

613.71[797]:616-001.11

BAROTRAUMA — ČASTÉ PORANĚNÍ U SPORTOVNÍCH POTÁPĚČŮ

MUDr. J. NOVÁK, MUDr. J. ROUS, CSc.

Ústav tělovýchovného lékařství lékařské fakulty University Karlovy v Plzni

(přednosta doc. MUDr. Z. HORNOF, CSc.)

Otolaryngologická klinika lékařské fakulty University Karlovy v Plzni

(přednosta prof. MUDr. F. KOTYZA, DrSc.)

Termínem barotrauma rozumíme poškození způsobené mechanickým účinkem tlaku a jeho změnami. Schopnost organismu vyrovnávat tlakové rozdíly při potápění a při vynořování je podmíněna správnou barofunkcí. Je-li tato barofunkce nějakým způsobem postižena, dochází k vzniku barotraumat různé lokalizace.

Pro porozumění fyzikálních a fyziologických dějů při pobytu člověka pod vodou je důležitá znalost Boyleova-Mariottova zákona, podle něhož se při nezměněné teplotě mění tlak plynu nepřímo úměrně jeho objemu. Jinými slovy to znamená, že se objem určitého plynu zmenší na polovinu, když se jeho tlak zdvojnásobí. Matematické vyjádření tohoto vztahu je dáno poměrem $p_1 : p_2 = v_1 : v_2$, kde p_1 značí původní tlak (kp/cm²), p_2 hodnotu změněného tlaku, v_1 původní objem (cm³) a v_2 hodnotu změněného objemu.

Ponoříme-li proto do vody nějakou nádobu s pevnými stěnami a otevřenou směrem ke dnu, např. potápěčský zvon, zmenší se objem vzduchu v ní uzavřeného tolikrát, kolikrát se zvýší tlak v okolí. V hloubce 10 m, kde hodnota tlaku odpovídá 2 atm, se sníží původní objem vzduchu na polovinu. Přitom je zde vzduch pouze stlačen, ale jeho hmota se neztrácí. Při vytažení zvonu na hladinu vyplní opět celý původní prostor. Podtlak vznikající ponořením nádoby uvedených vlastností do vody můžeme vyrovnat kompenzací vzniklého objemového deficitu. Při sestupu do hloubky 10 m musíme dodat celou polovinu původního objemu, v hloubce 20 m $\frac{2}{3}$ původního objemu atd., o něž se zvýšením okolního tlaku zmenšil. Za normálního stavu však tento objem na hladině představuje v prvním případě 200 % a ve druhém případě 300 % své původní hodnoty [19].

Barotrauma vedlejších dutin nosních

Barotrauma vedlejších dutin nosních jsou u sportovních potápěčů poměrně častá. Postihují všechny jejich skupiny, zejména však dutiny čelní a čelistní, zatímco sklípky čichové a dutiny kosti klínové jsou zasaženy jen vzácně.

K fyziologickému vyrovnání tlaku mezi těmito dutinami a okolím dochází skrze jejich vyústění do dutiny nosní v průběhu respirace.

Příčinou uzávěru těchto komunikací jsou nejčastěji zánětlivá onemocnění nosní sliznice, jejich blokádu však může způsobit i pohyblivá slizniční řasa, která již při malém podtlaku uzavírá ústí příslušné dutiny a izoluje ji tak od dutiny nosní. Při relativním podtlaku 25 torrů dochází v postižené dutině k edematóznímu prosáknutí sliznice s tvorbou transsudátu. Tlakový rozdíl 300 až 500 torrů má již za následek krvácení do sliznice. Další zvýšení podtlaku je sledováno tvorbou trhlin ve sliznici, někdy i odtržením celých slizničních cárů a po vynoření pak vytéká z nosu a nosohltanu sangvinolentní tekutina.

Postižení čelní dutiny je provázeno bodavou bolestí v krajině nadočnicových oblouků a místní palpační citlivostí. Vzhledem k běžné anatomické asymetrii čelních dutin a variabilitě v délce a průběhu nazofrontálního ductu může dojít jen k postižení jedné čelní dutiny s výskytem jednostranných obtíží.

Léze čelistních dutin je charakterizována prudkou šubavou bolestí v postižené krajině, vystřelující do horních zubů, orbity, čelní krajiny a uší.

Je-li postižena přední skupina čichových sklípků, šíří se bolest do orbity, očních víček a čelní oblasti, takže je zde možná záměna s barotraumatem frontálního sinu.

Při zasažení zadního úseku čichového labyrintu a dutiny klínové kosti je bolest pocítována především v záhlaví [9, 11].

