

615.836:613.693:355.72

HYPERBARICKÁ OXYGENOTERAPIE V ÚSTAVU LETECKÉHO ZDRAVOTNICTVÍ

MUDr. Vladimír DOLEŽAL, CSc., Miroslav ČERMÁK, mjr. Karel KUTINA, nrap. Václav PAUZA, pplk. Vladimír POHL,
Karel ŠVEC, Věra VYTISKOVÁ

Ústav leteckého zdravotnictví, Praha
(náčelník: plk. doc. MUDr. Jiří Šulc, CSc.)

Normobarická oxygenoterapie se začala používat krátce na to, co byl kyslík Priestlym a Scheelym před 200 lety objeven. Zvýšený barometrický tlak se koncem minulého století používal především pro potřeby

potápěčů a první pokusy o léčebné použití barokomor se datují od poloviny minulého století. Léčebné využití kyslíku při zvýšeném barometrickém tlaku se začalo šířit v 60. letech, kdy prof. Boerema v Amster-

damu v r. 1956 experimentálně prokázal schopnost přežít pokusných zvířat při tlaku 0,3 MPa a dýchání čistého kyslíku, po předchozím vykrvácení a záměně krve náhradními roztoky. Od té doby se použití hyperbarického kyslíku pro léčebné účely lavinovitě rozšířilo po celém světě do všech medicínských oborů a od r. 1966 se hyperbarická oxygenoterapie (dále HO) jako léčebná metoda začala aplikovat i v našem ústavu.

Více než 30leté využívání hyperbarického kyslíku (dále HO₂) v medicíně ukázalo velké přednosti této metody, takže dnes se léčebné barokomory nalézají v průmyslově vyspělých státech a v Sovětském svazu téměř ve všech větších zdravotnických zařízeních.

V tomto sdělení uvádíme přehled HO v barokomoře Ústavu leteckého zdravotnictví v Praze za posledních 22 let (1966–1987). Hyperbarická komora včetně strojního vybavení (kompresory, přetlakové vzdušníky apod. – výrobek ČKD Praha) sloužila a slouží nejen pro HO, ale i pro vyšetřování potápěčů a různou expertizní činnost. V uvedeném období jsme léčili HO₂ přes 600 nemocných (tab. 1).

Přehled indikací

Tab. 1

chronická osteomyelitida	112
anaerobní infekce	67
afekce vnitřního ucha	208
ischemická choroba dolních končetin	64
kožní defekty v oblasti bérce	38
mozkové příhody, diagnostické komprese	15
intoxikace oxidem uhelnatým	48
alergické vaskulitidy	9
postradiační nekroza	3
stav po operaci dolní čelisti (ca, osteomyelitis)	4
chronické záněty jater	7
dekompresní syndrom potápěčů	16
různé	10

První zkušenosti s hyperbarickou oxygenoterapií jsme získali při léčbě **intoxikací CO** ve spolupráci s anesteziologickým oddělením Ústřední vojenské nemocnice a resuscitačním střediskem Na Františku. Dobrých výsledků jsme dosáhli zejména u těch otrav CO, kde v klinickém obrazu dominovala porucha oběhu. Hyperbarická oxygenoterapie přispěla k oběhové stabilizaci, srdeční činnost se podařilo v mnohých případech obnovit i tam, kde klasické postupy reanimace nevedly k normalizaci srdečního rytmu. Léčba otrav CO pomocí HO₂ je kauzální, urychluje disociaci CO z vazby na hemoglobin a dýchací enzymy a pomáhá překlenout údobí těžké a kombinované hypoxémie. HO₂ jsme podávali maskou nebo endotracheální kanylou řízené dýchací přístrojem fy Bird při tlaku 0,3 MPa po dobu 60 minut opakovaně až do zlepšení celkového stavu. Můžeme potvrdit zkušenosti plzeňských (1, 8) a ostravských (5) pracovníků, že mortalita otrav CO různého stadia klesá při použití HO₂ z 30–40 % na 5 % a u nejtěžších intoxikací, kde je mortalita 100 %, se snížila na

20 %. HO otrav oxidem uhelnatým je metodou kauzální a zařazuje se mezi absolutní indikace. Moderní postup léčby otravy CO navrhli pracovníci interní kliniky FN v Plzni (8).

