

616-001.11-08:615.835.331.836

POZNÁMKY K VÝSKYTU A LÉČBĚ DEKOMPRESNÍ NEMOCI

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

Jednou z aktuálních a stále nevyjasněných otázek letecké, kosmické a potápěčské fyziologie je výskyt dekompresní nemoci; synonyma: dekompresní syndrom, desaturační aeropatie, aeroembolismus, dysbarický syndrom (9, 30). Týká se etiologie, patogeneze, kliniky, léčení a prevence.

Příčinou vzniku dekompresní nemoci (dále DN) jsou

bublínky plynu (nejčastěji dusíku), které se vytvoří v krvi a chovají se jako cizí tělesa (18). Obturují krevní oběh a vytvářejí sekundární komplikace (14). Aktivují se tromby, které mají tendenci ke srážení. V oblasti obstrukce dojde k vazokonstrikci, zhoršující ischémii. Hypoxie vyvolá kromě edému také zánětlivou reakci se všemi metabolickými důsledky.

Výskyt DN

DN se může objevit u letců během letu ve velkých výškách nebo při vyšetřování v podtlakové komoře (1, 10). Odborníci amerického vojenského letectva odhadují, že incidence DN za letu je častá, avšak piloti tuto okolnost nepřiznávají, protože se obávají diskvalifikace a existenčních nesnází (4). Zdravotní obtíže za letu přiznávají pouze tehdy, byly-li v průběhu letu zjištěny pozemními řídicími orgány závady na technice letounu, dále když obtíže přetrvávaly i po přistání nebo když byly příčinou nesplnění letového úkolu.

Častá je DN u potápěčů při výstupu z vysokého tlaku, např. pod vodou, nebo po pobytu v přetlakové komoře.

Incidence DN

Podmínkou vzniku DN za letu může být např. porucha přetlakové kabiny v průběhu výškového letu. K této poruše může snadno dojít, protože stávající vojenská letecká technika "stárne" a je poruchovější (27). Bason (1991) např. uvádí, že za posledních 21 let bylo ve vojenském letectvu amerického námořnictva zaznamenáno 225 poruch na zařízení udržujícím přetlak v kabině pilota, přitom však oficiálně byly zaznamenány pouze 24 případy DN. Většina symptomů DN (65-70 %) se objevila na výšce (8800-11 500 m) a po návratu do normálního atmosférického tlaku symptomy vymizely (4, 17). Lze tedy předpokládat, že počet případů DN byl za letu podstatně vyšší (4, 27). Zaznamenán byl také případ pilota, který se vracel ke své posádce vrtulníkem ve výšce 300 m po tom, co den před letem provozoval sportovní potápění v hloubce 20-40 m (4).

Časté případy DN jsou pozorovány v průběhu vyšetřování a tréninku v podtlakové komoře. Tato vyšetření a trénink jsou v americkém vojenském letectvu povinné, a to při výběru uchazečů o leteckou profesi a dále každé 3 roky (1, 3, 4, 17). Cílem tohoto vyšetření je seznámení osádek letounů s klinickými projevy hypoxie a zjištění vlastní odolnosti vůči hypoxii. Dále jsou piloti seznamováni s kyslíkovým vybavením letounu, s přetlakovým dýcháním a zdokonalují nácvik Valzalova manévru. Weien a spol. (1990) provedli rozbor 528 případů DN, které se objevily během 10 let sledování, a to jednak při vyšetřování v podtlakové komoře (507 případů DN), jednak v průběhu letu (21 případů). K dispozici byly údaje o 526 případech DN. U 123 osob (23,4 %) se symptomy DN objevily na výšce a u 403 až po skončené expozici výšce (76,6 %). U 178 osob se symptomy DN objevily do 2 hodin po návratu do normálního tlaku a u 225 po delší době než 2 hodiny. 520 osob stížených DN bylo léčeno v přetlakové komoře kyslíkem, z toho 512 osob bylo vyléčeno, u 6 osob nastalo výrazné zlepšení stavu a u 2 osob zůstala rezidua.

