

SOUBORNÝ REFERÁT

Helium a jeho význam v současné medicíně**Šenkeřík M.¹, Černý V.², Dostál P.²**¹Fakultní nemocnice Hradec Králové Dětská klinika²Fakultní nemocnice Hradec Králové Klinika anesteziologie resuscitace a intenzivní medicíny**Souhrn****Autoři ve sdělení předkládají přehled současné literatury na téma využití helioxu v klinické praxi při různých patologiích respiračního systému.****Klíčová slova:** heliox – umělá plicní ventilace**Abstract****Helium and its role in current medicine****Authors present a review of current literature on heliox in clinical practice in various respiratory pathologies.****Key words:** heliox – arteficial lung ventilation*Anest. intenziv. Med., 18, 2007, č. 3, s. 175–180.***1 Historie**

Helium bylo objeveno ve druhé polovině 19. století na Slunci, a od něj je odvozeno i jeho jméno (Hélios – řecký bůh Slunce). Na Zemi bylo poprvé izolováno v roce 1895. První myšlenky nahradit heliem poměrně zastoupení dusíku v naší běžné atmosféře pocházejí z počátku 30. let minulého století. Již v roce 1935 publikoval Barach první oficiální zprávu o příznivém účinku směsi helia a kyslíku při respiračním selhání na podkladě obstrukčních lézí v dýchacích cestách, především v oblasti laryngu a trachey. Barach také popsal příznivé účinky u akutních astmatických záchvatů a favorizoval užití směsi helia a kyslíku jako „lék“ první volby v terapii [1]. Do zapomnění upadlo helium souhrou historických okolností (2 světové války, kdy nebyly dostupné jeho přírodní zdroje) a současně objevením prvních účinných bronchodilatancí. Znovuobjevení helia pro medicínu nastalo v polovině 80. let 20. století, kdy v zámoří začaly stoupat počty pacientů se závažným asthma bronchiale a zvyšovala se i úmrtnost v akutním astmatickém záchvatu. Z této doby pocházejí první kazuistická sdělení o výhodách helia.

2 Fyzikálně-chemické vlastnosti helia

Na Zemi je helium za normálních fyzikálních podmínek v plynném skupenství. Helium je označováno jako inertní prvek, neboť v důsledku své atomární

struktury běžně nevstupuje do žádné chemické reakce s okolními chemickými látkami. Poměrně významně je zastoupeno v hlubších vrstvách zemské kůry a na některých místech vyvěrá na zemský povrch. Vlivem své nízké hustoty rychle stoupá do vyšších vrstev atmosféry a uniká do volného vesmíru. Právě nízká hustota helia ve srovnání s dusíkem a z toho vyplývající příznivé srovnání směsi helia s kyslíkem na vzduchu je důvodem jeho odlišných vlastností při proudění v dýchacích cestách.

Podrobný výklad fyzikálních zákonitostí přesahuje klinický cíl tohoto sdělení. Dále bude proto uvedeno jen nezbytné minimum.

Proudění plynů v trubici může mít charakter laminární, turbulentní nebo smíšený. Jako laminární proudění označujeme stav, kdy veškerá energie, která je částicím udělena na počátku pohybu, je přeměněna pouze na kinetickou energii; ztráty jsou minimalizovány.

V případě turbulentního proudění je velká část kinetické energie částic „spotřebována“ na chaotický pohyb částic a není lineární vztah mezi kinetickou

Tab. 1. Srovnání směsí

Plyn	Hustota	Viskozita	Difuzní koeficient pro CO ₂
Vzduch	1,139	189,56	0,138
Kyslík	1,258	212,63	0,139
Helium	0,158	203,82	–
He : O ₂ (20 : 80)	0,389	205,67	0,56

energií na počátku pohybu a výslednou rychlostí pohybujících se částic plynu.

Přechodné proudění je stav, kdy není ustavena rovnováha – z pohledu dýchacích cest jej nalézáme především v místech větvení bronchů apod.