Přehled lokalizace chron. osteomyelitidy

Tab. 2

bérec	66
stehenní kost	20
horní končetina	5
pánev	1
stav po amputaci dolní končetiny	10
calcaneus	4
dolní čelist	6

HO některých **ušních onemocnění**, jako akutního akustického traumatu (např. po cvičných střelbách) a náhlé percepční nedoslýchavosti je velice úspěšná. S tímto postižením jsme léčili 208 nemocných. Komplexní léčení spočívá v podání vazodilatancií a HO₂. Tím se dosáhne zlepšení oxidačního metabolismu vláskových buněk ve vnitřním uchu, gradient pO₂ mnohonásobně stoupne, významně se zvýší difúzní vzdálenost pro kyslík a do postižené tkáně se dostane několikanásobně vyšší pO₂. Pozitivní efekt HO₂ jsme pozorovali u všech nemocných, u nichž léčba HO₂ byla zahájena do 14 dnů od postižení a kde rozhodujícím patogenetickým činitelem byla porucha cévní. Dobré výsledky jsme pozorovali i u Menierovy choroby a u ušních šelestů (3, 6, 11, 16).

HO₂ velmi pozitivně ovlivňuje léčení **chronické osteomyelitidy** (112 nemocných) poúrazové, dolní čelisti, pozdní komplikace po léčení ozářením, např. při ca ústní dutiny, chronické záněty dolní čelisti po extrakci zubu (tab. 2).

Pro docílení žádoucího léčebného účinku HO₂ nutno kyslík aplikovat při tlaku 0,3 MPa (dvouhodinové expozice) nejméně 20–30krát, v případě potřeby i vícekrát. HO nutno doplňovat komplexní terapií antibiotiky a chirurgickou léčbou (např. sekvestrotomie) (2, 4). Příznivý efekt HO₂ při léčbě chronické osteomyelitidy spočívá v tom, že:

- HO₂ má přímý bakteriostatický a baktericidní účinek,
- zvyšuje a podporuje proliferaci kapilár do hypoxické a ischemické tkáně,
- podporuje baktericidní mechanismus leukocytů,
- stimuluje syntézu kolagenu,
- zvyšuje účinnost některých antibiotik a dalších léků,
- urychluje osteogenezi a regeneraci kosti a resorpci mrtvé tkáně,
- má nespecifický celkově roborující efekt, zlepšuje hemodynamiku a celkovou obranyschopnost organismu.

V naší barokomoře jsme dále léčili celkem 67 nemocných s **klostridiovou myonekrozou**, zpravidla poúrazovou (tab. 3). Diagnóza se opírala o nález *Clostridium perfringens* v ráně a o klinický obraz. Většina nemocných měla formu difúzní klostridiální myonek-

rózy s rozsáhlým lokálním nálezem, celkovou alterací vědomí a šokem. Nemocní byli přiváženi do barokomory z různých zdravotnických zařízení na území hl. města Prahy, v posledních letech z dětské chirurgické kliniky v Motole a Krči.

HO₂ jsme aplikovali 2–3krát denně při tlaku 0,3 MPa na 2 hodiny a dále až do vymizení mikroorganismů z rány a zlepšení celkového stavu. Použitím HO₂ společně s podáváním antibiotik a doplňující chirurgickou léčbou se mortalita významně snížila. Čím dříve se po stanovení diagnózy klostridiální infekce HO zavedla, včetně komplexní terapie antibiotiky a chirurgické léčby, tím byl efekt léčby lepší. K dramatickému zlepšení klinického stavu dochází často již po první expozici HO₂. Šíření infekce se zastaví a oblasti nekrózy se přesně demarkují. Normalizuje se tělesná teplota, ustupuje lokální bolest a nemocní s alterovaným vědomím se rychle zotavují. Po 2 až 3 expozicích HO₂ se prováděla definitivní toaleta nekrotické tkáně. Amputace postižených končetin nebo částí tkání se prováděly pouze tehdy, byly-li zřetelně nekrotické (16). Seman (1987) doporučuje vedle megadávky antibiotik, radikální chirurgické léčby (fasciotomie, subfasciální drenáže, nekrotomie), HO také séroterapii a imunoterapii.