Bason (1976) referuje o 79 případech DN u pilotů amerického vojenského námořnictva při expozici 27 km v podtlakové komoře za období 4 let. Na 7 500 expozic této "výšce" připadalo 22 případů DN. Většina DN se projevila bolestmi kloubů, zejména ramenního, dále kolena, lokte a kyčle. Dechové potíže se objevily u 2 pilotů. Podle Weiena (1990) je incidence 48 případů DN na

každých 100 000 expozic hypobarie. Rayman (1983) referuje o 58 případech DN za 10 let, které nastaly během letu na různých typech bojových letounů v důsledku technické poruchy těsnosti pilotní kabiny nebo po úmyslné (cvičné) dekompresi. Příznaky DN se objevily zpravidla ve výšce 6000-7000 m.

U potápěčů se DN vyskytuje během dekomprese asi v 10 % případů, avšak většina symptomů DN se dostaví do 1/2 až 2 hodin po návratu do normálního tlaku, jak vyplývá např. z podrobného přehledu 935 případů DN Rivery z r. 1964. Přehled doby vzniku symptomů DN podle různých autorů viz v tab. 1.

Počet případů DN stoupá také u amatérských potápěčů (17, 21, 28). Velká obliba amatérského a sportovního potápění i mezi našimi občany činí tuto otázku stále aktuálnější. Kizer např. již v r. 1982 uváděl, že v USA přibývá ročně 200 000 nových sportovních potápěčů, takže jejich celkový počet dosahuje již několika milionů. Se vzrůstající potápěčskou aktivitou stoupá také počet případů DN.

Etiopatogeneze

Syndrom DN se rozvine tehdy, když v průběhu dekomprese nejsou plíce schopny eliminovat mikroemboly inertního plynu (14, 20, 32).

Mikroemboly a bublinky plynu, které se při poklesu tlaku tvoří, vyvolávají na okolní tkáň tlak. To vede k deformaci tkáně, zejména u objemově limitovaných tkání, a to se projevuje bolestí. První práce, v nichž se setkáváme s pojmem "výšková dekomprezní nemoc", pocházejí z let 1910-1920, kdy Haldane, Boycott a Henderson zjistili příznaky této nemoci, označované zpočátku jako výšková kesonová nemoc, u osob během výstupu v podtlakové komoře (7, 19). Po dlouhou dobu se nedařilo nalézt v krvi a tkáních bublinky. Podařilo se to teprve pomocí ultrazvukové metody v letech 1965-1970 (8). Vzduchové bublinky byly identifikovány v krvi i u osob, které neměly projevy DN.

Příznaky a symptomy, které vznikají v důsledku tvorby bublin, závisí na lokalizaci a na jejich velikosti. Rozmanitost symptomatologie je proto značná, od mírné bolesti nebo svědění až po kolaps, obrny, kóma a šok. Symptomy se objevují během poklesu tlaku, ale mohou se dostavit až po několika hodinách po skončené dekompresi (tab. 1).

Nejčastější formou DN jsou bolesti kloubů (bends). Z nich je často postiženým kloubem kloub ramenní, dále loket, koleno, kyčel a zápěstí (tab. 3). Kromě mírných projevů DN mohou být symptomy DN život ohrožující.

Většina pilotů, u nichž se DN objevila za letu, charakterizovala tyto potíže od mírného diskomfortu až po závažné poruchy zdraví takového rázu, že by mohly ohrozit vlastní let. DN může vyvolat kromě bolestí kloubů celé spektrum neurologických poruch: od nevýrazné parestézie a bolestí hlavy migrenózního charakteru až po závažné poruchy zraku, afázie, skotomy, diplopie, rozmazané vidění a křeče. Rayman (1983) při rozboru 58 případů DN za letu zjistil 22 % neurologických symptomů. Nejzávažnější z nich byl neurocirkulační kolaps. Po objevení se příznaků DN se většina pilotů snaží co nejrychleji přistát.