Za normálních okolností umožňuje fyziologická průchodnost vyústění vedlejších dutin nosních jejich tlakové vyrovnání s okolním prostředím. Volní ovlivnění jejich průsvitu však není možné. Proto, objeví-li se při potápění uvedené obtíže, je nutné další sestup přerušit. Pokud bolesti v průběhu jednoho dne neustoupí, je vážné podezření na zánětlivé postižení příslušné dutiny. V takovéhoto případech je bezpodmínečně nutné odborné vyšetření a adekvátní léčení, neboť jinak hrozí nebezpečí chronických obtíží. Akutní zánětlivé afekce horních cest dýchacích jsou absolutní kontraindikací potápění a každý sportovní potápěč by měl mít tolik sebekázně, aby za těchto stavů dočasně od aktivního potápění upustil [33]. Schwaar [32] doporučuje před každým ponořením použití nosních kapek s vazokonstrikčním účinkem.

Barotrauma středoušní dutiny

Středoušní dutina, uzavřená v kosti spánkové, souvisí Eustachovou trubicí s nosohltanem. Od zevního zvukovodu je oddělena bubínkem, který při běžném atmosférickém tlaku není vystaven prakticky žádné zátěži. Vyústění sluchové trubice do nosohltanu je poměrně úzké a v klidu je uzavřeno působením pelotového ventilového mechanismu okolních elastických tkání. Při ponoření do hloubky se v závislosti na okolním tlaku vody zvyšuje i tlak v nosohltanu. Při průchodné sluchové trubicí vzrůstá současně do určité míry i tlak v středouší, při uzavěru tubárního ústí však nedochází k tlakovému vyrovnání s nosohltanem, takže v dutině bubínkové vzniká vzhledem k okolnímu tlaku relativní podtlak. Působením zevního přetlaku dochází k vpáčení bubínku směrem do dutiny středoušní, jejíž objem se může podle elasticity bubínku zmenšit o $\frac{1}{30}$ až $\frac{1}{10}$ původní své hodnoty. *Také tato okolnost přispívá při menších tlakových diferencích k úpravě tlakových poměrů* [8, 13].

Malý relativní přetlak v bubínkové dutině, k němuž dochází při vynořování, vede k pasivnímu otevření tuby a k tlakovému vyrovnání, relativní přetlak v nosohltanu však napomáhá uzavěru faryngeálního ústí tuby kompresí měkkých tkání v jeho okolí. Pelotový ventilový mechanismus tohoto ústí může být při malých hodnotách podtlaku ve středouší ještě překonán aktivním úsilím ve formě pohybů dolní čelisti, polykání a Valsalvova pokusu. Těmito manévry se musí podařit otevření sluchové trubice a vyrovnání tlaků na obou stranách. Často se stává, že potápeč uváže v hloubce 5–12 m, protože nemůže dosáhnout vyrovnání tlakových poměrů. Tito jedinci se pokoušejí o vyrovnání tlaku opožděně, až po přechodu tlaku v uších v bolestivý pocit [13]. V těchto případech je relativní přetlak v nosohltanu již tak velký, že kompresi anatomických formací tvořících ústí sluchové trubice nelze žádným způsobem překonat. Rüedi [30] uvádí, že při negativním tlaku 80 až 90 torrů ve středouší nemohou již m. levator a tensor veli palatini, jež za normálních poměrů otevírají sluchovou trubicí, překonat komprimující působení atmosférického přetlaku. Doporučuje se tedy provádět manévry k vyrovnání tlakových poměrů ještě před nástupem pocitu bolesti, tedy již těsně pod hladinou.

Při procházení, rýmě a zánětech nosohltanu jsou pokusy o vyrovnání tlaku buď neúspěšné nebo velmi obtížné. Za těchto okolností představuje vlastně uzavěr sluchové trubice přirozenou ochranu před postupem infekce tubární cestou do středouší.

Při potápění vzrůstá tlak způsobený vahou vody velmi výrazně. Na každých 10 m hloubky se zvyšuje původní hodnota tlaku při hladině o další atm, takže v hloubce 10 m odpovídá výsledný tlak hodnotě 2 atm, v hloubce 20 m 3 atm atd. Při potápění s dýchacím přístrojem

je tlak vdechovaného vzduchu přizpůsoben tlaku okolí pomocí regulátoru na bombě se stlačeným vzduchem.