Který typ proudění plynu v dané trubici převládá, závisí na jeho fyzikálních vlastnostech (tab. 1).

Z tabulky vyplývá, že zatímco viskozita helia, kyslíku i dusíku je prakticky srovnatelná, významný rozdíl je v již zmiňované hustotě.

Pomocí Reynoldsova čísla je možno do určité míry predikovat typ proudění plynu v dané trubici:

$$Re = (\rho v r) / \eta$$

kde: Re je Reynoldsovo číslo; η je viskozita plynné směsi; ρ označuje hustotu plynné směsi; r je poloměr trubice a v je rychlost proudění plynu.

Je-li Reynoldsovo číslo menší než 2000, pak bude mít proudění laminární charakter, naopak je-li jeho hodnota nad 3000–4000 (různé literární údaje), pak bude mít proudění turbulentní charakter.

Na podkladě fyzikálních charakteristik plynů si můžeme vytvořit orientační představu o teoretických výhodách helia a jeho směsí ve srovnání se vzduchem:

- redukce transpulmonálního tlakového gradientu,
- zvýšení dechového objemu (při zachování stejného inspiračního tlaku),
- zlepšení homogenity distribuce plynů,
- zlepšení eliminace CO_2 ,
- ovlivnění periferní depozice inhalovaných částic aerosolu.

3 Praktické poznámky k použití helia a jeho rizika

Helium je od počátku 90. let 20. století dodáváno pro medicínské účely ve směsi 80 % helia a 20 % kyslíku (výjimečně 70 : 30). Pro směs se postupně vžil název heliox. Důvodem používání směsi je v minulosti popsaná hypoxie při použití externího směšovače se samostatným přívodem 100% helia a kyslíku. V současné době by hypoxie přicházela do úvahy pouze v případě, že by již před zahájením aplikace helioxu pacient vyžadoval koncentraci kyslíku nad 40 %.

K inhalačnímu podání je nutné použít masku s ventilem proti zpětnému vdechování (k udržení dostatečné koncentrace aplikovaného helia).

K aplikaci helioxu v průběhu umělé plicní ventilace jsou již dnes k dispozici speciálně konstruované ventilátory.

Při posuzování výsledků studií hodnotících efekt aplikace helia je nutné uvědomit si řadu omezení:

1. Helium samo o sobě neléčí, pouze svými fyzikálními vlastnostmi ovlivní mechaniku proudění plynů v dýchacích cestách – jeho „účinnost“ proto není možné jednoduše srovnávat s jinými terapeutickými postupy.

2. Počty pacientů ve studiích jsou většinou malé, pokud je zjištěn rozdíl, není dosahována statistická významnost ve zjištěných rozdílech. Reálně je riziko chyby „malých čísel“.

3. Studie s inhalačním (neinvazivním) podáváním helia není možné jednoduše zaslepit – ti, co ho dostávají „mluví vysokým hlasem“.

4 Výsledky experimentálních studií na animálních modelech

Literárních odkazů o aplikaci směsí helia na animálních modelech je relativně málo. Je to způsobeno problémem vytvoření vhodného zvířecího modelu, který by nejen věrně imitoval humánní onemocnění, ale docílil stability v čase. Existují práce se zvířaty spontánně ventilujícími standardní i vysokofrekvenční umělou plicní ventilací [2, 3]. V literatuře je možné vysledovat dva hlavní směry. Práce s experimentálními modely farmakologicky navozeného bronchospasmu popisují pozitivní efekt na některé ventilační parametry [4, 5]. Druhou skupinou jsou práce, ve kterých byla směs helia použita k umělé plicní ventilaci různých laboratorních modelů akutního plicního poškození. Příkladem je skupina autorů z Philadelphie, která vytvořila prasečí model VILI i. v. aplikací kyseliny olejové. Zvířata byla navedena na tracheální CPAP, následně byla rozdělena do dvou skupin – jedna byla ventilována směsí helium/kyslík a druhá skupina byla ventilována směsí dusík/kyslík (poměr plynů ve směsi byl v průběhu experimentu upravován, s cílem dosažení SpO_2 nad 95 %). Po 4 hodinách byla měřena plicní compliance, stanoveny hladiny cytokinů a zhodnocena histomorfologie plic. Všechny sledované ukazatele signifikantně svědčily pro nižší poškození plic při použití směsí helia [6].