U potápěčů převládají příznaky nervové, jako jsou paré-

Tabulka 1

Procento příznaků DN při změně tlaku

Autoři	Příznaky DN se objevily							Podmínky vzniku DN	Celkový počet případů	Přehled za období v letech	
	během dekom.	do 1 h	1-2 h	3-6 h	7-12 h	13-24 h	neudáno				
Rivera, 1964	9,1	45,6	12,1	19,5	6,6	2,3	4,8	potápění	935	15	
Bason, 1976	64,4		28	3,7				barokomora	79	4	
Davis, 1977	50		29	16				5	za letu barokomora	145	4
Green, 1987	62	8	16		14				potápění barokomora	430	20
Kizer, 1982	96		4						potápění	50	4
Rayman, 1983	100								za letu	58	11
Wirjosemito 1989	100								za letu barokomora	133	14
Rush, 1990	51,6		48,1		0,2				barokomora	292	6
Weien, 1990	75		33,8	42,8					za letu barokomora	528	10
Bason, 1991	100								za letu	15	21
Rudge, 1991	12,4		42,5	17,2	10,3	5,8	0,4		za letu barokomora	233	5

Procento příznaků DN je vyšší než počet případů DN, protože mnohé příznaky se objevily současně.

Tabulka 2

Lokalizace frekvence symptomů u DN

Autoři	Procento symptomů DN				Podmínky
	bolesti kloubů	nervové příznaky	plicní příznaky	kožní projevy	
Rivera, 1964	92	47	2	14	potápění
Bason, 1976	79	17	4	--	za letu
Davis, 1977	59	26	8	7	za letu-vyšetř. v barokomoře
Kizer, 1982	47	36	16	--	potápění
Rayman, 1983	75	21	3	3	za letu
Green, 1987	42	58	--	--	vyšetřování v barokomoře
Malconian, 1987	62	32	--	6	vyšetřování v barokomoře
Neubauer, 1988	69	29	0,6	0,4	potápění-vyšetř. v barokomoře
Wirjosemito, 1989	46	43	6	2	za letu-vyšetř. v barokomoře
Weien, 1990	78	18	3	1	vyšetřování v barokomoře
Bason, 1991	92	42	8	--	vyšetřování v barokomoře
Rudge, 1991	84	14	1,5	0,5	vyšetřování v barokomoře

Procento příznaků DN je vyšší, než je počet případů DN, protože mnohé příznaky se objevily u téže osoby současně.

Tabulka 3

Lokalizace bolestí kloubů - výskyt v procentech

Lokalizace	Rivera, 1964	Bason, 1976	Kizer, 1982	Rayman, 1983	Bason, 1991
Homí končetiny:	53,3				
rameno		27	60	20	8
loket		14	19	9	1
zápěstí		9	4	2	1
Dolní končetiny:	27,1				
koleno		25	7	22	8
kotník		9	--	6	1
kyčel		8	10	2	--
svalstvo		--	--	3	--

Počet symptomů je vyšší, než je počet postižených osob, protože někteří měli více symptomů najednou.

zy končetin, znečitlivění a slabost končetin, obry, bolesti břicha a další.

Nejzávažnější formou DN je vzduchová embolie a neurocirkulační kolaps končící šokem. Vzduchová embolie se dostaví náhle 1-2 minuty po dekompresi a projeví se v 70 % ztrátou vědomí, v 54 % obrnou končetin, v 38 % křečemi a dalšími symptomy (11, 12, 13, 25). Stanovení správné diagnózy je významné pro adekvátní léčení DN. Symptomy DN se nevyskytují samostatně, ale průvodním jevem je přítomnost několika příznaků současně. Proto také v tab. 2 je procento symptomů vyšší, než je počet postižených osob.

Pozdní příznaky se objevují především u potápěčů (21, 29). U pilotů vyšetřovaných v podtlakové komoře se příznaky DN objevily podle Rudgeho (1991) zpravidla během dekompresi, ale ve 42 % případů do 2 hodin po návratu do normálního atmosférického tlaku. Toto pozorování se opírá o rozbor 233 případů DN za období 5 let.

Při hodnocení zdravotních obtíží za letu vyplývá, že mají velmi pestrý subjektivní i objektivní obraz a velmi složitou a vzájemně propojenou patogenetickou podstatu (22).