Tab. 3

Přehled lokalizace anaerobní infekce

bérec	18
stehenní kost	4
horní končetina	3
polytrauma	42

Příčinou **defektů kůže v bérce krajině** je ve většině případů chronická žilní nedostatečnost, která postihuje asi 15 % osob středního věku (7). Vředové léze lokalizované na bérce se špatně hojí, protože v okolí defektu jsou kapiláry překrveny, vytvoří se místní edém tkáně a společně s venostázou se zabráňuje přístupu kyslíku a výživy do postižené oblasti. Ranná plocha je pak vstupní branou infekce, která přináší další komplikace. HO₂ jsme léčili 38 osob trpících bérce vředy při tlaku 0,3 MPa o celkovém počtu 20–30 dvouhodinových expozic. Ty nemocné, u nichž bérce vředy měly žilní etiologii a které na klasickou léčbu nereagovaly, se podařilo vyléčit všechny. Vysoký gradient pO₂, který se vytvoří mezi zdravou tkání a tkání postiženou, umožní difúzi kyslíku do značné vzdálenosti a působí pak v místě defektu bakteriostaticky až bakteriocidně, odstraní postupně lokální edém, podpoří granulaci, tvorbu epitelu a neovaskularizaci. HO₂ se kromě toho uplatňuje celkově zlepšením hemodynamiky. Dobré výsledky jsme pozorovali i při léčení torpidních kožních defektů traumatické a jiné etiologie (3, 7).

Asi polovina všech nemocných srdečně-cévního systému je skupina pacientů s **obliterujícím tepenným onemocněním dolních končetin**. Všechny patologické změny na cévách dolních končetin vedou v konečném stadiu k poruše krevního oběhu, hypoxémii a ischémii dolních končetin (ICHDK).

V několika posledních letech jsme léčili 64 nemocných s ICHDK ve třetím a čtvrtém stadiu. V průběhu HO došlo u všech nemocných k podstatnému zlepšení stavu. Nejvýraznější zlepšení jsme pozorovali u nemocných s diabetickou gangrénou dolních končetin. V průběhu HO se periferní nekrózy demarkovaly, a samovolně odpadly. U gangrén většího rozsahu se nekrotické ložisko dobře ohraničilo a nezbytná amputace se posunula podstatně periferněji. Dýchání HO₂ uspořádalo zhojení defektu. Subjektivně vymizela lokální bolest a nemocní mohli po absolvování 25–30 expozic opět chodit. Jako neefektivnější způsob léčby ICHDK se nám jeví kombinace HO s rehabilitačními cviky a antikoagulační léčbou. U nemocných, u nichž konzervativní terapie nevede k úspěchu a chirurgický zákrok není možný, stává se HO ultimum refugium a je ve více než 90 % úspěšná. HO je velmi efektivní metoda léčby nemocných s těžkými diabetickými gangrénami dolních končetin a diabetickými vředy. Pomocí HO se nutnost amputace postižených končetin významně snížila.

Příznivý účinek HO lze prokázat u **poškození CNS a nervového systému**. Vysoký pO₂ vyvolává v mozku vazokonstrikci, kdy průtok krve mozkem klesá až o 25 % (12). Na první pohled by se mohlo zdát, že tento efekt se projeví nepříznivě zejména tam, kde je krevní oběh již porušen. Avšak vysoký pO₂ kompenzuje nejen pokles krevního průtoku tkání, ale čistý výtěžek nabídky kyslíku je buď stejný, nebo i vyšší. Důležité je však to, že v důsledku vazokonstrikce klesá kapilární krevní tlak a tím i transsudace a diapedéza. Klesá tlak kolem snadno stlačitelného řečiště mikrocirkulace a výsledkem je zlepšení krevního průtoku. Tím se podpoří resorpce extravaskulární kapaliny a výsledkem je zmenšení edému tkáně. HO₂ působí přímo na autoregulaci malých mozkových arterií a snižuje vazogenní edém mozku, např. po úrazu, úderu do hlavy, u mozkového tumoru, při postresuscitační hypoxii po otravě CO, mozkovém abscesu, po utonutí apod.

