup>, LOCHMANOVÁ Alexandra<sup>2,5</sup>

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

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

<sup>5</sup> Oddělení imunologie a alergologie, Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě, Česká republika

## ABSTRAKT

V posledním desetiletí přibylo mnoho kvalitních důkazů o prospěšnosti metody hyperbarické oxygenoterapie (HBO) v mnoha oblastech medicíny. Užití HBO má význam v moderní medicíně, neboť přináší lepší funkční výsledky, sniže morbiditu, mortalitu a zmírňuje neurologické následky mnoha patologických stavů zejména úrazové a infekční etiologie při současně finančně efektivitě vynaložených prostředků. Součástí studie je přehled vybraných indikací v ortopedii a traumatologii pro léčbu hyperbarickým kyslíkem, konkrétně u akutní traumatické ischemie, avaskulární nekrózy femuru a komplexního regionálního bolestivého syndromu.

**Klíčová slova:** Hyperbarická oxygenoterapie. Akutní traumatická ischemie. Avaskulární nekróza femuru. Komplexní regionální bolestivý syndrom

## ABSTRACT

In the last decade, there has been much evidence of the benefits of hyperbaric oxygen therapy (HBO) in many areas of medicine. The significance of using HBO in modern medicine lies in improving the functional results, it reduces morbidity and mortality. It also mitigates the neurological consequences of many pathological conditions, especially traumatic and infectious etiology, with the current cost-effectiveness of the funds spent. The part of this research study is an overview of the selected indications in orthopedics and traumatology for the treatment of hyperbaric oxygen, particularly in acute traumatic ischemia, femoral head necrosis and complex regional pain syndrome.

**Key words:** Hyperbaric oxygen therapy. Acute traumatic ischemia. Femoral head necrosis. Complex regional pain syndrome.

## ÚVOD

Hyperbarická oxygenoterapie (HBO) je celosvětově poskytována minimálně u dvaceti stavů a indikací. Jedná se o indikace z velkého spektra medicínských oborů, jako je např. diabetologie, angiologie, chirurgie, traumatologie, ortopedie, pediatrie, onkologie, neurologie, otorinolaryngologie, urolo-

gie, ale také urgentní či intenzivní medicíny. Jednotlivé seznamy indikací se v jednotlivých 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). Dosud platné indikační spektrum schválené k léčbě HBO z veřejného pojištění v České republice dle vyhlášky 331/2007 zahrnuje 21 diagnóz a klinických stavů (tab. 1).

## Metodika a přehled doporučení 10. Konsenzuální konference ECHM

Evropský výbor pro hyperbarickou medicínu (European Committee for Hyperbaric Medicine, ECHM) je zaměřen na podporu zvyšování kvality péče a bezpečnosti v hyperbarické medicíně. Jedním z nástrojů používaných k dosažení tohoto cíle je organizace konsenzuálních konferencí, vydávajících obecně uznávaná pravidla. Konference jsou organizovány v několikaletých intervalech a vyjadřují se k různým aspektům hyperbarické a potápěčské medicíny včetně doporučeného seznamu indikací. Pro posouzení počtu a kvality dostupných vědeckých důkazů se používá běžná metodologie medicíny založené na důkazech (Mathieu, 2005). Existují 3 typy doporučení ECHM:

- *Doporučení typu 1 (Typ 1):* Velmi doporučené. Aplikace HBO má kritický význam pro konečný funkční výsledek pacienta nebo kvalitu praxe.
- *Doporučení typu 2 (Typ 2):* Doporučené. Aplikace HBO pozitivně ovlivňuje konečný funkční výsledek pacienta nebo kvalitu praxe.
- *Doporučení typu 3 (Typ 3):* Volitelné. Aplikaci

## PÔVODNÉ PRÁCE / ORIGINAL WORKS



HBO je možno zvolit jako metodu volby v dané klinické situaci, jedná se o jednu z několika volitelných možností léčby.

Dosud poslední, 10. konsenzuální konference ECHM se konala v dubnu 2016 (Mathieu et al., 2016). 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 byla vydána závěrečná konsenzuální doporučení.

