

Vyhlídky na vytvoření osobních dekompresních plánů

Mezi vámi a personalizovaným modelem dekomprese pro váš další ponor stojí omezená technologie, absolutní nedostatek reprodukovatelných dat a potřeba opakovatelného a upravitelného algoritmu. Pokud vám to připadá jako dost náročné, tak vězte, že máte pravdu.

Naprostou realitou je, že nejlepší a nejbystřejší mozky zabývající se hyperbarikou strávily svou kariéru tím, že dělaly – někdy obrovské a často fascinující – pokroky ve výzkumu, které nejenže nelze aplikovat na skutečný svět, ale nelze je korelovat s žádnou dosud identifikovanou fyziologickou nebo biologickou metrikou. Máme silné důkazy, že dekompresní nemoc (DCS) je způsobena intrakorporální tvorbou bublin v důsledku přesyceného rozpuštěného plynu, ale nedávné údaje naznačují, že množství těchto bublin samo o sobě nestačí k předpovědi, zda někdo zažije příznaky DCS¹.

Znalost toho, co s největší pravděpodobností způsobuje DCS, je poměrně slabá základna pro vybudování dekompresního algoritmu, ale problém se komplikuje ještě z řady dalších důvodů. Výzkumníci sledovali desítky biometrických markerů v naději, že je korelují s příznaky DCS, ale nikomu se to zatím spolehlivě nepodařilo. Měření těchto markerů je v laboratoři obtížné a ve většině případů nemožné je monitorovat během ponoru a současné dekompresní algoritmy nejsou navrženy tak, aby zohledňovaly kteroukoli těchto metrik.

Učinit skutečně významný pokrok od pravděpodobnostních dekompresních algoritmů, které v současnosti používáme, bude vyžadovat průlom v modelech dekomprese, fyziologických monitorovacích nástrojích a našem porozumění fyziologii dekomprese.

Přechod k personalizovanému dekompresnímu algoritmu bude vyžadovat průlomy v dekompresním modelování, dokonalejší fyziologické monitorovací nástroje a naše hlubší porozumění DCS. Je to náročný úkol v každém ohledu, ale potenciál takového průlomu, který by zcela změnil naše chápání dekompresního modelování, absolutně existuje – a to je to, co dělá tento výzkum tak vzrušujícím.



Ponořte se tedy hlouběji do toho, co víme o personalizovaném modelování DCS, co potřebujeme vědět a na jaký výzkum si dát pozor:

Proč personalizovaná dekomprese nebyla prolomena - zatím.