Další významnou léčebnou oblastí je **dekompresní syndrom potápěčů a vzduchové embolie**. Vzhledem k tomu, že počet invazivních metod stále stoupá, přibývá i počet vzduchových embolií. Vniknutí vzduchu do krevního oběhu vyvolává těžkou místní nebo celkovou hypoxii a řadu závažných komplikací. Hadravský (1982) dokázal, že **klasické polohování** nemocného jako léčebného prostředku do tzv. Trendelenburgovy polohy je naprosto neúčinné a jedinou kauzální metodou je v těchto případech HO. Ihned po kompresi postiženého na tlak 0,3 MPa dojde ke zmenšení vzduchového vmetku na 1/3 původního objemu, vmetek se rychleji resorbuje podle zákona Henryho, hyperoxie koriguje místní a celkovou hypoxii, urychlí resorpci bubliny tím, že tlakový gradient se mezi vzduchem v bublině a okolní tkáni zvýší. Podáním antikoagulancií se zabrání agregaci trombocytů na povrchu embolu (13).

Léčení **mnohočetných zranění** (crush syndrom) HO₂ je v rámci intenzivní péče velmi efektivní. U mnohočetných, často infikovaných zranění, pře-

vládá v patofyziologii edém a ischemie tkání. Oba tyto stavy vytvoří circulus viciosus, takže stav postižených tkání se postupně zhoršuje. Jelikož hlavní mechanismus při dýchání HO_2 je hyperoxygenace a vazokonstrikce, přeruší HO_2 tento kruh a naděje na přežití (záchranu) těžce poraněné tkáně se zvýší. Podle válečných zkušeností z Izraele (15) lze u střelných poranění končetin doprovázených infekcí a těžkou ischemií pomocí HO_2 končetiny ve 100 % zachránit před amputací. Předpokladem je včasná aplikace HO_2 – nejpозději do 3 hodin po události, a opakovaného podávání HO_2 až do vyléčení.

Z kožních nemocí jsme hyperbarickým kyslíkem léčili 9 pacientů s **vasculitis alergica Ruiter**. HO měla výrazně pozitivní efekt, kdy po průměrných 18 dvouhodinových expozicích HO_2 se revmatoidní eflorescence zmenšily nebo vymizely a ostatní klinické příznaky nemoci ustoupily. Předpokládá se, že příznivý účinek HO u kožních onemocnění spočívá v tom, že HO_2 zlepší lokální oxygenaci, podpoří kolaterální oběh a metabolismus tkáně, dále vysoký pO_2 působí bakteriostaticky až bakteriocidně (9) a podpoří epitalizaci kožních defektů. U alergických kožních projevů (jako např. u vasculitis alergica) se uplatní i imunosupresivní účinek HO_2 .

Závěrem lze konstatovat, že hyperbarická oxygenoterapie se stala i u nás nedílnou součástí léčebných postupů u řady onemocnění. Léčebná barokomora v Ústavu leteckého zdravotnictví plní funkci léčebného zařízení nejen pro odborná oddělení Ústřední vojenské nemocnice, ale v indikovaných případech (absolutní indikace) podle možností i pro ostatní zdravotnická zařízení hl. města Prahy. Posledních 20 let ukázalo, že pro HO se neustále rozšiřuje indikační oblast, avšak provoz jediné velké barokomory (pro 4 osoby) zdaleka neumožňuje využít HO_2 pro všechny nemocné, kteří by tuto léčbu potřebovali. Tato skutečnost potvrzuje nutnost výstavby dalších léčebných barokomor nejen v Praze, ale i v dalších městech ČSSR.