Při úplném uzavěru sluchové trubice vystupují již v hloubce 1–2 m bolesti v uších a v hloubce 3 m (900 torrů) pak již může dojít k perforaci bubínku. Podle Wagemanna [37, 38, 39] dochází k ruptuře bubínku při tlakových rozdílech odpovídajících hloubce 7 až 20 m. Riecker [26] pokusně prokázal, že bubínek tlaku působícímu ze zevnějška klade větší odpor než tlaku působícímu v opačném směru. Minimální přetlak vedoucí k ruptuře zdravého bubínku odpovídá 532 torrů. Při relativním podtlaku v bubínkové dutině mají stejný účinek již daleko nižší hodnoty tlakových rozdílů mezi středním uchem a zevním prostředím [10]. Jizevnatě a atroficky změněný bubínek se trhá již při nižším tlakovém zatížení. Keller [16] tvrdí, že rychlost tlakového výstupu nemá žádný vliv na projevy rezistence bubínku. Avšak podle Wagemanna [38] je vznik perforace závislý nejen na stupni tlakového rozdílu, ale i na rychlosti jeho změny, protože odolnost bubínku se prý může zvýšit jeho prosáknutím. U mnohých zkušených potápečů je signifikantní atrofie zadního horního kvadrantu bubínku s abnormální pohyblivostí tohoto úseku [36].

Vznik perforace je sledován kalorickou iritací labyrintu vniklou vodou, při níž je potápeč postižen náhlou rotační závratí a ztrátou orientace pod vodou. Postižený pak nekoordinovanými pohyby hledá nějakou pevnou oporu. V každém případě má okamžitě prstem ucpat zvukovod a pokusit se o bezprostřední výstup na hladinu. Vzhledem k ohrožené orientační schopnosti se doporučuje sledovat při výstupu směr uvolňovaných vzduchových bublin nebo vodou prosvítající denní světlo. Duševní příprava na podobné stavy je během výcviku mimořádně důležitá, neboť tato příhoda se může stát potápeči osudnou, upadne-li v paniku. Je samozřejmé, že opětě potápění je možné až po zhojení této traumatické perforace bubínku, které může trvat i více týdnů podle její velikosti, lokalizace a případné sekundární infekce [14, 35, 36, 39].

Podle závažnosti klinických projevů a objektivního otoskopického nálezu dělí Seemannova a Teedova klasifikace barotrauma středního ucha na 5 stadií [34]. Podtlak v dutině bubínkové vede v prvním stadiu k vpáčení bubínku a k netypickému nastříknutí manubria. Ve 2. stadiu jde již o charakteristický nálezy ve formě překrvení Schrapnellovy membrány. Třetí stadium je sledováno difúzní hyperémií celého bubínku a někdy i přítomností drobných puchýřků se serózním obsahem pod jeho zevním povrchem. Toto stadium je již provázeno výraznými bodavými bolestmi v uších, které jsou varovnou známkou a kontraindikací dalšího sestupu. Ve 4. stadiu nalézáme výrazné difúzní zarudnutí celého bubínku s přítomností he-

morrhagických puchýřků na jeho zevním povrchu. V 5. stadiu dochází k ruptuře bubínku, která je většinou štěrbínovitá a lokalizovaná v zadním dolním kvadrantu.

Jednotlivá stadia barotraumat jsou charakterizována vedle otoskopického nálezu i typickými změnami v bubínkové dutině (lehké nastříknutí sliznice, výrazná hyperémie sliznice, její edematózní prosáknutí, serózní transsudace, krvácení) (2, 26) a průvodními subjektivními stesky (pocit tupého tlaku, stupňující se bodavá bolest, šumění v uších, nedoslýchavost, ústup bolesti po perforaci bubínku). Serózní transsudát a hemotympanon snižují v dutině bubínkové negativní tlak a do jisté míry tak kompenzují existující tlakovou diferenci.

Způsobilost k potápění je dána funkční zdatností sluchové trubice, jejíž průchodnost je hodnocena následujícím pořadím funkčních zkoušek: 1. pohyby dolní čelisti, 2. polykání, 3. Toynbeeův pokus, 4. Valsalvův pokus, 5. Politzerova sprcha dözovaným tlakem, 6. katetrizace tuby. Uvedený sled testů odpovídá také Wagemannově stupnici obtížnosti pro dosažení tubární průchodnosti (39) a v praxi nahrazuje Zöllnerovo manometrické vyšetření (40).

Jedinci, u nichž je dosaženo pozitivní tubární ventilace až Valsalvovým pokusem, nejsou příliš vhodní k provozování tohoto sportu. Pro toto sportovní odvětví jsou preferováni zájemci s velmi dobrou tubární funkcí, při níž se sluchová trubice otevírá již při polykání. Každý uchazeč by měl být proto předběžně vyšetřen otolaryngologem, přičemž je velmi důležité pečlivě hodnocení tubárního ventilačního mechanismu běžnými klinickými testy, manometrickou metodou a v pochybných případech i vyšetřením v přetlakové komoře. Akutní a chronické zánětlivé afekce horních cest dýchacích a polykacích a středního ucha vylučují provozování sportovního potápění. Alergózy nosu a vedlejších nosních dutin a tubární stenózy mohou být podle okolností buď absolutní nebo podmíněnou kontraindikací. U zájemců s manifestními chorobnými projevy interního rázu rozhodují o tomto sportu příslušní odborníci při použití zásady přísné individualizace. Při posuzování schopnosti k potápění z ORL hlediska vychází Dubs (6, 7) z těchto kritérií:

1. Pro sportovní potápění je schopen jedinec s oboustranně průchodnými trubicemi sluchovými, s oboustranně intaktními bubínky a s fyziologickými poměry v nosních a paranasálních dutinách.
2. Pro sportovní potápění je podmíněně schopen jedinec s atrofickými jizvami na bubínku a s alergickými nosními projevy lehkého stupně při zachované tubární průchodnosti. V pochybných případech rozhodne výsledek praktického potápěčského pokusu.
3. Pro sportovní potápění je přechodně neschopen jedinec s akutním katarálním zá-

nětem horních cest dýchacích, akutním zánětem středoušním a akutním zánětem vedlejších dutin nosních.

4. Pro sportovní potápění je zcela neschopen jedinec s chronickým středoušním zánětem, strikturou nebo uzávěrem sluchové trubice, výraznou alergózou nosní sliznice, nosními polypy a chronickou sinusitidou.

V řadě různých zemí praktikovaná řadová vyšetření sportovních potápěčů upozornila zejména v poslední době na častější výskyt sluchových poruch. Ve většině případů jsou postiženy vyšší tónové frekvence, ležící mimo řečovou oblast, takže si toho zúčastněný jedinec často ani nepovšimne (21, 22, 28). Japonští autoři prokázali u 40 % vyšetřených lovců perel existenci kombinované poruchy sluchové. Sluchová ztráta zde byla tím výraznější, čím déle a hlouběji se tito jedinci potápěli (20). Neumann (24) a Seemann (33) při audiometrickém vyšetření sportovních potápěčů s dvouletou až čtyřletou praxí nezjistili žádné výraznější poškození sluchové funkce. Lehnhardt (20) zaznamenal u potápěčů z povolání ztrátu v horní frekvenční oblasti až ve výši 40 dB. Při uvážení věkového faktoru však zjištěné ztráty převyšují jen nepatrně prahové křivky běžné průmyslové populace odpovídajícího věku. Paralelní difference mezi křivkou kostního a vzdušného vedení je pokládána zmíněným autorem za projev opakovaných subklinických ventilačních poruch středouší. Ohraničený pokles ve vysokých tónech pak považuje za patognomický pro opakovaná dekompresní traumata. Podle Boenninghause (3) odpovídají ztráty vzdušného vedení v oblasti většiny frekvencí 20 až 40 dB v závislosti na tíži chorobného stavu. U těžších forem nedoslýchavosti má podle uvedeného autora převahu porucha percepční složky, která je ireverzibilní. Tato trvalá porucha sluchu je známkou barotraumatické léze vnitřního ucha a audiometricky je charakterizována poklesem prahových křivek ve vyšších frekvencích a pozitivním vyrovnáním hlasitosti. Postižení vnitřního ucha je vysvětlováno zvýšeným tlakem, působícím na oválné okénko z podtlaku ve středouší. Vedle této tlakové vlny je léze labyrintu vykládána i kompresí a dekompresí labyrintových cév, jejich možnou embolizací při překotné dekompresi. Bozzi pokládá za příčinu poškození vnitřního ucha přechodné zvýšení tlaku krve a likvoru, způsobené kompresí periferních cév.

Následkem opakovaných barotraumat je postižení převodní složky z poruch ventilačního tubárního mechanismu, způsobené častým zatížením tlakovými rozdíly. Ztráty v kostním vedení lze vykládat také změněnou okénkovou impedancí v důsledku reakce pojivové tkáně při barotraumatickém poškození sliznice středouší. Zvláštní formou barotraumat je tzv. „zmodrání“, které se vyskytuje u potápěčů ve skafandrech a které je vedle sluchových po-

ruh převodního a percepčního typu provázeno i centrální vestibulární symptomatologií se spontánním nystagmem [38].

Barotrauma zevního zvukovodu

Při použití ušních zátek, vatových smotků nebo jiného těsného uzávěru zvukovodu, jakým je např. těsně přiléhající přilba, vzniká při sestupu do hloubky na normální barofunkce středouší podtlak v zevním zvukovodu, který je sledován tvorbou hemorrahgických bul a bolestivým vyklenutím bubínku směrem navenek a posléze i jeho rupturou [1]. Zátka ve zvukovodech nejsou žádnou ochranou pro střední ucho, naopak při normální tubární ventilaci zabráňují tlakovému vyrovnání zevně od bubínku; při tubární obstrukci je pak zátka vlivem zevního přetlaku posunována k bubínku, což může vést až k jeho perforaci vzrůstem tlaku mezi ním a zátkou. Z těchto důvodů je používání uzávěrů zvukovodu při potápění do hloubky zakázáno. Přílby pak mají být konstruovány tak, aby nebránily vyrovnávání tlaku při ponořování [20].