Výsledky experimentálních studií zatím neumožňují přenos získaných dat do humánní praxe.

5 Současné indikace v humánní medicíně

5.1 Obstrukce horních dýchacích cest

Aplikací helia může být dosaženo výrazného poklesu subjektivního pocitu dyspnoe, snížení dechové práce i zlepšení výměny plynů. Je možné očekávat i zlepšení oxygenace, je-li neporušená výměna krevních plynů na úrovni alveolární ventilace a zlepšení distribuce plynů).

Postextubační stridor – Kemper ve své studii uvádí až 38% redukci respirační tísně (hodnoceno bodovým skóre), podobné výsledky popisuje i Rodenberg [7, 8].

Akutní subglotická laryngitida (croup) – Weber ve své studii srovnává účinnost helia a nebulizovaného adrenalinu. Základním kritériem hodnocení bylo stanovení počtu bodů v „croup score podle Taussiga“ (hodnocení úrovně dyspnoe, přítomnosti cyanózy,

vědomí, stridoru). Tíži onemocnění je možno u sledovaných pacientů hodnotit jako středně závažnou, efekt helia a adrenalinu je podle autorů srovnatelný. V obou skupinách došlo ke zlepšení bodového skóre. Nebyl shledán významný rozdíl mezi heliem a adrenalinem. O práci se široce diskutovalo a je k ní řada výhrad. V případech obstrukce velkých dýchacích cest je nutné zejména upozornit na potenciální riziko zastření progresu onemocnění. Dochází-li ke zhoršování (nebo není-li efekt helia patrný během několika prvních minut), je potřeba neváhat se zajištěním dýchacích cest. Helium v této indikaci je pouze získáním času k nástupu plné účinnosti kortikoidů, které by měly účinně redukovat otok v dýchacích cestách [9].

Parciální obstrukce velkých dýchacích cest (např. při zevním útlaku nádorových hmot v mediastinu nebo závažné stenózy hlavních bronchů) – existuje řada převážně kazuistických sdělení, kdy byl heliox použit s pozitivním klinickým efektem na snížení úrovně respirační tísně a zlepšení saturace kyslíkem [10, 11]. Heliox je při obstrukci velkých dýchacích cest podáván inhalačně, případně neinvazivní ventilací. Základním cílem podání je snížení úrovně respirační tísně a překlenutí času do nástupu účinku „klasické farmakoterapie“ základního onemocnění. Případná absence téměř okamžitého efektu však nesmí být příčinou prodloužení v definitivním zajištění dýchacích cest [10].

5. 2 Astma bronchiale

Onemocnění středně velkých dýchacích cest a zvláště astma jsou „klasickou“ indikací pro helium. Zásahu na tom má vysoká prevalence onemocnění v populaci, a tudíž i největší počet literárních odkazů. Helium může být aplikováno za spontánního dýchání, neinvazivní ventilací nebo v průběhu umělé plicní ventilace.

Při spontánní ventilaci je stav pacientů a efekt helia hodnocen především podle skórovacích systémů pro astma, méně často je hodnocen efekt podle peak-flow nebo podle vlivu obtížné ventilace na krevní oběh, popř. podle efektivity ventilace.

