Zpět k základům

Dekompresní onemocnění je téměř až mýtickou zdravotní hrozbou neustále číhající v hlubokém podvědomí každého potápěče jako varování, že není nezranitelný a že svou touhu po objevování něčeho nového by měl mírnit uvědomováním si možných následků. Okolní tlak se snižuje při stoupání z hloubek nebo při výstupech do vysokých výšek, tedy vzdalováním se od středu Země. Za určitých okolností to může vyvolat souhru celé řady fyzikálních a fyziologických jevů, které mohou způsobit zdravotní problémy.

Při dekompresi mohou potápěče potkat dvě nehody: dekompresní onemocnění (DCS) a tepenná plynová embolie (AGE). Tyto zdravotní problémy se často spojují v jeden, který se označuje jako dekompresní nemoc (DCI). Jejich společným původem je proces a průběh dekomprese, ale jejich základní příčiny se od sebe značně liší.

AGE (tepenná plynová embolie)

AGE je zdravotní komplikace, která zapřičinila celkem 29 procent smrtelných potápěčských nehod a zřejmě souvisí s nedostatečným dodáváním plynů, což bylo spouštěcím mechanismem asi ve 41 procentech všech nehod při potápění.1 Embolie jsou skutečné nebo potenciální ucpávky krevních cest cizím materiálem. Mohou být způsobeny plynem, krevními sraženinami, tukem, nádory, plodovou vodou nebo bakteriálními vegetacemi. V případě AGE u potápěčů jsou embolie tvořeny plynem v tepenném krevním řečišti a k tomuto stavu dochází přílišnou expanzí plic nebo následkem pulmonálního barotraumatu (tedy fyzického poranění plicní tkáně způsobeného změnou tlaku). Obě tato zranění umožňují plynu unikat z plicních sklípků (aleveol) a dostávat se do tepenného krevního řečiště.

Boylův zákon říká, že objem určitého množství plynu se zvětšuje, když klesá okolní tlak, což vysvětluje expanzi plic při výstupu. A tento zákon platí i opačně: Objem určitého množství plynu se zmenšuje, když stoupá okolní tlak při sestupu. Potápěči čelí největšímu riziku pulmonálního traumatu v mělkých vodách. Největší rozdíl tlaku zažívají potápěči (oproti okolnímu tlaku na hladině) ve vodě hluboké 3 až 4 metry.

Expanze plynu až za hranici, při které se dokáží plicní sklípky ještě přizpůsobit, zapřičiní poškození plicní tkáně a umožní únik plynu původně uzavřeného v plicích do pulmonálních žil, které pak vracejí do srdce okysličenou krev. Nastane-li tato situace, uniklý vzduch se může dostat do srdce a odtud posunout až do mozku, kde vznikne nebezpečí akutní neurologické poruchy. Rychlost, s jakou k tomu dochází, vysvětluje rychlé dostavení se příznaků krátce po ponoru – AGE nastává během několika minut po ukončení ponoru.

Pulmonální barotrauma se může projevovat volným vzduchem v mediastinu (v hrudní oblasti mezi plícemi), což je známo jako pneumomediastinum nebo je jeho projevem pneumotorax, kdy se vzduch nachází v hrudní dutině mimo plíce. Největší hrozbou potápěčů je zdravotní stav AGE, při kterém je zasažen mozek, jde o tzv. mozkovovou tepennou plynovou embolii (CAGE).

Příznaky CAGE se dostavují na hladině nebo blízko u hladiny prakticky okamžitě po ponoru a přibližně 50 procent potápěčů postižených CAGE upadne do náhlého bezvědomí. Jiní mohou zažít akutně změněný mentální stav nebo ztrátu koordinace či síly, což jsou příznaky mozkové příhody způsobené omezeným tokem krve do některých částí mozku. Ti, kdo přežijí úvodní atak, se mohou během několika minut vzpamatovat s příznaky neurologické poruchy různého intenzity nebo se mohou dokonce vrátit do normálního stavu.