Barotrauma oční krajiny

Na potápěčské masky se musíme dívat jako na útvar s polopevnými stěnami. Jejich vnitřní objem se může zmenšit jen v omezené míře, takže již po ponoření do nevelké hloubky se v nich vytváří podtlak. Pociťuje-li potápěč bolestivý tlak masky na obličej, musí vyrovnat vznikající podtlak v masce tím, že chybějící objem vzduchu do ní vydechne nosem. Není-li možno tímto způsobem podtlak vyrovnat, např. při použití nosní svorky nebo potápěčských brýlí, může dojít ke vzniku spojivkových sufuzí a podkožních hematomů v okolí očí a při větších tlakových diferencích až k poruše zrakového nervu. Potápěčských brýlí je proto možno používat jen u hladiny a při nasazení polomasky je nutné upustit od nosních svorek [33].

Barotrauma kůže

Suché potápěčské obleky mají být před ponořením zbaveny vzduchu. Zůstane-li však v záhybech tohoto obleku malé množství vzduchu, vzniká v nich ve větší hloubce relativní podtlak. V kožních oblastech, na něž tyto záhyby suchého obleku naléhají, dochází již při podtlaku 0,3 atm k rupturám kožních kapilár a vzniku krevních výronů. Tyto pruhovité podkožní hematomy, které vyvolávají při pohmatu bolestivý pocit, jsou jinak neškodné. Vytvoří-li se však při potápění s neoprenovým oblekem, mohou být příznakem dekompresní nemoci [33].

Barotrauma plic

Představa, že pomocí delší dýchací trubice je možno pobývat ve větší hloubce, je nesprávná a nebezpečná. Prostřednictvím takové trubice je udržován v plicích atmosférický tlak, zatímco na povrch hrudníku působí absolutní tlak příslušné hloubky. Při použití příliš dlou-

hé, obvykle vlastnoručně vyrobené dýchací trubice, může dosáhnout rozdíl mezi intrapulmonálním a zevním tlakem takového stupně, že znemožní rozepětí hrudníku. Vzniklý alveolární podtlak je sledován alveolárním edémem, který může vést v krátké době v zadušení. Také přetížení srdečního svalu, vyvolané stagnací krve v pravé komoře, může mít letální následek. Vzhledem k tomu, že příliš dlouhá dýchací trubice zvětšuje mrtvý dýchací prostor natolik, že potápěč nakonec ventiluje jen vlastní vydechovaný vzduch, je zcela opodstatněné omezení maximální délky dýchací trubice na 35 cm.

Barotrauma plic z podtlaku ohrožuje zejména jedince, kteří při rekordních hloubkových pokusech v apnoi užívají jen masky, ploutví a dýchací trubice. V analogii s jinými tělními dutinami vyplněnými vzduchem se i v plicích zmenšuje objem vzduchu v závislosti na velikosti okolního tlaku. Je-li dosaženo hranice stlačitelnosti hrudní stěny a stoupá-li dále zevní tlak, vzniká zde relativní podtlak, který je vlastní příčinou barotraumatu [19]. Vedle alveolárního edému dochází ke zvýšení tlaku v malém oběhu se všemi důsledky cor pulmonale, k nedostatečnému plnění levé komory s klesajícím tepovým objemem ve velkém oběhu a nakonec k bezvědomí z nedostatečného prokrvení mozku. Je zřejmé, že individuální hloubková hranice potápění v apnoi je dána stlačitelností hrudního koše. Teoreticky by se tedy mohl potápěč s vitální kapacitou 6000 ml potopit do hloubky 30 m, protože objem vzduchu v plicích se zde vlivem okolního tlaku zmenší na 1500 ml, což ještě převyšuje reziduální plicní objem. Takových hloubek v apnoi však mohou dosáhnout jen zkušební a trénovaní potápěči. Pokusy o dosažení rekordních hloubek při potápění v apnoi jsou mimořádně rizikové a z lékařského hlediska je nutno je odmítnout [25, 29].