Kukudis ve své studii prokazuje na 18 dětech při aplikaci helia maskou redukcí *pulsus paradoxus*, snížení skóre dyspnoe a zvýšení peak-flow [12]. Obdobné výsledky publikuje Carter, ale s jediným rozdílem signifikantního navýšení peak-flow u pacientů, jimž byla aplikována směs helia. Změny ostatních sledovaných parametrů nedosáhly statistické významnosti [13]. Další dvě studie se věnovaly efektu helia, kterým bylo kontinuálně nebulizováno beta-mimetikum – Kim našel signifikantní snížení indexu tíže astmatu (hodnocena dechová frekvence, distanční expirační stridor, saturace a zapojení pomocných dýchacích svalů), a dokonce zkrácení doby hospitalizace o 12 hodin [14]. Rivera v podobné práci hodnotil efekt iniciální terapie s ohledem na eventuální snížení potřeby hospitalizace u pacientů s akutním astmatem. Při současné kontinuální nebu-

lizaci betamimetik helioxem vs vzduchem a standardní dávce kortikosteroidů nebyl shledán statisticky významný rozdíl v dyspnoe skóre a ani v počtu nezbytných hospitalizací. Efekt postupu byl hodnocen v 10. a 20. minutě léčby [15].

V Cochranově databázi je možno nalézt samostatný odkaz na heliox u akutního astmatu s metaanalýzou šesti studií. V těchto studiích bylo zahrnuto 369 pacientů, z toho jedna se věnovala dětským pacientům. Všechny práce se zabývaly inhalační aplikací směsí helia. V závěrečném resumé je konstatováno, že heliox může mít přínos v léčbě asthma bronchiale, ale základem terapie stále zůstávají bronchodilatacia a kortikosteroidy [16].

Užití směsi helia k umělé plicní ventilaci u pacientů s nejtěžšími formami astmatu není doloženo kontrolovanými studiemi. Jedná se převážně o kazuistická sdělení či práce s malými počty nemocných. Ve všech literárních odkazech je konstatováno snížení špičkových inspiračních tlaků, což vyplývá z fyzikálních zákonitostí, ale současně přináší velké riziko hyperinflace. Především při tlakově řízené ventilaci bez objemové kontroly stejný inspirační tlak generuje větší dechový objem. Není jednoznačná shoda v efektu na oxygenaci a redukcí hyperkapnie.

Za účelnou se považuje aplikace helioxu u pacientů s diagnózou asthma bronchiale po dobu 6–12 hodin (tj. do doby plného rozvoje účinků systémové steroidní terapie) [17].

Zcela samostatnou podkapitolou je užití směsí helia k nebulizaci léků. Různá hustota plyných směsí (při použití směsí s různým podílem helia), rychlost proudění v nebulizátoru a jeho technická koncepce zásadně ovlivňují velikost generovaných částic aerosolu, která je rozhodujícím faktorem průniku farmaka do periferie dýchacího stromu. Experimentální i humánní studie přinášejí výsledky, které není možné žádným způsobem zobecnovat [18, 19]. V případě kombinace systému MDI (metered-dose-inhaler) a helioxu je depozice léku na periférii pravidelně vyšší.

V souhrnu lze říci, že heliox přináší největší efekt u pacientů se středně těžkým až těžkým akutním asthma bronchiale, vždy ale pouze jako doplněk standardní terapie betamimetiky a kortikosteroidy. Je-li použit časné, může redukovat dechovou práci, zlepšit výměnu plynů a u některých pacientů tím snad i snížit riziko potřeby intubace. Užití helioxu u intubovaných pacientů bývá vyhrazeno pro obtížně zvladatelné stavy, spojené s perzistencí závažné obstrukce v dolních dýchacích cestách, provázené vysokými inspiračními tlaky a těžkou hyperkapnií, eventuálně pro pacienty se závažnými oběhovými komplikacemi agresivních ventilačních režimů.

Aplikaci léků (betamimetik) ve formě roztoku s nebulizací proudem helioxu lze považovat za rizikovou s ohledem na množství obtížně ovlivnitelných a predikovatelných faktorů. Existuje reálné riziko předávkování (při zvýšené periferní depozici) i poddávování (při nevhodné velikosti částic aerosolu). V případě užití systému MDI s aplikací přes spacer je při

inhalaci směsi helia depozice aktivní látky na periferii bronchiálního stromu vyšší.