Aktuální přehled doporučení podle 10. konsenzuální konference ECHM je obsažen v tab. 2. 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) a o drtivé poranění končetin bez fraktury. Ve skupině indikací s doporučením Typu 3 došlo k rozšíření indikací o vybrané skupiny nemocných s poraněním mozku u vysoce selektovaných případů a také o srpkovitou anémii, která byla dříve řazena mezi nedoporučované indikace (Mathieu et al., 2017).

### Vybrané indikace pro léčbu hyperbarickým kyslíkem v ortopedii a traumatologii

#### Otevřené frakturny s drtivým poraněním

V USA se odhadují roční náklady na léčbu zranění na více než 80 miliard USD, a pokud se vezme v úvahu ztráta produktivity, celková finanční zátež traumat je odhadována na 406 miliard USD ročně. Otevřené zlomeniny představují zvláštní kategorii ortopedických zranění, které jsou spojeny se zvýšeným rizikem špatných výsledků ve srovnání s uzavřenými zlomeninami. Příčinou je několik faktorů, včetně poranění měkkých tkání, kontami-



**Obrázek 1** Otevřená frakturna bérce Gustilo 3B s drtivým poraněním měkkých tkání a akutní traumatickou ischemií

nace v průběhu poranění, sekundární ztrátou kůže, fascie nebo svalů v důsledku postupující nekrózy při progresi drtivého poranění (Millar, 2016; Millar et al., 2015). Nejčastěji užívanou klasifikací je Gustillova klasifikace. Nejriskovější zlomeniny st. Gustilo 3 jsou spojené s nejtěžším stupněm drtivého poranění (3A a 3B) (obr. 1) či porušením cévního zá sobení, které způsobuje ischémii (3C) (Hájek et al., 2019; Hájek, 2017a).

Léčba musí být zahájena okamžitě a agresivně. Včasné chirurgická léčba spočívá ve vyčištění ran, debridementu nekrotických tkání, ponechání hraničních tkání, odstranění cizího materiálu, stabilizaci zlomenin, nejčastěji s využitím zevních fixátorů. Podání širokospektrálních antibiotik je samozřejmostí. V pravidelných intervalech jsou prováděny převazy a dle nutnosti opakovány debridementsy. Ke krytí velkých kožních defektů je využíváno dočasné fyziologické krytí allogenními štěpy (umělá kůže), v poslední době se uplatňuje metoda NPWT (uzavírání ran podtlakem), zejména je tato metoda výhodná v kombinaci s HBO.

Léčba HBO se zpravidla provádí při tlaku 2,4–2,5 ATA po dobu 90 minut, zahajuje se obvykle do 24–48 hodin od úrazu. V roce 1996 byla publikována studie, která prokázala v souboru 18 pacientů léčených HBO (celkově 12 expozic 2,5 ATA během 6 dnů) statisticky významný pozitivní efekt na množství zcela zhojených pacientů, snížení počtu reoperací/amputací a zlepšení hojení ran u těžkých forem drtivého poranění ve srovnání s kontrolní skupinou. Tato studie sice naznačila příznivé efekty u těchto typů poranění, ale nebyly hodnoceny ani funkční, ani dlouhodobé výsledky (Bouachour et al., 1996). Recentně byla dokončena mezinárodní, multicentrická, randomizovaná prospektivní studie HOLLT (*Hyperbaric Oxygen in*