Jiným patogenetickým mechanismem vedoucím k barotraumatu plic je plicní přetlak, k němuž může dojít při překotném výstupu na hladinu. Tento stav vzniká tehdy, když po vdechování stlačeného vzduchu se potápěč vynořuje se zadrženým dechem nebo uzavřenou glotis při křeči hlasivek. K těmto situacím dochází při výcviku začátečníků po odložení dýchacího přístroje na dně nebo při nouzovém výstupu. Křečovitě zadržení dechu v těchto případech je reaktivním projevem strachu a paniky. Snížením zevního tlaku během výstupu se současně rozpíná stlačený vzduch v plicích. Při výstupu z větší hloubky při zadrženém dechu se zvyšuje objem vzduchu v plicích až po hranici jejich elasticity. Přetlak ve výši 40 torrů může vést k těžkým oběhovým poruchám, vyvolaným kompresí srdce a velkých cév. Při přetlaku 80 torrů se již začínají trhat plicní sklípky a vzduch z nich vystupuje mimo plicní tkáň [15]. Při postižení alveolů na povrchu plic vniká vzduch do interpleurálního prostoru a

vzniklý pneumotorax zrušením negativního tlaku blokuje funkci příslušných částí plic. Mediastinální emfyzém pak vzniká proniknutím vzduchových bublin do mediastinu. Bublíny v plicní tkáni způsobující intersticiální emfyzém mohou pak postupovat kraniálně a komprimovat cévní a nervové kmeny v horní polovině hrudníku (27). Daleko nejčastěji však dochází při plicním přetlaku k pronikání vzduchu do plicních kapilár, což nakonec vede k vzduchové embolii. Nahromaděním určitého množství vzduchu v srdečních dutinách, stejně jako embolizace věnčitých tepen, mohou vést k srdečnímu selhání. Neurologická symptomatologie, podmíněná embolizací mozkových tepének, je dána lokalizací jejich postižení a projevuje se vedle typických příznaků funkčními poruchami smyslových analyzátorů, křečemi, obrnami a ztrátou vědomí. Při postižení plic se objevují bodavé bolesti na hrudi, záchvaty kašle s krvavou expektorací a cyanóza rtů a kůže z hypoxémie. Pocit nevolnosti, parestázie v končetinách a ztráta vědomí krátce po dosažení hladiny jsou vždy varovným příznakem (5, 12). Postižený potápěč má být v rámci první pomoci uložen hlavou šikmo dolů, aby vzduchové bubliny nemohly vystupovat směrem k mozku. Při ztrátě vědomí se zástavou dechu je nutno okamžitě přikročit k umělému dýchání. Kausálním opatřením a nutným předpokladem úspěchu léčebného zásahu v těchto případech je okamžitá rekomprese v přetlakové komoře.

Zvláštní pozornost při prevenci plicního přetlaku je nutno věnovat osobám se stenózami různé etiologie v dolních cestách dýchacích. Při rychlém snižování tlaku nemůže vzduch dostatečně rychle unikat z dýchacích cest a k poškození plic může dojít i při dodržení všech bezpečnostních zásad. Takový vliv může mít kalcifikovaná uzlina, která vlivem ventilového mechanismu ztěžuje a zpomaluje při výstupu vyrovnávání tlaku (8).

Prevenci plicního barotraumatu je především důkladné teoretické a praktické vzdělání každého potápěče. Jen za těchto okolností můžeme předpokládat, že různé obtížné situace a stresové příhody budou řešeny rozvážně, bez příznaků paniky a že potápěč i při nouzovém výstupu nechá rozpínající se vzduch volně unikat z plic pootevřenými ústy. Dyspnoické pocity z případného nedostatku kyslíku nepřicházejí totiž vůbec v úvahu, protože alveolární parciální tlak kyslíku se v hloubce úměrně zvyšuje a i přes plynulý unikání vzduchu z plic je zde dostatečná kyslíková rezerva. Výstup z hloubky 30–40 m je proto možný i po odložení dýchacího přístroje bez jakýchkoli komplikací, pokud je tento postup dokonale nacvičen.

Barotrauma břišní dutiny

Vzduchová bublina v žaludku a střevní plyny podléhají při potápění stejným objemovým a tlakovým změnám jako všechny plyny podle

Boyleova-Mariottova zákona. Na základě značné elasticity stěn, v nichž jsou tyto plyny uzavřeny, dochází jen zřídka k obtížím. Může se však stát, že při rozpínání plynů v zažívacím traktu během výstupu na hladinu má potápěč pocit plnosti v břiše.

Po požití nadýmajících jídel mohou vzniknout zvláště při vynoření z hloubek nad 30 m i kolikové bolesti. K ulehčení dojde okamžitě po návratu do větší hloubky s následným zcela pozvolným výstupem při natažených dolních končetinách.

Následky podtlaku v potápěčské přilbě

Podtlak v potápěčské přilbě u tzv. těžkých potápěčů ve skafandrech vzniká tehdy, spadne-li potápěč náhle do větší hloubky a poškodí-li se mu přívodná hadice nebo její ventil. Tlak vzduchu v přilbě se pak nemůže dostatečně rychle vyrovnat okolnímu tlaku vody. Při větších tlakových rozdílech (nad 0,5 atm) vznikají sacím účinkem podtlaku vážná poranění ve formě podkožních krevních výronů v oblasti hlavy, krku a horní poloviny hrudníku ve spojení s podslizničními sufuzemi v hltanu a hrtanu. Uvedené projevy jsou obrazem tzv. „zmodráni“, vzácného barotraumatického syndromu, o němž jsme se zmínili již výše v souvislosti se sluchovými a vestibulárními poruchami při barotraumatu středního ucha.