5. 3 Onemocnění malých dýchacích cest – bronchiolitida

Bronchiolitida je závažným onemocněním kojenců a batolat. Klinická definice této diagnózy není exaktní a i v publikovaných studiích je zřetelná nehomogenita souboru pacientů od RS virové bronchitidy spontánně ventilujících pacientů s kontinuálním pozitivním tlakem v dýchacích cestách – CPAP [20, 21], po soubor ventilovaných pacientů (SIMV), u kterých byly užity různé koncentrace helia [22]. V první citované práci byl pozitivní efekt sledován ve snížené dechové a tepové frekvenci, bez vlivu na efektivitu výměny krevních plynů. V druhé práci, kde byli pacienti řízeni ventilováni na podkladě respirační insuficience při diagnóze virové bronchiolitidy, rovněž nebyl prokázán pozitivní efekt na ukazatele výměny krevních plynů, sporným přínosem byla pouze nesignifikantní redukce inspiračních tlaků.

Studie francouzských autorů prokazuje rychlý ústup známek respirační tísně a redukce zapojení pomocných dýchacích svalů; nebyl hodnocen efekt na alveolární ventilaci [23].

5. 4 Chronická obstrukční choroba bronchopulmonální (CHOBP)

Nemocným s CHOBP je v posledních letech věnováno nejvíce prací s aplikací helioxu. Základní patofyziologický předpoklad pro užití helia je snížení dechové práce nebo v případě umělé plicní ventilace helioxem redukce dynamické hyperinflace či snížení oběhových komplikací umělé plicní ventilace. Je proto nutno práce rozdělit na ty, kdy byl heliox aplikován pacientům spontánně ventilujícím (eventuálně neinvazivně ventilovaným), u nichž došlo k akutní exacerbaci základního onemocnění, a práce, které užily směsi helia k umělé plicní ventilaci.

Ve skupině prací užívajících směs helia k inhalačnímu či neinvazivnímu podání stojí za pozornost především následující studie – Gerbeaux prokázal signifikantní snížení počtu intubací i mortality u pacientů s akutní exacerbací CHOBP, kteří byly léčeni standardní farmakoterapií a helioxem, proti kontrolní skupině s identickou léčbou, ale s použitím vzduchu [24]. Joliet našel pozitivní trend v redukci počtu intubací. K dosažení statické významnosti ve snížení potřeby intubace z 20 % na 13 % a snížení počtu dní na jednotce intenzivní péče o 1 den, by bylo nutno disponovat kohortou přibližně 4násobně větší [25]. V dalších studiích byly popsány příznivé účinky ve smyslu snížení subjektivního pocitu dechové tísně, poklesu hyperkapnie a snížení dynamické hyperinflace [26].

Ve studiích, které používají aplikaci helioxu v průběhu umělé plicní ventilace u nemocných s CHOBP, je pozorováno snížení dechové práce,

snížení inspiračních tlaků, snížení dynamické hyperinflace. Nebyly nalezeny signifikantní změny v oxygenační funkci plic či redukci hyperkapnie. Nejednoznačné jsou také změny hemodynamiky v plicním řečišti [27].

5. 5 Respiratory distress syndrom

Effekt helia na novorozeneckou formu deficitu surfaktantu (na podkladě nezralosti) byl sledován v jediné publikované studii. Pozitivním výsledkem bylo zvýšení poměru parciální tenze kyslíku v arteriální krvi/inspirační frakci kyslíku ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$), a signifikantně nižší inspirační tlaky ve skupině helia. Nebyl nalezen rozdíl v outcome pacientů – v mortalitě, ani následné morbiditě [28].

V současné době nejsou k dispozici literární údaje o klinických studiích hodnotících efekt použití helioxu u nemocných s ARDS.