Bez ohledu na zdánlivou normálnost by měli všichni, kdo utrpěli pulmonální barotrauma, AGE nebo CAGE, podstoupit neodkladné a důkladné vyšetření v nemocničním zařízení. I u pacientů se zjevným úplným

uzdravením jsou známy případy recidivy neurologických příznaků. Lékaři zabývající se hyperbarickou medicínou se shodují na názoru, že každý jedinec, u kterého se projevují nějaké příznaky neurologického zranění, by měl být důkladně vyšetřen. Lidem s diagnózou AGE by se mělo dostat hyperbarické kyslíkové terapie (prováděné v hyperbarické komoře).

K úvodnímu vyšetření těchto pacientů často patří také CT, a to co nejdříve, jakmile se pacient dostane na oddělení záchranné pohotovostní služby (emergency). Velmi důležité je totiž zjistit a vyhodnotit existenci mozkového zranění nebo mozkové příhody ještě před nasazením terapie v hyperbarické komoře – ne kvůli tomu, že by hyperbarická léčba stav ještě zhoršila, ale proto, že krvácení do mozku vyžaduje okamžitý operativní zákrok. Vyloučení vnitromozkového krvácení a krevních sraženin, které mohou rovněž způsobit akutní neurologické poranění, je důležité; absence těchto faktorů totiž podporuje diagnózu AGE související s potápěním a tedy nasazení hyperbarické kyslíkové terapie.

DCS: Potíže s bublinkami

DCS souvisí s absorpcí inertního plynu (dusíku nebo hélia) do tkáně při výstupu do nižšího okolního tlaku, kdy může vytěsňování plynu způsobovat tvorbu bublinek. Tím se podporují záněty a tkáňová traumata.

Pro pochopení tohoto onemocnění je nutno znát zákony týkající se plynných skupenství, t. j. zákon Boylův, Henryho a Daltonův. Boylův zákon vysvětluje, proč musíme při sestupu do hloubky vdechovat při každém vdechu velká množství molekul plynu – naše tělo totiž musí (má) udržovat v hrudníku tlak odpovídající tlaku v okolním prostředí. Větší množství molekul plynu v plicích v porovnání k množství molekul plynu v krvi a tkáních vytváří difuzní spád, který, podle Henryho zákona, vhání plynné molekuly do roztoku. Které a jak mnoho těchto molekul absorbujeme, to definuje Daltonův zákon a také je to ovlivněno rozdíly v toku krve do různých částí těla.

Čím déle a hlouběji se potápíme, tím více plynu absorbujeme. Jestliže z roztoku vystoupí dostatečná množství inertního plynu a při výstupu vznikají bublinky, mohou nastat místní zánětlivé a cévní reakce, které mohou vést k široké škále různých klinických projevů. Na rozdíl od AGE, bublinky při DCS existují hlavně v žilním krevním řečišti a v tkáních a příznaky se mohou projevit až po několika hodinách od ponoru.

DCS souvisí se zatížením inertním plynem (dekompresním stresem) a s přítomností bublinek v krevním řečišti. I když vysoký výskyt bublinek (např. zjištěný ultrazvukem) nemusí nutně znamenat DCS, přesto signalizuje značný dekompresní stres, proto je následné dostavení se příznaků DCS mnohem pravděpodobnější než při nízkém počtu bublinek. Čas, kdy se příznaky objeví, zhruba odpovídá míře zatížení inertním plynem: vyšší zatížení znamená dřívější výskyt příznaků a jejich rychlejší zhoršování. Pozoruhodným aspektem DCS je skutečnost, že příznaky tohoto onemocnění se často objeví až o hodně později, než jsou zjistitelné bublinky. Proto je důležité připomenout, že i když je odhalení bublinek ukazatelem dekompresního stresu, nejedná se o diagnostické kritérium.