**Tabulka 1** Indikace k hyperbarické oxygenoterapii dle vyhlášky MZ ČR č. 331/2007 Sb. ze dne 12. prosince 2007

akutní indikace	
otrava CO, otrava kouřovými plyny	
dekompresní choroba	
plynová embolie	
akutní traumatická ischémie svalová	
drtivé poranění končetin	
těžká anaerobní nebo smíšená bakteriální infekce měkkých tkání, cystitida, myonekróza, plynatá sněť	
reperfuzní syndrom po invazivním cévním výkonu	
replantace končetin	
chronické indikace	
postradiační poškození (osteoradionekróza, nekróza měkkých tkání – cystitida, enteritida, proktitida, postižení hrtanu, CNS ap.), prevence při chirurgickém zákroku – implantace na ozářených tkáních, extrakce zuba	
diabetické defekty	
ischémické vředy a defekty perzistující navzdory poskytované optimální léčbě	
neuroblastom IV. st.	
náhlá hluchota	
tinitus	
problematické kožní štěpy a volné svalové laloky	
refrakterní chronická osteomyelitida	
algoneurodystrofie – komplexní regionální bolestivý syndrom	
vybrané nehojící se infikované defekty navzdory poskytované optimální léčbě	
akutní uzávěry sítanicové tepny	
popáleniny nad 20 % TBSA st. II a více (s výjimkou hlavy, rukou a hráze)	
postanoxická encefalopatie	
cystoidní pneumatóza střeva	

**Tabulka 2** Aktuální přehled doporučovaných indikací k HBO podle 10. konsenzuální konference ECHM 2016

Typ indikace		Stupeň důkazů		
		A	B	C
Typ 1	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 zuba		x	
	Radionekróza měkkých tkání (cystitida, proktitida)		x	
	Náhlá percepční porucha sluchu		x	
Typ 2	Popáleniny, 2. stupeň, více než 20% tělesného povrchu			x
	Uzávěr centrální sítanicové 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
	Pneumatosis cystoides intestinalis			x
	Radionekróza měkkých tkání (ostatní tkáně kromě cystitidy a proktitidy)			x
Typ 3	Refrakterní chronická osteomyelitida			x
	Chirurgický zákrok a implantace na ozářených tkáních (preventivní léčba)			x
	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
	Reperfuzní 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

*Lower Limb Trauma).* Jedná se o otevřenou klinickou studii u pacientů s akutní traumatickou otevřenou zlomeninou bérce a současným závažným poraněním měkkých tkání a vysokým rizikem komplikací, které se účastnily nemocnice s traumacentrem a současně dostupným hyperbarickým zařízením. Jedná se o nejrozsáhlejší RCT v této oblasti, do které bylo zařazeno 120 pacientů z 10 léčebných center (9 zemí z 5 kontinentů). U pacientů zařazených do studie byla aplikována série 12 expozic HBO během 8 dnů s jejím zahájením do 48 hodin po poranění (Millar et al., 2015). Předběžné výsledky poukazují na pozitivní vliv HBO na snížení incidence tkáňové nekrózy ve srovnání s kontrolou. U hyperbarických pacientů bylo méně pravděpodobné, že dojde k pozdním komplikacím včetně opožděného zhojení zlomeniny, současně měli tito pacienti lepší funkční výsledky a kvalitu života po 12 měsících. V současné době probíhá recenzní řízení.

*Doporučení podle 10. konsenzuální konference ECHM 2016:*

- Doporučuje se užití HBO v léčbě otevřených fraktur a/nebo s drtivým poraněním (doporučení typu 1, stupeň důkazů B).
- Doporučuje se užití HBO v časné fázi, protože může dojít k snížení míry komplikací, jako je tkáňová nekróza či infekce. Poranění Gustilo 3B a 3C jsou považována za indikaci k HBO, zatímco méně závažná poranění tehdy, jsou-li přítomné rizikové faktory spojené s pacientem či úrazem samotným (doporučení typu 1, stupeň důkazů B).
- Navrhuje se, že HBO může být prospěšná u drtivých poranění s otevřenými ranami, ale bez fraktury, zejména tam, kde je ohrožena vitalita tkání nebo přítomno významné riziko infekce (doporučení typu 2, stupeň důkazů C) (Mathieu et al., 2017).