Zubní projevy barotraumatu

Kariézní zuby mohou obsahovat vzduchem vyplněné patologické dutinky, které jsou obvykle prostřednictvím kapilární šterbiny ve spojení s okolní atmosférou. Vyrovnání tlaku těmito šterbinami při potápění je značně zpomaleno, takže vzniklý podtlak může vyvolat prudké bolesti v postižených zubech. Přetlak kolem 1 atm může i vytlačit některé plomby a korunky. Přítomnost bolestí zubů na pohled zdravých je vždy doporučením k odbornému ošetření.

Závěr

Sportovní potápění patří k nejkrásnějším sportovním odvětvím, je však spojeno s četnými úskalími a riziky. Proto znalost všech nástrah, s nimiž se potápěč za pobytu pod vodou může setkat, je nutnou podmínkou prevence vážných potápěčských příhod, z nichž barotrauma patří k nejzávažnějším.

Barotrauma vedlejších nosních dutin se projevuje typickou symptomatologií a nejčastěji postihuje čelní a čelistní dutiny. Postižení středního ucha barotraumatem je vůbec nejčastější a je dáno typickým objektivním nálezem a charakteristickými funkčními poruchami. Při barotraumatu plic se uplatňuje patogeneticky buď plicní přetlak nebo podtlak, jejichž následky mohou být velmi nebezpečné až fatální. Ve srovnání s barotraumaty výše uvedených

lokalizací jsou barotraumatata dutiny břišní méně závažná.

Swazarmovští sportovci mají v blízké budoucnosti podléhat povinné preventivně léčebné péči příslušných oddělení tělovýchovného lékařství. Je proto nutné, aby každý sportovní lékař byl dokonale obeznámen s technikou a zdravotnickou problematikou jednotlivých sportovních odvětví, z nichž právě sportovní potápění je z lékařského hlediska jedno z nejzajímavějších, ale i nejrizikovějších.

Souhrn

Po uvedení základních fyzikálních a fyziologických předpokladů umožňujících sportovní potápění vysvětlen obsah pojmu barotrauma a popsány jeho klinické projevy v oblasti vedlejších dutin nosních, středního ucha, zevního zvukovodu, plic, dutiny břišní, kůže a krajiny oční. Zdůrazněn přísný výběr zájemců o toto sportovní odvětví především po stránce ORL vyšetření a uvedeny absolutní a podmíněné kontraindikace provozování tohoto sportu. Každý sportovní potápeč má být poučen o riziku tohoto sportovního odvětví a dokonale obeznámen s jeho teoretickou i praktickou problematikou. Jen dokonalá znalost zdrojů nebezpečí ve spojení s uvědomělou kázní potápeče je nejlepší prevencí barotraumatu i jiných závažných potápěčských příhod.