Současné užití vysokofrekvenční ventilace a helioxu je literárně dokumentováno několika kazuistickými sděleními a několika experimentálními pracemi na animálních modelech. Mechanismus pohybu ventilační směsi v dýchacích cestách při vysokofrekvenční ventilaci není zatím úplně vysvětlen, ale existuje názor, že i podíl méně než 40 % helia ve směsi může mít při HFOV klinický efekt [3, 29]. Podle jiných literárních zdrojů bylo nejlepšího efektu dosaženo právě při 40% podílu helia ve směsi, kdy nejen poklesla hodnota PaCO_2 , ale zlepšila se i oxygenace. 60% podíl helia vedl k dalšímu poklesu hodnot PaCO_2 , ale bez vlivu na oxygenaci [2].

6 Souhrn zásad při aplikaci helia

1. Heliox nemá vlastní léčebný efekt. Jde o inertní plyn, který vlastní patologii v dýchacích cestách neléčí, ale jen „obchází“. Onemocnění musí být řádně farmakologicky léčeno.
2. Effekt helioxu je možné při spontánní či konvenční ventilaci očekávat pouze při koncentraci helia ve směsi nad 60 %. Má-li pacient poruchu oxygenační funkce a vyžaduje-li FiO_2 nad 40%, nebude heliox pravděpodobně pro pacienta vhodný, neboť jeho použití ve směsi s nižším obsahem kyslíku by vedlo k hypoxii.
3. Effekt helioxu by měl být patrný během několika prvních vdechů. Není-li účinek pozorován během několika prvních minut aplikace, pak nemá smysl dále čekat a je nutno hledat jiné řešení.
4. Při přechodu na „normální směs“ účinky helioxu odeznívají okamžitě.
5. K umělé plicní ventilaci helioxem je možné použít pouze některé ventilátory, které mají včleněný speciální software nezbytný pro správnou ventilaci směsí helia a kyslíku. Je možné použít i některé standardní ventilátory, ale je nezbytné provedení přepočtů dechového objemu a FiO_2 [30].

7 Závěr

Helium v současné době prožívá po několika desítkách let zapomnění svoji renesanci. Podle dosavadních zkušeností i literárních údajů je možné konstatovat, že užití helia je bezpečné a rizika pro pacienta jsou malá. Metodika je technicky nenáročná.

Doposud publikované literární údaje naznačují možnost uplatnění helioxu ve snížení frekvence rozvoje globální respirační insuficience u akutního asthma bronchiale a chronické obstrukční choroby bronchopulmonální, jsou však zatím statisticky neprůkazné.

Finanční nákladnost aplikace helioxu je důvod, proč je stále nutno heliox považovat za „rescue therapy“ pro případy závažné akutní obstrukce dýchacích cest. V ostatních indikacích je aplikace helioxu pouze ve fázi experimentu.