#### *Avaskulární nekróza femuru*

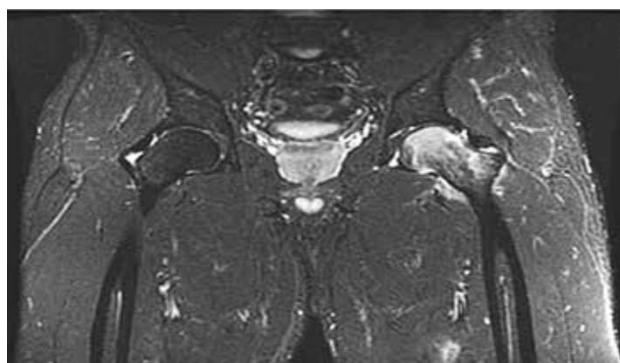
Avaskulární nekróza femuru (AVN) je závažné potenciálně invalidizující onemocnění, postihující převážně mladší dospělé osoby mezi dvacetí až čtyřiceti lety života. Vzniká porušením intraoseální mikrocirkulace, která může vést až k nekróze. Může vzniknout po úraze, ale i bez zjevné příčiny. Sekundární AVN se vyvíjí na podkladě traumatickém nebo netraumatickém. Nejběžnější přičinou potraumatické AVN je dislokovaná frakturna femorálního

krčku a hlavice. Mezi nejčastější netraumatické příčiny AVN patří abnormalní anatomie či degenerativní změny v oblasti kyčelního kloubu, expozice toxicím látkám (alkohol) či užívání některých léků, jako jsou např. kortikosteroidy (KS) nebo cytostatika. AVN může být klasifikována podle Ficata (1985) na základě rtg vyšetření a rozdělena do čtyř stádií: I. stádium – rtg nález v normě nebo nález mírné osteoporózy, II. stádium – kontury hlavice femuru v normě, objevují se cysty a oblasti sklerotizace v dřeni, III. stádium – měnící se kontury hlavice, oploštění, a konečně IV. stádium – zúžení klovní šterbiny druhotnými degenerativními změnami acetabula.

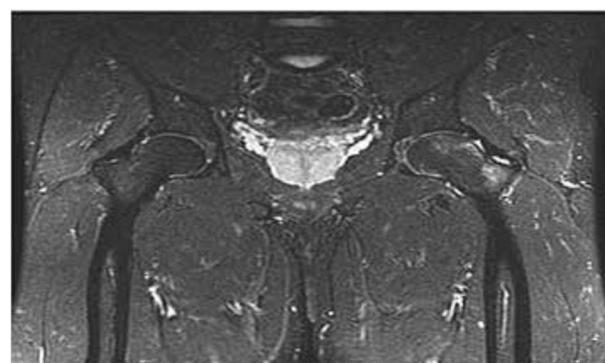
*Klinická stádia nemoci lze podobně rozdělit do čtyř skupin.* V I. stádiu se jedná o asymptomatickou bolest v kyčli, pro pacienta často nevysvětlitelnou, pro kterou pacient začíná kulhat. Dochází k edému kostní dřeně hlavice femuru. Ve II. stádiu progreseuje stoupající bolest v kyčli, dochází k hluboké bolesti v oblasti třísel, pocitu cukání, pulzace v třísele. III. stádium charakterizuje nemožnost se postavit na postiženou končetinu pro bolest, je výrazně omezen pohyb v kyčelním kloubu, chůze je možná pouze o berlích. Dochází k deformaci hlavice a počínající nekróze. V IV. stádiu dochází již k imobilizaci pacienta pro bolest, je zcela znemožněn pohyb v kyčelním kloubu, objevují se teploty a slabost, dochází ke kolapsu hlavice, sekundární osteoartritidě, osteonekróze, kalcifikaci až chronické osteomyelitidě. Při klinických příznacích podezření na AVN je podle nejnovějších poznatků metodou volby především MRI pro svou neinvazivní povahu a vysokou specifitu, potvrzující diagnózu již v I. stádiu. Zde dominuje edém kostní dřeně a kostní scintigrafie.