Zdravotní obtíže za letu náhle vzniklé, jako např. ztráta vědomí, dezorientace, zmatenost, závratě, nevolnost a celá řada dalších zdravotních obtíží mohou mít původ v DN, jak ukázaly četné rozborů. Stejně tak poruchy osobnosti, extrémní únava, dušnost, bezvědomí, hypotonie análních sfinkterů, svědění kůže, mozečková symptomatologie mohou být průvodním jevem DN. Nejčastějšími klinickými projevy DN jsou však bolesti kloubů, bolesti hlavy, poruchy zraku a další symptomy. U lehčí, neurocirkulační formy DN se pozoruje porucha srdečního rytmu. Hypotonie je v některých případech doprovázena hyperventilací s následnými doprovodnými příznaky: závratě, bolesti hlavy, poruchy zraku a parestázie.

Problematika stanovení diagnózy DN u pilotů

Při stanovení diagnózy DN je nutno vzít v úvahu i poruchy technického charakteru, jako je např. ztráta tlaku v kabině pilota. Kromě zřejmých symptomů DN (izolované bolesti kloubů) existuje mnoho příznaků, které mohou imitovat stavy, jejichž patogenézi, symptomatologii a etiologii podrobně uvádí Kolouch (1988).

Tento rozbor může být nápomocen při diferenciální diagnóze DN. Například některá náhlá zhoršení zdravotního stavu za letu, jako je angina pectoris, mohou být zaměněna za plicní formu DN (chokes) vyvolanou vzduchovými emboliemi v plicích (37). Také spontánní pneumotorax může být snadno zaměněn za dechové potíže při plicní formě DN. V těžších případech se dostaví záchvaty kašle a dušnosti. Po dekompresi dušnost přetrvává několik hodin. Také prostá blokáda Eustachovy trubice může vyvolat prudké bolesti hlavy a závratě. Distanze plynů v zažívacím traktu vyvolává reflexní kontrakce s bolestmi břicha. Odchodem plynů nebo po rychlé kompresi tyto obtíže vymizí. Příznaky hypoxie lze od symptomů DN snadno odlišit, když vymizí po inhalaci kyslíku. Nevolnost se zvracením jako průvodní jev kintózy nelze snadno odlišit od příznaků DN. Ztráta orientace může vyvolat panickou reakci. Zde je nutno znát vztahy

mezi letovými podmínkami a symptomy. Akcelerační atelektázy v plicích při manévrech s dosahovanými vysokými hodnotami přetlaku způsobují nerovnováhu mezi ventilací a perfúzí, zejména v bazálních oblastech plic, kde dojde k resorpci kyslíku a vzniku atelektáz. Klinicky se tento stav projevuje záchvaty kašle, který opět imituje plicní příznaky DN. Nervová forma DN je charakterizována celkovou slabostí, bolestmi hlavy, klonickými křečemi, skotomy, různými formami afázie, hypertermií apod. V mnoha případech jde o smíšené formy DN, kde jsou přítomny různé symptomy.

Po kompresi lehké projevy DN, jako bolesti kloubů, zpravidla vymizí a postižení se cítí dobře. Po určité době však může nastat zhoršení zdravotního stavu a v těžkých případech může dojít i k rozvoji kómatu (24). Ruští autoři upozorňují na významný vliv cirkadiálních rytmů (26) (sezónních a denních rytmů fyziologických funkcí) na vznik DN.

Prevence a terapie

V letecké medicíně se věnuje prevenci DN velká pozornost. Mezi základní způsoby prevence patří preoxygenace před výškovým letem, tj. inhalace kyslíku 1-2 hodiny před letem (9, 33). Pro úplnou desaturaci organismu by však bylo zapotřebí 48 hodin nepřetržité inhalace kyslíku (5). Dalším prostředkem prevence DN je nošení výškového obleku (leteckého skafandru) a přetlakové dýchání, které chrání letce jak proti hypobarii, tak i proti hypoxii.

Těžké formy DN se u pilotů a osob vyšetřovaných v podtlakové komoře vyskytují zřídka, protože se před letem provádí denitrogenace dýcháním kyslíku a při prvních příznacích DN lze provést návrat do normálního atmosférického tlaku. U pilotů letících ve velké výšce to není vždy možné, proto se mohou příznaky DN při pokračování letu zhoršovat. U potápěčů, zejména u havarijní dekompresi, není těžká forma DN vzácností.

