

Nejnovější výzkumy o dekompresní nemoci a potápěčské fyziologii (část II)

Pokračováním [prvního článku](#) publikovaného minule navazujeme na prezentaci výzkumných poznatků, které pocházejí z "The Science of Diving", poslední konference vědeckého projektu pojmenovaného PHYPODE.

Jedním z dalších předpokladů bylo, že cévní endotel, vnitřní výstelka všech krevních cév, hraje klíčovou roli v DCS (dekompresní nemoci). Obecně, cévní endotel reguluje cévní aktivitu a stav kardiovaskulárního aparátu uvolňováním substancí, které ovlivňují řadu funkcí, jak krevní tok, zánět, trombosu, oxidativní stres a jiné. Zvýšená endoteliální permeabilita (propustnost)-ztráta kontaktu mezi endoteliálními buňkami nejmenších cév a oslabení jejich přilnavosti k bazální membráně se běžně pozorují při DCS. Bylo zjištěno, že každý ponor snižuje vasodilataci každé cévy, což bylo prokázáno měřením dilatace ovlivněné průtokem. Velké cévy stejně jako nejmenší cévy, resp. kapilární řečiště a místa výměny krevních plynů jsou ve funkci po ponoru oslabeny a ještě výrazněji se toto projevu při vzniku DCS. Výzkumy prováděné u nádechových potápěčů (u kterých se nevytváří bubliny) naznačují, že hydrostatický tlak spolu s hyperoxií (vyšší hladinou kyslíku) dávají vzniknout oxidativnímu stresu, který spouští destruktivní efekt na endotel s následkem odumření buněk. Některé závažné případy DCS jsou však bez poškození endotelu a z toho se dá vyvodit, že klíčovou roli nehraje samotný endotel, ale cirkulující faktory, který v něm vznikají. Jedním z nich je kysličník dusný (NO), který je produkován endotelem. Blokádou NO ve studiích na zvířatech výzkumníci odhalili vztahy závislé na pohlaví: vznik DCS zapříčiněný touto blokádou je častější u žen ale nikoliv u mužů. Tímto směrem se do budoucna bude zabývat výzkum- tedy pohlavními rozdíly vzniku DCS mechanismů.

Je známo, že kyslík je důležitý plyn v potápění a že dýchání čistého kyslíku je běžným a účinným lékem v rámci první pomoci u DCS. Avšak **kyslík má také negativní účinky**. Výzkum v terénu byl prováděn J. Kotem (národní centrum pro hyperbarickou medicínu, Lékařská fakulta Gdaňsk, Polsko). Oxidativní stres je způsoben destruktivním efektem volných radikálů (O_2 , H_2O_2 , OH), vytvářených nekompletní redukcí kyslíkových vazeb v buňce. Tyto radikály jsou agresivní, krátce reagující molekuly, které poškozují DNA, proteinové a lipidové molekuly. Naštěstí je lidské tělo vybaveno antioxidačním obranným systémem, který řídí vyváženost mezi antioxidanty a radikály a tím kontroluje rozsah poškození. Nejvyšší parciální tlak je v plicích, které fungují jako obranný systém první linie. Destruktivní efekt může vést k fibroze (zmnožení vaziva) plicní tkáně. Když se toto stane, pacient trpí hypoxií, i když dýchá čistý kyslík. Relativně dobrou novou zprávou je, že tento typ oxidativního stresu postihuje více technické potápěče užívající směsi s kyslíkem, než na mnohem větší skupinu rekreačních potápěčů, kteří užívají např. Nitrox.

Výzkumy programu PHYPODE ukazují, že existuje zjevná individuální vnímavost k DCS, jak vyplývá z nálezů skupin potápěčů s tendencí k rychlému vzniku cévních zkratů, potápěčů s vysokým výskytem bublin po ponoru, potápěčů s různou kvalitou endotelu, genetickými dispozicemi a jinými. Jak je zmíněno výše, dobrou cestou ke snížení výskytu DCS je jí předejít. Jinou možností je vznik nových potápěčských technologií, jejich implementace do revidovaných a komplexnějších dekompresních modelů, které integrují individualizované lékařské informace v reálném čase.

Koncept "**Bionického potápěče**" se zrodil před pár lety a je založen na novém chápání dekompresního algoritmu (fyziologické parametry založené na adaptujícím se algoritmu), který zahrnuje 24 hodinové lékařské monitorování fyziologických parametrů jako je srdeční frekvence, body mass index (BMI) a ostatních personálních informací. Cílem je vyvinout individuálně nastavitelný potápěčský komputer,

který na míru vytváří dekompresní režim s ohledem na specifiku fyziologie potápěče v reálném čase a bere ohled na hydrataci, únavu a řadu dalších podmínek, které ukazují jak lidské tělo reaguje na stres spojený s ponorem.

V současnosti MARES testuje modifikovaný Icon HD potápěčský komputer s výkonným procesorem a barevným displejem. Může sbírat informace před a během ponoru, rozpoznávat příznaky dusíkové narkózy, provádět dekompresní výpočty a další. Současné poznatky byly prezentovány G. Distefano (produkt manažer firmy MARES, Janov, Itálie).

Když se stalo zjišťování fyziologických parametrů jedním z hlavních objektů potápěčského výzkumu, bylo volbou metody využít možnosti **rebreatheru**, vysvětluje N. Donda.