Tradiční léčebné postupy spočívají v režimových opatřeních, farmakoterapii, fyzioterapeutických metodách, ochraně kloubu, podpoře revaskularizace a chirurgických postupech. Režimová opatření spočívají v omezení pohybové aktivity, dočasné imobilizaci apod. Hypolipidemika, antikoagulancia, vazoaktivní látky a bisfosfonáty mohou být použity ve farmakologické léčbě AVN. Pro léčbu HBO přichází v úvahu I. stádium AVN, s největší nadějí na zlepšení až úplné uzdravení (obr. 2A-B). Významný vzestup množství a koncentrace O<sub>2</sub> dosažitelný ve tkáních způsobuje, že tkáňová oxygenace je výrazně zlepšena. HBO svou schopností průniku 100% O<sub>2</sub> do objemově limitované tkáně (podobně jako např. u postradiační osteonekrózy

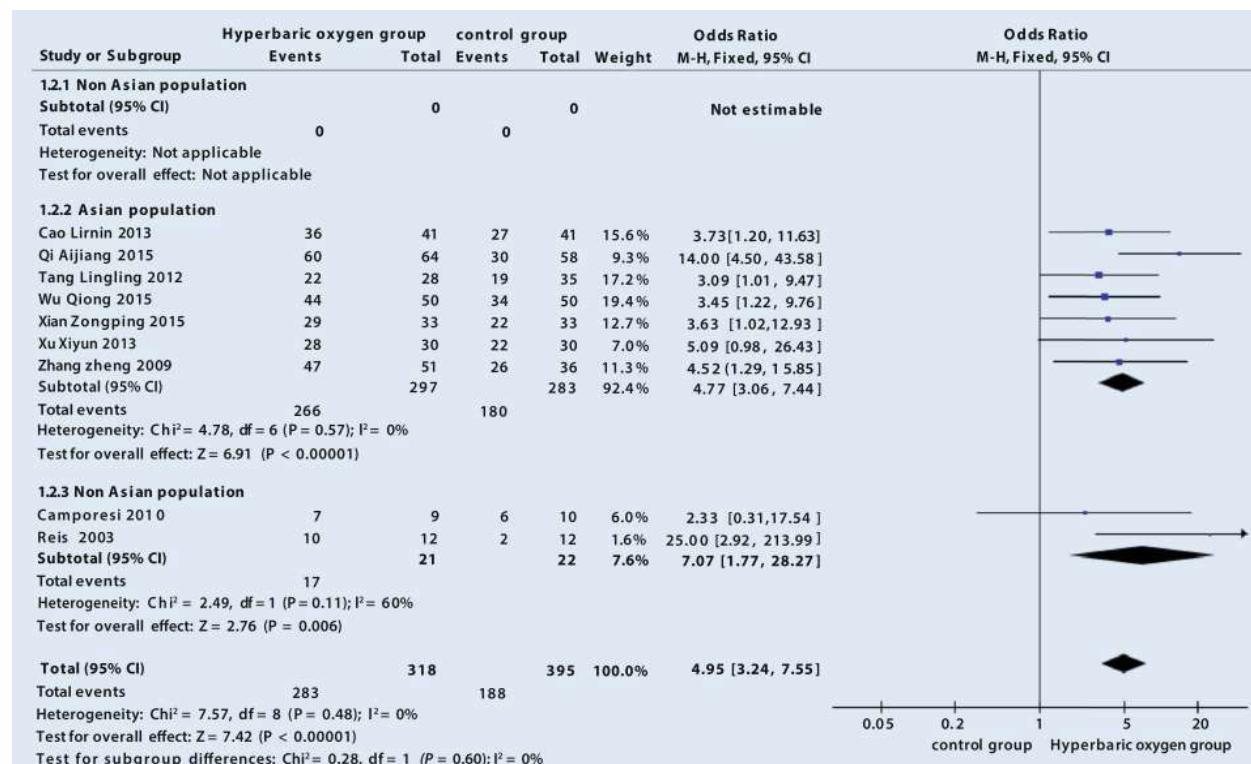




**Obrázek 2A** MRI 12 dnů po úrazu s nálezem AVN kyčle LDK (zdvoj: Radiodiagnostická klinika, FN Královské Vinohrady, Praha; se svolením)



**Obrázek 2B** MRI AVN kyčle LDK po 23 expozicích HBO s výraznou regresí edému kostní dřeně hlavice femuru a peritrochanterické oblasti (zdvoj: Radiodiagnostická klin., FN Královské Vinohrady, Praha; se svolením)