Léčení DN

Hyperbarická oxygenoterapie (dále HO) je kauzální léčebnou metodou všech forem dekompresní nemoci. Tato metoda byla zavedena při léčení DN u potápěčů vojenského námořnictva USA v 30. letech a u vojenského letectva v 60. letech. Většina osob stížených DN byla vyléčena bez následků, ale v některých případech zůstala rezidua. Předpokládá se, že příčinou těchto stavů byla tuková embolie, porucha elektrolytové rovnováhy nebo angiospasmus (15, 18). Později došlo k úpravě této léčebné metody v tom smyslu, že komprese do 0,6 MPa se používá pouze u vzduchové embolie a ostatní projevy DN se léčí HO při tlaku 0,28-0,3 MPa (11, 17).

Při kompresi postiženého potápěče nebo pilota na tlak vyšší, než je normální atmosférický tlak, dojde okamžitě ke zmenšení objemu bublinek ve smyslu Boyleova zákona. Difúze inertních plynů z embolů, zejména dusíku, se urychlí, inhaluje-li se směs plynů, která obsahuje vyšší koncentraci kyslíku a nízkou koncentraci inertního plynu. Nejvhodnější je v tomto smyslu inhalace čistého kyslíku.

Na význam okamžité léčebné komprese v přetlakové komoře po stanovení diagnózy DN poukázal již Behnke a spol. (1939) a později Rivera (1964) prokázal význam opakovaných expozic tlaku, pokud symptomy po první expozici tlaku nevymizí. HO se má uskutečnit co nejdříve po stanovení diagnózy DN. Tím se částečně zabrání agregaci trombocytů a aktivaci koagulační kaskády na rozhraní krev - embolus. Při reziduálních potížích po první uskutečněné HO nutno v léčbě pokračovat až do vymizení všech příznaků DN (17, 35). Zkušenosti ukazují (16, 17, 21, 28), že HO je úspěšná i po 24 hodinách po stanovení diagnózy DN. 84% úspěch HO zjistil Kizer (1982) u skupiny 24 potápěčů. Rudge (1991) uvádí téměř 100% úspěch HO, jestliže se s touto léčbou začne do 10 hodin po stanovení diagnózy. Byla-li diagnóza DN stanovena po více než 18 hodinách, jedna expozice HO zpravidla nepřinesla efekt. Z 233 případů DN bylo 201 (86,3 %) úspěšně vyléčeno po první HO. Opakování bylo nutné u 32 případů. Po HO byli všichni bez symptomů, pouze u 6 byla rezidua. Ze skupiny 201 osob, u nichž příznaky DN vymizely po první expozici tlaku, se některé symptomy (u 16 osob) znovu objevily. Z této skupiny bylo 15 % žen a 5 % mužů.

Na všechny případy DN, jak u potápěčů, tak i u pilotů nebo osob vyšetřovaných v podtlakové komoře, je nutno aplikovat HO co nejdříve po stanovení diagnózy DN. Čím je doba mezi objevem symptomů DN a počátkem léčby hyperbarickým kyslíkem delší, tím je větší pravděpodobnost komplikací. Léčení DN pomocí HO trvá, podle stavu pacienta, při tlaku 0,28-0,3 MPa 3-14 hodin, a má se opakovat až do vymizení všech příznaků DN.

Přetrvávají-li symptomy DN u pilota i po přistání, doporučuje se tento postup (11, 27, 28): Postižený musí okamžitě inhalovat čistý kyslík, a je-li v místě přetlakové komory, pak je nutná HO. Není-li, pak postižený musí být transportován do nejbližší přetlakové komory za neustálé inhalace kyslíku. Má-li pilot po přistání pouze bolesti, pak po inhalaci kyslíku zpravidla vymizí. Jde-li však o příznaky neurologické, respirační nebo neurocirkulační kolaps, jsou transport do přetlakové komory a HO naprosto nezbytné.