Souhrn

Je podán přehled o léčebném využití hyperbarického kyslíku od roku 1966 v barokomoře ústavu. Léčení hyperbarickým kyslíkem bylo provedeno u více než 600 nemocných při 15 000 expozicích tlaku při těchto indikacích: otrava CO, hluchota, chron. osteomyelitida, anaerobní infekce, akut. a chron. onemoc-

nění periferních cév dolních končetin a diabetických gangrén, poškození CNS a nervového systému, šokových stavů, alergických vaskulitid a další. Na základě klinických zkušeností s HO se doporučuje výstavba dalších barokomor v ČSSR ve všech krajských nemocnicích.

Literatura

1. BARCAL, R. aj.: Význam hyperbaroxie u otrav kyslíčným uhlíkatým. In: Plzeň. lék. Sborník, Suppl. 38, 1978, s. 97–98.
2. DOLEŽAL, V. – FREYOVÁ, J. – RUPPERT, J.: Vliv hyperbarického kyslíku na záněty kostní dřeně. Acta chir. orthopaed. traumatol. čechoslov., 37, 1970, č. 2, s. 78–87.
3. DOLEŽAL, V.: Význam kyslíku v přetlaku pro léčení a jeho toxicita. Čas. Lék. čes., 117, 1978, č. 51, s. 1587–1591.
4. DOLEŽAL, V. – KNĚŽEK, J. – RYBÍN, B.: Hyperbarický kyslík při léčení kostního infektu. Čas. Lék. čes., 122, 1983, č. 39, s. 1195–1198.
5. DOSTÁL, J.: Výhody hyperbarického kyslíku v léčbě akutních otrav CO. Prakt. Lék., 25, 1973, č. 4, s. 144–149.
6. EMMEROVÁ, M. – BARCAL, R. – HADRAVSKÝ, M.: Percepční vada sluchu a hyperbaroxie. In: Zbor. ref. IV. celostát. sem. hyperbar. oxygenoterapie, Bratislava, 1978, s. 49–51.
7. EMMEROVÁ, M. – BARCAL, R. – HADRAVSKÝ, M.: Hyperbarická oxygenoterapie bérčového vředu. Čas. Lék. čes., 120, 1981, č. 37, s. 1114–1116.
8. EMMEROVÁ, M. aj.: Moderní léčba otrav kyslíčným uhlíkatým. Čas. Lék. čes., 123, 1984, č. 9, s. 254–258.
9. GOTTLIEB, S. P.: Effect of hyperbaric oxygen on microorganism. Ann. Rev. Microbiol., 25, 1971, s. 111–152.
10. HADRAVSKÝ, M.: Teoretické předpoklady efektu Trendelenburgovy polohy v léčbě vzduchové embolie. In: Sbor. ref. VI. celostát. sem. o hyperbaroxii v neodkladné péči. Kladno, 1982, s. 23–24.
11. HOLUB, M.: Výsledky hyperbarické oxygenoterapie u poškození Cortiho ústrojí. Čs. Otolaryngol., 20, 1971, č. 3, s. 108–111.
12. LAMBERTSEN, C. J. et al. Oxygen toxicity. Effects in man of oxygen inhalation at 1 and 3.5 atmospheres upon blood gas transport, cerebral circulation and cerebral metabolism. J. Appl. Physiol., 5, 1953, č. 9, s. 471–486.
13. NOVOMESKÝ, F.: Príspevok k patogenéze diseminovanej intravaskulárnej koagulácie pri experimentálnej akútnej dekompresnej chorobe. Bratisl. lék. Listy, 77, 1982, č. 3, s. 24–32.
14. SEMAN, R.: Experimentálne a klinické sledovanie hyperbarickej mikroklimy s aspektom terapie klostridiálnych infekcií v chirurgii. [Disertační práce]. Bratislava 1987, 84 s. Univerzita Komenského. Fakulta lékařská.
15. SCHRAMEK, A. – HOSHMONAI, M.: Vascular injuries in the extremities in battle casualties. Brit. J. Surg., 64, 1977, č. 6, s. 644–648.
16. TULACHOVÁ, Z.: 15 let hyperbarické komory v Ostravě. In: Sbor. ref. V. celostát. sem., Solenice, říjen 1980, s. 65–68.

Klíčová slova: Hyperbarický kyslík; Hyperbarická oxygenoterapie.