**Obrázek 3** Forest plot porovnávající efekt léčby s HBO a léčby bez HBO u nekrózy femorální hlavice (Li et al., 2017)

nebo osteomyelitidy) obnovuje tkáňovou oxygenaci a redukuje edém. Stoupající parciální tlak O<sub>2</sub> v hypoxické oblasti podporuje syntézu kolagenu, proliferační schopnost fibroblastů a kapilární neoangiogenezi. Stávající běžný protokol HBO zahrnuje 1 expozici denně (5–6 dnů v týdnu), s aplikací O<sub>2</sub> po dobu 60 min při tlaku 2,2–2,5 ATA. Celkový počet aplikací se pohybuje od 60–90 expozic (Vezzani et al., 2016; Zapletalová, Hájek, 2017a). Systematické review z roku 2017 (Li et al., 2017) hodnotilo klinický efekt HBOT v léčbě nekrózy femorální hlavice.

Celkem bylo nalezeno 9 kohortových studií a z toho bylo 318 pacientů s HBO a 305 pacientů kontrolních. Autoři jednoznačně doporučují použít HBO v praxi, protože tato metoda může významně klinicky zlepšit efekt léčby u pacientů s nekrózou femorální hlavice (obr. 3).

*Doporučení podle 10. konsenzuální konference ECHM 2016:*

- Je navrženo užití HBO v počáteční fázi AVN (doporučení typu 2, stupeň důkazů B).

- Je navrženo, aby byla HBO aplikována denně po dobu minimálně 60 min. (5 až 6 dní v týdnu, 4–5 týdnů v jednom cyklu) při tlaku 2,4–2,5 ATA v počáteční fázi AVN (doporučení typu 2, stupeň důkazů B).
- Není doporučeno aplikovat HBO samostatně, nýbrž v rámci multidisciplinárního protokolu, včetně odlehčení, optimalizace tělesné hmotnosti, fyzioterapie, zákazu kouření (doporučení typu 1, stupeň důkazů C) (Mathieu et al., 2017).

### **Komplexní regionální bolestivý syndrom (KRBS)**

Komplexní regionální bolestivý syndrom se projevuje nepřiměřenou bolestivostí, otokem končetiny, následnou ztuhlostí a v konečné fázi poruchou funkce. KRBS lze rozdělit do dvou typů. KRBS I. Typu se objevuje po účinku poškozujícího děje. Spontánní bolest, allodynie či hyperalgezie nejsou omezené do oblasti izolovaného periferního nervu a nejsou úměrné vyvolávající příčině. KRBS II. typu (kauzalgie) je syndrom, který se objevuje po poranění nervu. Je přítomna spontánní bolest, allodynie či hyperalgezie, které nemusí být ohrazené jen do oblasti postiženého nervu. *Existují tři stádia onemocnění na základě vývoje klinických příznaků, které mají význam i z hlediska prognózy.* V I. stádiu (zánětlivé, další synonyma iniciální, hypetrofické, červené apod.) je teplota končetiny distálně od původního traumatu zvýšená, dochází k hyperemii, otoku, pokožka je lesklá, zarudlá a napjatá, je urychlen růst nehtů a ochlupení, klidová, pálivá hluboká bolest, porucha hybnosti. Ve II. stádiu (dystrofické, bílé) dochází k regresi otoku a spontánní bolesti, pokožka je bledá, lesklá a chladná, je snížena teplota končetiny na postižené straně, omezena hybnost postižené oblasti končetiny, zpomalen růst ochlupení a nehtů a počíná tuhnutí kloubů. Mezi příznaky ve III. stádiu (atrofické, modré) patří fibrózní změny, svraštění měkkých tkání, kloubního pouzdra, svalů, šlach, s rozvojem kloubních kontraktur, atrofie kůže, ztráta ochlupení, difuzní osteoporóza a atrofie kosti (Černý, Kozák, 2005; Emmerová et al., 2006).