Literatura

1. Barach, A. The use of helium in the treatment of asthma and obstructive lesions in the larynx and trachea. *Ann. Intern. Med.*, 1935, 9, p. 739–765.
2. Gupta, V. K., Grayck, E. N., Cheifetz, I. M. Heliox administration during high-frequency jet ventilation augments carbon dioxide clearance. *Respir. Care*, 2004, 49, 9, p. 1038–1044.
3. Katz, A., Gentile, M. A., Craig, D. M., Quick, G., Meliones, J. N., Cheifetz, I. M. Heliox improves gas exchange during high-frequency ventilation in a pediatric model of acute lung injury. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 2001, 15, 164, 2, p. 260–264.
4. Orsini, A. J., Stefano, J. L., Leef, K. H., Jasani, M., Ginn, A., Tice, L., Nadkarni, V. M. Heliox improves pulmonary mechanics in a pediatric porcine model of induced severe bronchospasm and independent lung mechanical ventilation. *Crit. Care*, 1999, 3, 2, p. 65–70.
5. Miller, T. L., Singhaus, C. J., Sherman, T. I., Greenspan, J. S., Shaffer, T. H. Physiologic implications of helium as a carrier gas for inhaled nitric oxide in a neonatal model of Betanecol-induced bronchoconstriction. *Pediatr. Crit. Care Med.*, 2006, 7, 2, p. 159–164.
6. Nawab, U. S., Touch, S. M., Irwin-Sherman, T., Blackson, T. J., Greenspan, J. S., Zhu, G., Shaffer, T. H., Wolfson, M. R. Heliox attenuates lung inflammation and structural alterations in acute lung injury. *Pediatr. Pulmonol.*, 2005, 40, 6, p. 524–532.
7. Kemper, K. J., Ritz, R. H., Benson, M. S., Bishop, M. S. Helium-oxygen mixture in the treatment of postextubation stridor in pediatric trauma patients. *Crit. Care Med.*, 1991, 19, 3, p. 356–359.
8. Rodenberg, D., Easter, A., Washam, M. et al. Use of a helium-oxygen mixture in the treatment of postextubation stridor in pediatric patients with burns. *J. Burn Care Rehabil.*, 1995, 16, p. 476–490.
9. Weber, J. E., Chudnofsky, C. R., Younger, J. G., Larkin, G. L., Boczar, M., Wilkerson, M. D., Zuriekat, G. Y., Nolan, B., Eicke, D. M. A randomized comparison of helium-oxygen mixture (heliox) and racemic epinephrine for the treatment of moderate to severe croup. *Pediatrics*, 2001, 107, 6, E96.
10. Monthous, C. A., Morgan, S., Pohlman, A. et al. Heliox in the treatment of airflow obstruction: a critical review of the literature. *Respir. Care*, 1997, 42, p. 1034–1042.
11. Grosz, A. H., Jacobs, I. N., Cho, C., Schears, G. J. Use of helium-oxygen mixtures to relieve upper airway obstruction in a pediatric population. *Laryngoscope*, 2001, 111, 9, p. 1512–1514.
12. Kukudis, T., Manthous, C., Schmidt, G. et al. Inhaled helium-oxygen revisited effect of helium-oxygen during treatment of status asthmaticus in children. *J. Pediatr.*, 1997, 130, p. 217–224.
13. Carter, E. R., Webb, C. R., Moffitt, D. R. Evaluation of heliox in children hospitalized with acute severe asthma. A randomized crossover trial. *Chest*, 1996, 109, 5, p. 1256–1261.
14. Kim, I. K., Phrampus, E., Venkataraman, S., Pitetti, R., Saville, A., Corcoran, T., Gracely, E., Funt, N., Thompson, A. Helium/oxygen-driven albuterol nebulization in the treatment of children with moderate to severe asthma exacerbations: a randomized, controlled trial. *Pediatrics*, 2005, 116, 5, p. 1127–1133.
15. Rivera, M. L., Kim, T. Y., Stewart, G. M., Minasyan, L., Brown, L. Albuterol nebulized in heliox in the initial ED treatment of pediatric asthma: a blinded, randomized controlled trial. *Am. J. Emerg. Med.*, 2006, 24, 1, p. 38–42.
16. Rodrigo, G., Pollack, C., Rodrigo, C., Rowe, B. H. *Heliox for nonintubated acute asthma patients*. Cochrane, Cochrane Database Syst. Rev., 2003, 4, CD002884.
17. Kass, J. E., Terregino, C. A. The effect of heliox in acute severe asthma: a randomized controlled trial. *Chest*, 1999, 116, 2, p. 296–300.
18. Kim, I. K., Phrampus, E., Venkataraman, S., Pitetti, R., Saville, A., Corcoran, T., Gracely, E., Funt, N., Thompson, A. Helium/oxygen-driven albuterol nebulization in the treatment of children with moderate to severe asthma exacerbations: a randomized, controlled trial. *Pediatrics*, 2005, 116, 5, p. 1127–1133.
19. Darquenne, C., Prisk, G. K. Aerosol deposition in the human respiratory tract breathing air and 80:20 heliox. *J. Aerosol. Med.*, 2004, 17, 3, p. 278–285.
20. Martinon-Torres, F., Rodriguez-Nunez, A., Martinon-Sanchez, J. M. Nasal continuous positive airway pressure with heliox in infants with acute bronchiolitis. *Respir. Med.*, 2006, 100, 8, p. 458–462.
21. Martinon-Torres, F., Rodriguez-Nunez, A., Martinon-Sanchez, J. M. Heliox therapy in infants with acute bronchiolitis. *Pediatrics*, 2002, 109, 1, p. 68–73.
22. Gross, M. F., Spear, R. M., Peterson, B. M. Helium-oxygen mixture does not improve gas exchange in mechanically ventilated children with bronchiolitis. *Crit. Care*, 2000, 4, 3, p. 188–192.
23. Cambonie, G., Milesi, C., Fournier-Favre, S., Counil, F., Jaber, S., Picaud, J. C., Matecki, S. Clinical effects of heliox administration for acute bronchiolitis in young infants. *Chest*, 2006, 129, 3, p. 676–682.
24. Gerbeaux, P., Gainnier, M., Boussuges, A., Rakotonirina, J., Nelh, P., Torro, D., Arnal, J. M., Jean, P. Use of heliox in patients with severe exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. *Crit. Care Med.*, 2001, 29, 12, p. 2322–2324.
25. Jolliet, P., Tassaux, D., Roeseler, J. et al. Helium-oxygen versus air-oxygen non-invasive pressure support in decompensated chronic obstructive disease: a prospective multicenter study. *Crit. Care Med.*, 2003, 31, 3, p. 878–884.
26. Rodrigo, G., Pollack, C., Rodrigo, C., Rowe, B. *Heliox for treatment of exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease*. Cochrane Database Syst. Rev., 2002, 2, CD003571.
27. Tassaux, D., Jolliet, P., Roeseler, J., Chevrolet, J. C. Effects of helium-oxygen on intrinsic positive end-expiratory pressure in intubated and mechanically ventilated patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *Crit. Care Med.*, 2000, 28, 8, p. 2721–2728.