Literatura

- Appaix, A., Grinda, M., Henin, J., Nourrit, P.: Les barotraumatismes cochléaires. *Donnés cliniques. Ann. Otolaryng.*, Paris, 78, 1961, s. 359.
- Aschan, G. K.: Aero-Otitis media and aerosinusitis. *Acta oto-laryng. Stockholm, Suppl.*, 69, 1948, s. 1.
- Boenninghaus, H.-G.: Barotrauma. Aero-Otitis media. In: *Hals-Nasen-Ohrenheilkunde* [herausgegeben von J. Berendes, R. Link, F. Zöllner]. Stuttgart, G. Thieme 1965. Bd. III, Teil 1, s. 851.
- Bühlmann, A.: Der Weg in die Tiefe. *Nautilus 3. Documenta Geigy*, 1961.
- Collins, J. J.: An unusual case of air embolism precipitated by decompression. *New Engl. J. Med.*, 266, 1962, s. 595.
- Dubs, R.: ORL-Probleme beim Tauchsport. *Z. Unfall-med. Berufskrankh.*, 4, 1967, s. 251.
- Dubs, R.: Sporttauglichkeit und ORL Erkrankungen. *Schweiz. Z. Sportmed.*, 16, 1968, s. 69.
- Fields, J. A.: Skin diving. Its physiological and otolaryngological aspects. *Arch. Otolaryng.*, 68, 1958, s. 531.
- Flottes, L., Guillermin, G., Badré, R.: Les barotraumatismes de l'oreille et du sinus dans la plongée sous-marine. *J. franc. oto-rhino-laryng.*, 8, 1959, s. 601.
- Frenzel, H.: Diskussion. *Mschr. Ohrenheilk.*, 84, 1950, s. 271.
- Gierschner, N.: Barotraumen in den Nebenhöhlen. *Delphin*, 1967, s. 376.
- Gierschner, N.: Lungenüberdruck. *Poseidon*, 7, 1967, s. 328.
- Gierschner, N.: Ohrenschmerzen harmlos? *Poseidon*, 5, 1967, s. 28C.
- Gierschner, N.: Werden wir wirklich schwerhörig? *Poseidon*, 5, 1967, s. 232.
- Hartman, H.: Druckfallkrankheit und intravasale Gasblasen. *Intern. Zschr. angew. Physiol.*, 19, 1967, s. 67.
- Keller, jr., A. P.: A study of the relationship of air pressure to myringorupture. *Laryngoscope* (St. Louis), 68, 1958, s. 2015.
- Kessler, L.: Akuter Hörsturz beim Tauchsport. *Med. Sport.*, 9, 1969, s. 223.
- Klaus, J.: Medizinische Probleme des Tauchsports. *Dokumentation sportmed. Literatur*, 2, 1963, 3. Sonderheft.
- Kuchar, H.: Lexikon für junge Taucher. *Poseidon*, 3, 1969, s. 139.
- Lehnhardt, E.: Die Berufsschäden des Ohres. III. Drucklufterkrankungen. *Arch. Ohr., Nas. -u. Kehlk.-Heilk.*, 185, 1965, s. 21.
- Moslener, D. C.: Gehörschädigungen bei Tauchen. *Med. Wschr.*, 15, 1961, s. 294.
- Moslener, D. C.: Erkrankungen durch Arbeiten in Druckluft, Caisson — und Taucherarbeiten. *Berl. Med.*, 14, 1963, s. 27.
- Mungo, A., Sessa, G.: Les modifications radiographiques de sinus chez les travailleurs des caissons. *Ann. Oto-laryng.*, (Paris), 76, 1959, s. 464.
- Neumann, S.: Das klinisch-audiometrische Bild der Taucher-Schwerhörigkeit. *Diss.*, Hamburg 1965.
- Novák, J.: Sportovní potápění. Referátový výběr z tělovýchovného lékařství, 4, 1967, s. 62.
- Riecker, O. E.: Tierexperimentelle Untersuchung über Veränderungen des Ohres nach Luftdruckschwankungen. *Arch. Ohr., Nas. -u. Kehlk.-Heilk.*, 155, 1949, s. 194.
- Rispe, R.: A propos d'une observation de surpression pulmonaire. *Méd. Educ. Phys. Sport.*, 37, 1963, s. 37.
- Rózsahégyi, I., Gomori, B.: Otologische Untersuchungen bei Caissonarbeitern. *Arch. Gewerbepath. Gewerbehyg.*, 18, 1961, s. 384.
- Ruf, G., Chretien, A. D.: Relation chrinique d'un cedème aigu poumon survenu en plongée libre chez un chasseur sous-marine. *Méd. Educ. Phys. Sport.*, 36, 1962, s. 29.
- Rüedi, L.: Berufsschädigungen des Ohres. *Mschr. Ohrenheilk.*, 84, 1950, s. 247.
- Schramm, R.: Sicherheit beim Gerätstauchen. *Lebensretter*, 26, 1961, s. 310.
- Schwaar, R.: Prevention des barotraumatismes des plongeurs. *Schweiz. Z. Sportmed.*, 13, 1965, s. 35.
- Seeman, K.: Prophylaxe und Therapie der Taucherkrankheiten. *Sportarzt Sportmed.*, 8, 1964, s. 242.
- Seeman, K.: Vorschlag zur Klassifizierung von Trommelfellbefunden beim Barotrauma des Mittelohres. *H. N. O. (Berl.)* 12, 1964, s. 227.
- Schechter, D. C.: Aerotitis media. *Arch. Otolaryng.*, 66, 1957, s. 117.
- Siegl, H.: Über das Barotrauma des Ohres bei Tauchern. *Z. Laryng. Rhinol.*, 47, 1968, s. 825.
- Wagemann, W.: Taucherkrankheiten. *H. N. O. (Berl.)*, 9, 1961, s. 185.
- Wagemann, W.: Otorhinologische Erscheinungen bei Luftdruckerkrankungen. *Z. Laryng. Rhinol.*, 41, 1962, s. 777.
- Wagemann, W.: Barotrauma und Taucherkrankheiten. *Z. Laryng. Rhinol.*, 45, 1966, s. 379.
- Zöllner, F.: Widerstandsmessungen an der Ohrtrompete zur Prüfung ihrer Wegsamkeit. *Arch. Ohr., Nas. -u. Kehlk.-Heilk.* 140, 1936, s. 137.

Adresa autora: J. N., Fučíkova 19, Plzeň