Tradiční léčba spočívá ve farmakologických a fyzioterapeutických postupech. Léčebné snahy se především dle literárních údajů soustřeďují na medikamentózní potlačování bolesti, farmakologické a intervenční ovlivňování vazomotoriky ve smyslu blokády sympatiku, anxiolytika a kortikosteroidy, které příznivě ovlivňují bolesti i vazomotorické projevy. U těžkých forem, zejména u typu KRBS II, lze

využít s výhodou antiepileptika třetí generace (gabapentin či pregabalin), anxiolytika nebo tricyklická antidepresiva. Dříve velmi oblíbený kalcitonin, používaný pro svůj inhibiční efekt na kostní resorbci ve II. a III. stádiu KRBS, byl stažen z trhu pro podezření na zvýšený výskyt onkologických onemocnění. Hydrogenovaný námelový alkaloid dihydroergotoxin mesilát s periferním vazodilatačním účinkem není dle doporučení SÚKL zcela bezpečný, neboť rizika fibrózy a ergotismu převažují přínosy léčby. K oblíbeným fyzioterapeutickým metodám patří analgetické fyzikální procedury (termoterapie po odeznění akutního zánětu, elektroterapie, vodoléčba, magnetoterapie, ultrazvuk), drenážní masáže otoků, měkké mobilizační techniky, pasivní a následně aktivní mobilizace, proprioceptivní neuromuskulární facilitace apod. Léčebné využití HBO se datuje do roku 1966, kdy kolegové z oddělení ortopedie Městské nemocnice Ostrava začali metodu pro nemocné využívat a své první zkušenosti a výsledky léčení následně publikovali. V souboru 66 nemocných (36 žen a 30 mužů) léčených v letech 1988–1991 byli všichni pacienti k HBO indikováni ortopedem ve 2. stadiu onemocnění, ve 45 případech šlo o postižení dolní končetiny a v 21 případech horní končetiny. Pacienti byli léčeni metodou HBO po dobu 90 minut při tlaku 3,0 ATA, v průměru bylo aplikováno 20 expozic. Celkově v 8 % případů došlo k úpravě k normě, 65 % případů bylo zlepšeno, u 15 % zůstal stav stejný a 12 % pacientů se nedostavilo ke kontrole a nebylo možné je hodnotit. V souboru z let 2000–2007 bylo z celkového počtu 68 léčených pacientů 50 % mírné zlepšeno, 31 % výrazně zlepšeno, 12 % bylo bez efektu a 7 % pacientů nebylo možno hodnotit (Krásová, 1995; Hájek, 2017b). V dvojitě zaslepené, randomizované, placebem kontrolované studii (Kiralp et al., 2004) bylo ze 71 pacientů s posttraumatickou Sudeckovou dystrofií na horní končetině zařazeno 37 pacientů do skupiny léčených HBO, zbývajících 34 pacientů do kontrolní skupiny (hyperbarický vzduch). Obě skupiny absolvovaly 15 expozic v hyperbarické komoře při tlaku 2,4 ATA po dobu 90 minut. Pacienti v rámci kontrolní skupiny dostávali do masek místo kyslíku vzduch (tzv. *sham treatment*). Ve srovnání obou skupin měla skupina HBO statisticky významně ( $p < 0,001$ ) lepší výsledky ve srovnání s kontrolou ve všech parametrech (po 15 i 45 dnech v parametrech bolest, otok, flexe zápěstí) s výjimkou extenze zápěstí, která byla výraznější, ale pod hranicí statistické významnosti.



## ZÁVĚR

V posledním desetiletí přibylo mnoho kvalitních důkazů o prospěšnosti metody HBO v mnoha oblastech medicíny. Užití HBO má nepochybně význam v moderní medicíně, neboť přináší lepší funkční výsledky, sniže morbiditu, mortalitu a zmírnuje neurologické následky mnoha patologických stavů zejména úrazové a infekční etiologie při současné finanční efektivitě vynaložených prostředků. 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. HBO u pacientů s akutní traumatickou ischemií a u drtivých poranění končetin přináší efekt spočívající v lepších funkčních výsledcích, vyšší míře úplného zhojení, nižší míře infekčních komplikací, amputací a reoperací. HBO má statisticky i klinicky velký účinek pro léčbu pacientů s nekrózou femorální hlavice. KRBS je důležitou klinickou jednotkou a vyžaduje včasnou diagnózu a komplexní terapii. HBO jednoznačně přispívá ke zkrácení, eventuálně k přerušení celého patogenetického procesu, a tím vede k zlepšování lokálních poměrů až do fáze restituce *ad integrum*.

## SEZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZŮ

- BOUACHOUR G., CRONIER P., GOUELLO J.P. et al. Hyperbaric oxygen therapy in the management of crush injuries: a randomized double-blind placebo-controlled clinical trial. *J Trauma*. 1996; 41 (2): 333-339.
- ČERNÝ R., KOZÁK J. Komplexní regionální bolestivý syndrom. Postgraduální medicína – příloha 4. Praha: Strategie. ISSN 1212–4184. [online]. 2005. [cit. 2019-09-15] Dostupné na: [http://zdravi.e15.cz/clanek/post\\_gradualni-medicina-priloha](http://zdravi.e15.cz/clanek/post_gradualni-medicina-priloha)
- EMMEROVÁ M., RŮŽIČKA J., HADRAVSKÝ M. et al. Příspěvek k problematice Sudeckova syndromu. *Interní medicína pro praxi*. 2006; 12: 520-530.
- FICAT R.P. Idiopathic bone necrosis of the femoral head. Early diagnosis and treatment. *J Bone Joint Surg Br*. 1985; 67: 3-9.
- HÁJEK M. Akutní traumatičeská ischemie a drtivá poranění končetin. In: Hájek M. (ed) *Hyperbarická medicína*. Praha: Mladá fronta, 2017a, 301-313. ISBN 978-80-204-4235-2.
- HÁJEK M. et al. Současná evropská doporučení pro

léčbu hyperbarickým kyslíkem. *Pracov Lék*. 2019; 71(1-2): 42-51.

HÁJEK M. Komplexní regionální bolestivý syndrom. In: Hájek M. (ed) *Hyperbarická medicína*. Praha: Mladá fronta, 2017b, 390-399. ISBN 978-80-204-4235-2.

HÁJEK M. Hyperbarická oxygenoterapie v urgentní medicíně a intenzívní péči. In: Ševčík, P., Matějovič, M., Černý, V., Cvachovec, K. & Chytra, I. (eds). *Intenzivní medicína*. 3. přepracované a rozšířené vydání. Praha, Galén, 2014, 133-142. ISBN 978-80-7492-066-0.

KIRALP M.Z., YILDIZ S., VURAL D. et al. Effectiveness of Hyperbaric Oxygen Therapy in the Treatment of Complex Regional Pain Syndrome. *J Int Med Res*. 2004; 32: 258-262.

KRÁSOVÁ Z. Sudeckův syndrom. XII konference o hyperbaroxii a potápění. Ostrava, 1995. 30-33.

LI W., YE Z., WANG W. et al. Clinical effect of hyperbaric oxygen therapy in the treatment of femoral head necrosis: A systematic review and meta-analysis. *Der Orthopade*. 2017; 46 (5): 440-446.

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

MATHIEU D., MARRONI A., KOT J. Tenth European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine: preliminary report. *Diving and Hyperbaric Medicine*. 2016; 46 (2): 122-123.

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

MILLAR I., MCGINNES R., WILLIAMSON O. et al. Hyperbaric Oxygen in Lower Limb Trauma (HOLLIT); protocol for a randomised controlled trial. *BMJ Open*. 2015; 5 (6): e008381.

MILLAR I. *Open Fractures and Crush Injury. Jury Review Paper*. Report on 10th ECHM Consensus Conference on Hyperbaric Med. 2016, Lille.

VEZZANI G., ZANON V., MANELLI D. et al. Report on Hyperbaric Oxygen in femoral head necrosis. 10th ECHM Consensus Conference on Hyperbaric Medicine. 2016, Lille.

ZAPLETALOVÁ J., HÁJEK M. Avaskulární nekróza femuru. In: Hájek M. (ed) *Hyperbarická medicína*. Praha: Mladá fronta, 2017, 384-388. ISBN 978-80-204-4235-2.