28. **Elleau, C., Galperine, R. I., Guenard, H., Demarquez, J. L.** Helium-oxygen mixture in respiratory distress syndrome: a double-blind study. *J. Pediatr.*, 1993, 122, 1, p. 132–136.
 29. **Katz, A. L., Gentile, M. A., Craig, D. M., Quick, G., Cheifetz, I. M.** Heliox does not affect gas exchange during high-frequency oscillatory ventilation if tidal volume is held constant. *Crit. Care Med.*, 2003, 31, 7, p. 2006–2009.
 30. **Tassaux, D., Jolliet, P., Thouret, J. M., Roeseler, J., Dorne, R., Chevrolet, J. C.** Calibration of seven ICU ventilators for mechanical ventilation with helium-oxygen mixtures. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 1999, 160, 1, p. 22–32.
- Další literatura je k dispozici u autora.

Práce byla podpořena projektem Výzkumný záměr MZO 00179906.

Došlo 13. 3. 2007.

Přijato 23. 4. 2007.

Adresa pro korespondenci:
MUDr. Marian Šenkeřík
Dětská klinika Fakultní nemocnice
Sokolská 581



XIV. národní kongres ČSARIM



česko-slovenský kongres
intenzivní medicíny
dospělých a dětí

19. – 21. září 2007, Praha | Top Hotel Praha

Důležitá data:

Uzávěrka pro zaslání abstrakt	30. 6. 2007
Rozhodnutí o přijetí / nepřijetí abstrakt	31. 7. 2007
Zvýhodněná cena registračních poplatků platí do	30. 6. 2007

Více informací najdete na:

www.csarim2007.cz
www.konimed2007.cz