Všichni piloti, u nichž byla prokázána DN a symptomy po přistání vymizely, musí inhalovat čistý kyslík nejméně 2 hodiny a jeden týden nesmějí létat. Byly-li prokázány příznaky neurologické, plicní nebo neurocirkulační kolaps, musí se pilot podrobit opakované HO a nesmí létat 30 dnů (4, 35, 37).

Souhrn

Autor zpracoval přehled výskytu dekompresní nemoci u pilotů za letu a v průběhu vyšetřování v podtlakové komoře a u potápěčů na základě zkušeností U. S. Air Force a U. S. Navy publikovaných v odborném písemnictví a léčení těchto stavů pomocí hyperbarické oxygenoterapie.

Literatura

1. ARTHUR, D. C. - MARGULIES, R. A.: The pathophysiology, presentation and triage of altitude-related decompression sickness associated with hypobaric chamber operation. *Aviat. Space Environ. Med.*, 53, 1982, č. 5, s. 489-494.
2. BALLDIN, U. I.: Venous gas bubbles while flying with cabin

- altitudes of airliners or general aviation aircraft 3 hours after diving. *Aviat. Space Environ. Med.*, 51, 1980, č. 7, s. 694-652.
3. BASON, R. - PHEENY, H. - DULLY, F. E. Jr.: Incidence of decompression sickness in navy low pressure chambers. *Aviat. Space Environ. Med.*, 47, 1976, č. 9, s. 995-997.
4. BASON, R. - YACAVONE, D. - BELLENKES, A. H.: Decompression sickness: USN operational experience 1969-1989. *Aviat. Space Environ. Med.*, 62, 1991, č. 10, s. 994-996.
5. BEHNKE, A. R. - YARBROUGH, O. D.: Respiratory resistance, oil-water solubility and mental effects of argon, compared with helium and nitrogen. *Amer. J. Physiol.*, 126, 1939, s. 409.
6. BOYLE, J.: Theoretical trans-respiratory pressures during rapid decompression. *Aerospace Med.*, 1973, s. 153-162.
7. BUTTLER, B. D. - HILLS, B. A.: The lung as a filter for microbubbles. *J. Appl. Physiol.*, 47, 1979, s. 537-543.
8. BUTTLER, B. D. et al.: Doppler detection of decompression bubbles with computer assisted digitization of ultrasonic signals. *Aviat. Space Environ. Med.*, 62, 1991, č. 10, s. 997-1004.
9. ČAPEK, D.: Fysiologie letce. Vojenskozdravotnická knihovna, sv. 2. Praha, Naše vojsko 1953. 379 s.
10. DAVIS, J. C. et al.: Altitude decompression sickness: hyperbaric therapy results in 145 cases. *Aviat. Space Environ. Med.*, 48, 1977, č. 8, s. 722-730.
11. DEAN, R. B.: The formation of bubbles. *J. Appl. Physiol.*, 15, 1944, č. 4, s. 446-451.
12. DURANT, T. M. - LONG, J. M. - OPPENHEIMER, M. J.: Pulmonary (venous) air embolism. *Amer. Heart J.*, 33, 1947, s. 269-281.
13. DURANT, D. M. et al.: Arterial air embolism. *Amer. Heart J.*, 38, 1949, s. 481-500.
14. EVANS, A. - WALDER, D.: Significance of gas micronuclei in the etiology of decompression sickness. *Nature*, 222, 1949, č. 519, s. 251-252.
15. GENIN, A. M.: K etiologii i patogenezu dekompressionnogo zaboljaniya. *Voj. med. Ž.*, 1948, č. 8, s. 48-51.
16. GOODMAN, M. W.: Decompression sickness treated with compression to 2-6 atmospheres absolute. *Aerospace Med.*, 35, 1964, č. 12, s. 1204-1211.
17. GREEN, R. D. - LEITCH, D. R.: Twenty years of treating decompression sickness. *Aviat. Space Environ. Med.*, 58, 1987, č. 4, s. 362-366.
18. HARVEY, E. N.: Physical factors in bubble formation. In: *Decompression Sickness*. FULTON, J. F., Ed. Philadelphia, W. B. Saunders 1951, 108 s.
19. HENDERSON, I.: Effect of altitude on aviators. *Aviation*, 2, 1917, s. 145-147.
20. HEINEMAN, H. O. - FISHMAN, A. P.: Nonrespiratory functions of the mammalian lung. *Physiol. Rev.*, 49, 1969, s. 1-17.
21. KIZER, K. W.: Delayed treatment of dysbarism. A retrospective review of 50 cases. *JAMA*, 247, 1982, č. 18, s. 2555-2559.
22. KOLOUCH, J.: Zdravotní obtíže za letu (nástin kauzální analýzy). [Závěrečná zpráva]. Praha, ÚLZ 1988. 88 s.
23. MALKIN, V. B.: Barometrické davylenije, gazovyy sostav. In: *Osnovy kosmičeskoj biologii i mediciny*. II. Moskva, Nauka 1975, s. 11-73.
24. NEUBAUER, J. C. - DIXON, J. P. - HERNDON, C. M.: Fatal pulmonary decompression sickness: a case report. *Aviat. Space Environ. Med.*, 59, 1988, č. 12, s. 1181-1184.
25. NIKOLAJEV, V. P.: Obrazovanie gazovych puzyrkov v peryščenyh rastvorach i v živom organizme pri dekompressii. *Kosm. Biol. Med.*, 1969, č. 5, s. 55-57.
26. POGORELOV, I. A. et al.: Bioritmologičeskije aspekty zaboljajemosti dekompressionnoj boleznju. *Voj. med. Ž.*, 172, 1991, č. 9, s. 57-59.
27. RAYMAN, R. B. - McNAUGHTON, G. B.: Decompression sickness: USAF experience 1970-1980. *Aviat. Space Environ. Med.*, 54, 1983, č. 3, s. 258-260.
28. RUDGE, F. W. - SHAFER, M. R.: The effect of delay on treatment outcome in altitude-induced decompression sickness. *Aviat. Space Environ. Med.*, 62, 1991, č. 7, s. 687-690.
29. RIVERA, J. C.: Decompression sickness among divers: An analysis of 935 cases. *Military Med.*, 1964, č. 4, s. 314-334.
30. RUSH, W. L. - WIRJOSEMITO, S. A.: The risk of developing decompression sickness during air travel following altitude chamber flight. *Aviat. Space Environ. Med.*, 61, 1990, č. 11, s. 1028-1031.
31. SHEFFIELD, P. J.: Flying after diving guidelines: A review. *Aviat. Space Environ. Med.*, 61, 1990, č. 12, s. 1130-1138.