Současný výzkum DCS se soustřeďuje na biologické markery, které lze zjistit v krvi. Výzkumní pracovníci se snaží zjistit a prokázat možnou souvislost mezi dekompresním stresem a přítomností membránových mikročástic (což jsou membránovité měchýřky vzniklé oddělením se od různých druhů buněk). Množství těchto mikročástic stoupá při mnoha fyziologických onemocněních a také při stresu způsobeném bublinkami v krvi. Nynější pracovní hypotéza tvrdí, že určité mikročástice (možná vyvolané bublinkami inertního plynu) mohou signalizovat zánětlivou reakci (nebo k ní dokonce přispívat) vedoucí k DCS. Zmíněný výzkum však jde dále než jen k prostému modelu bublinek. Stále totiž platí, že i když bublinky v krvi určitě hrají při vývoji DCS klíčovou roli, jejich přítomnost nebo absence ve skutečnosti není spolehlivým ukazatelem předpovídajícím nástup příznaků DCS. Prozkoumání tohototo procesu na molekulární úrovni

nám může prozradit o DCS mnoho nového a tím i naznačit, jakým způsobem by bylo možné zlepšit účinnost jak prevence, tak i léčby tohoto onemocnění.

Léčba

Základním terapeutickým postupem v případech DCS a AGE je nasazení hyperbarického kyslíku (HBO). Dýchání 100-procentního kyslíku urychluje vyplavování plynů, snižuje intenzitu příznaků a zvyšuje účinnost celkové léčby.

Nejběžnějším a nejuznávanějším postupem pro úvodní léčbu v hyperbarické komoře je postup podle protokolu stanoveného v tabulce amerického námořnictva U.S. Navy Treatment Table 6. Léčba v hyperbarické komoře se může prodloužit nebo opakovat – podle závažnosti pacientova stavu. DCI se léčí se stejnou účinností jak v komoře určené pro jednoho pacienta, tak i v zařízení pro léčbu více pacientů najednou. V jednomístných komorách se léčí jeden pacient, kterého tam nedoprovází zdravotní personál. Vícemístné komory umožňují současnou léčbu více pacientů i s doprovodem zdravotního personálu, což je důležité v případech vážných zranění.

Přeprava

Potápěčská zranění mohou vyvolávat značné obavy, a jakmile vznikne podezření na DCI, mnoho potápěčů ani nezačne uvažovat o jiných vysvětleních pro existující příznaky. Aby se zajistilo, že se skutečně posoudí a vyhodnotí možnost i jiných vážných zranění, onemocnění a zdravotních stavů, DAN doporučuje, aby postižení potápěči vyhledali vyšetření v nejbližší nemocnici nebo klinice. Je-li skutečnou diagnózou DCI, pak tamní personál (v případě potřeby i DAN) zajistí neodkladnou přepravu do vhodného a dostupného hyperbarického zařízení.

Potápěčské nehody vyvolávají mnoho otázek. Poté, co navážete kontakt s místní pohotovostní záchrannou zdravotní službou, obraťte se i na DAN Emergency Hotline at +39 06 4211 5685, nebo to doporučte zdravotnímu personálu, který řeší váš případ. DAN může poskytnout odbornou zdravotní konzultaci i pomoc při organizaci a koordinaci přepravy.

Zákony o plynném skupenství, které pomáhají pochopit DCI

Boylův zákon: Při stálé teplotě je objem daného plynu nepřímo úměrný okolnímu tlaku. *Aby se zachoval neutrální obsah plic při sestupu v případě přístrojového potápění, vdechujeme při každém vdechu úměrně více molekul plynu.*

Daltonův zákon: Celkový tlak plynu způsobený plynnou směsí se rovná součtu parciálních tlaků každého jednotlivého plynu obsaženého ve směsi. *Jelikož při sestupu vdechujeme při každém vdechu více molelul plynu, je potenciální dopad zvýšených parciálních tlaků velmi důležitý. Dusíková narkóza vzniká následkem zvýšeného parciálního tlaku dusíku.*

Henryho zákon: Při stálé teplotě je množství daného plynu, které se rozpustí do kapaliny přímo úměrné parciálnímu tlaku tohoto plynu nad kapalinou. Z hlediska fyziologického to znamená, že tento tlak plynu existuje v plicích úměrně k tlaku plynu v krvi. *Čím větší je tlak plynu v plicích, tím více plynu se rozpustí do krve a do tkání. To je podstata dekompresního onemocnění.*