Dýchací přístroj zvaný rebreather recykluje vydechovanou směs plynů, která je zbavována kysličníku uhličitého (CO₂) v uzavřeném okruhu obsahujícím několik elementů a směs je doplňována o zmetabolizovaný kyslík (O₂). Protože rebreather udržuje vydechované plyny v uzavřeném okruhu, je možno jej využít ke studiu lidské fyziologie během ponoru. Výzkumníci se rozhodli instalovat různé sensory měřící kvalitu a množství vdechovaného a vydechovaného plynu v různých plyny vyplněných prostorech, které se nacházejí v rebreatheru. Monitorované parametry zahrnovaly množství vdechovaného/vydechovaného kyslíku, množství vydechovaného CO₂, dechovou frekvenci, celkový objem dýchacích plynů, teplotu vdechovaných/vydechovaných plynů, vlhkost vdechovaného plynu. Dalšími parametry byla hloubka, doba ponoru, pozice pod vodou, frekvence pohybů ploutvemi, srdeční frekvence, sestupová a výstupová rychlost potápěče. Spolehlivost sensorů byla testována a získané hodnoty byly transformovány v použitelná data, která byla elektronicky nebo bezdrátově přenášena do paměťové jednotky s odpovídající velikostí paměti.

Potápěčská medicína se vyvíjí a jsou získávána nová data o mechanismu dekomprese. Dosud vzhledem k neodpovídající technologii sensorů, byla fyziologická data sbírána pouze v laboratoři před a po ponoru, ale nikdy ne během ponoru. Arne Sieber (vědec výzkumník v IMEGO AB, Gothenburg, Švédsko) rozvinul nové senzorové technologie k monitorování **EKG a tělesné teploty** během ponoru. Data o metabolismu potápěče byla sbírána při potápění s rebreatherem s uzavřeným okruhem a byly měřeny hodnoty jako kyslík, CO₂, dechová frekvence, velikost doplňovaného objemu, minutový respirační objem a krevní tlak.

Klíčovou komponentou tohoto bionického nebo digitálního přístupu k potápěči bude nový potápěčský komputer s bezdrátovým rozhraním k různým připojitelným sensorům a výkonný mikroprocesor schopný provést všeobecné dekompresní výpočty. Tento systém je v současnosti používán pouze pro vojenské účely, ale brzy bude k dispozici širší veřejnosti v různých systémech.

Shrnutě, výzkumný projekt PHYPODE přinesl výjimečně velké množství kvalitních dat ve formě detailních poznatků rovněž i důkaz mnoha potápěčských intuitivních návyků, které dělají potápěči aniž by věděli proč. Byli vyvinuty a otestovány precizní měřící mechanismy, které nyní mohou vést k rozvoji bezpečnějších dekompresních modelů implementovaných v personalizovaných potápěčských komputerech integrujících několik fyziologických parametrů v reálném čase spolu s dalšími lékařskými informacemi. Tyto po čtyřech letech prováděného náročného výzkumu získané poznatky definitivně přispěly k rozvoji potápěčské technologie a jsou velkým krokem ke zvýšení bezpečnosti potápění. Výzkumná data ukázala cestu k budoucímu výzkumu, otevřela nové otázky a na některé našla odpověď.

Na konferenci lídři projektu využili příležitost prezentovat knihu "**The Science of Diving, Things you instructor never told you**", dále využili možnost všeobecné kompilace současných konceptů a idejí, rovněž i možnost prezentace vynikajících výsledků výzkumu. Kniha s 273 stránkami v 11 ti kapitolách je excelentním průvodcem každému, kdo se zajímá nebo zabývá potápěním, jako lékaři potápěčské

medicíny, personál hyperbarických komor, vědci, profesionálové či operátoři v potápění, studenti potápění. Tím, že se kniha vyhýbá vědeckému žargonu a používá živý jazyk, usnadňuje porozumění a těm nejsostikovanějším partiím vědy.

Kniha byla editována profesorem Balestrou a Dr. Germonpré, koeditována M. Rozložníkem, P. Buzzacottem a D. Maddenem z European Underwater and Baromedical Society (EUBS) a napsána 14 PHYPODE výzkumníky.

Tématická publikace

“The Science of Diving, Things your instructor never told you”

Vydalo nakladatelství Lambert Academic Publishing a lze zakoupit [zde](#), nebo si můžete tuto publikaci objednat prostřednictvím kteréhokoliv knihkupectví pomocí čísla ISBN 978-3-659-66233-1. Tato kniha se prodává za 49,90 € a všechny honoráře získané jejím prodejem se převádějí na EUBS za účelem podpory dalšího výzkumu v oboru potápěčské medicíny.

Zdroje vzdělávání - jedna z výhod členství v DAN

Členové DAN dostávají pravidelně pozvánky a informace týkající se zajímavých konferencí, seminářů a podobných akcí zaměřených na bezpečnost při potápění. Slevy na vstupní poplatky nebo bezplatná účast na takových akcích jsou jen jednou z výhod z členství v [DAN](#).

Máme-li vás včas informovat o podobných událostech, jakou byla konference PHYPODE, zaregistrujte se prosím na webové stránce [DAN Europe](#). Budete pravidelně dostávat naše zpravodaje i cenné informace o různých školeních první pomoci, možnostech pojištění, webinářích on-line atd.