32. SPENCER, M. P. - OYAMA, Y.: Pulmonary capacity for dissipation of venous gas emboli. *Aerospace Med.*, 42, 1971, č. 8, s. 822-827.
33. ŠULC, J.: *Letecká fyziologie*. Praha, Naše vojsko 1980. 284 s.
34. U.S. Navy Diving Manual, Navy Department, Washington, D.C. 20350 Department of the Navy, NAVSHIPS 0994-001-9010, March 1970. 687 s.
35. WEIEN, R. W. - BAUMGARTNER, N.: Altitude decompression sickness: Hyperbaric therapy results in 528 cases. *Aviat. Space Environ. Med.*, 61, 1990, č. 9, s. 833-836.
36. WELSH, F. - MATOS, L. - TREVILLE T. P. de: Medical hyperbaric oxygen therapy: 22 cases. *Aviat. Space Environ. Med.*, 51, 1980, č. 5, s. 611-614.
37. WIRJOSEMITO, S. A. - TOUHEY, J. E. - WORKMAN, W. T.: Type II altitude decompression sickness (DCS): U.S. Air Force experience with 133 cases. *Aviat. Space Environ. Med.*, 60, 1989, č. 3, s. 256-262.
38. YOUNT, D. E. - LALLY, D. A.: On the use of oxygen to facilitate decompression. *Aviat. Space Environ. Med.*, 51, 1980, č. 6, s. 544-550.

Klíčová slova: Dekompresní nemoc; Hyperbarická oxygenoterapie.