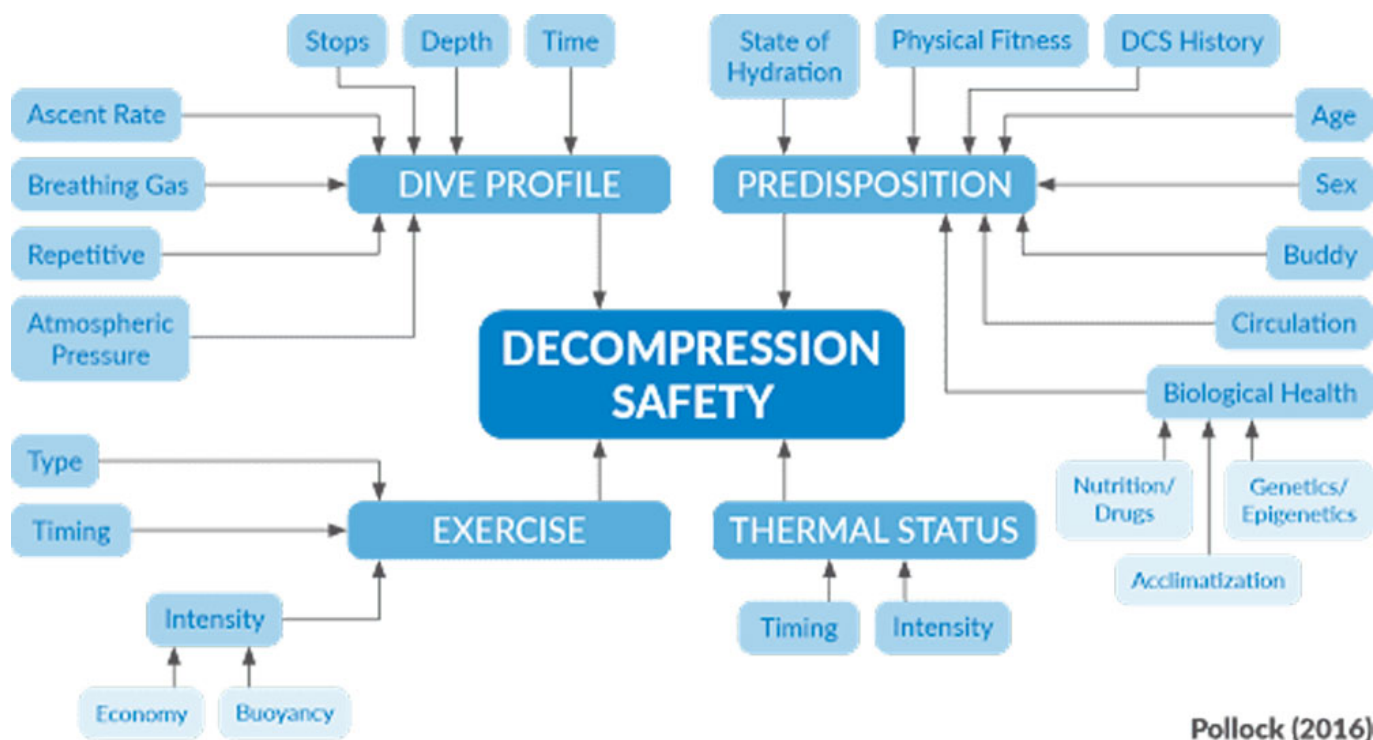
Problémy s dekompresním modelováním začínají na nejzákladnější úrovni, a sice s naším chápáním DCS. Domníváme se, že příznaky DCS způsobují bubliny, ale dosud nebyly k dispozici žádné spolehlivé údaje, které by dokazovaly korelaci mezi zatížením nebo velikostí bublin a DCS. Situaci dále komplikuje celá řada výzkumů, které naznačují, že zranění nemusí způsobovat samotné bubliny, ale reakce těla na tyto bubliny². Bez pochopení mechanismu poškození způsobeného dekompresní nemocí se i naše nejlepší dekompresní algoritmy stávají pouhými odhady rizika na základě desetiletí starých studií. Ve skutečnosti se většina z nás stále potápí s algoritmem založeným na datech odvozených z dekompresní nemoci, které byly vystaveny kozy před více než stoletím – pokud kozy ponor přežily, pak pravděpodobně přežijete i vy.

Současné dekompresní algoritmy jsou přinejlepším rudimentární, ale „zcela neschopné vyhodnotit řadu složitých faktorů a načasování, které mohou ovlivnit příjem plynu, eliminaci a skutečné riziko,“ říká odborník na dekompresní fyziologii Neal Pollock, Ph.D, a dodává, že dekompresní algoritmy jsou užitečné jen pro „odhad základního rizika“. Kromě toho se Pollock zasazuje o to, aby potápěči používali algoritmy jako základ pro konzervativní úpravy založené na zkušenostech a výzkumu, i když bude nevyhnutelně existovat stále mnoho domněnek a dohadů.

Další překážkou pro výzkumné pracovníky je nalezení metriky pro měření rizika DCS a pak objevení a vypracování technologie pro jeho posouzení v reálném čase. Personalizace dekomprese vyžaduje měření

něčeho o potápěči – ať už jde o teplotu, epigenetické markery nebo jeden z desítek dalších možných fyziologických nebo biologických markerů. Fascinující výzkum, ale těžko kvantifikovatelný, představuje pro většinu potápěčů nejzajímavější oblast tohoto rébusu.

Prizpůsobení vašeho dekompresního algoritmu a smysluplné snížení rizika DCS nemusí být možné v době, kdy přistě vyrazíte do vody, ale existuje velmi reálná šance, že jedna z těchto probíhajících studií způsobí v relativně blízké budoucnosti naprosto zásadní vývoj a pokrok ve způsobu, jakým kontrolujeme a usměrňujeme riziko potápěčů.



Faktory budoucnosti

Algoritmy a nové monitorovací nástroje je lákavé vytvářet, ale skutečně zajímavou částí toho je výzkum nových markerů DCS, které by mohly korelovat s rizikem DCS – nebo dokonce vést ke skutečnému pochopení mechanismu DCS. Je jich příliš mnoho na to, abychom je mohli spočítat, a je nemožné vědět, které (pokud vůbec nějaké) nakonec poskytnou vhled do toho, proč „tvoríme bubliny“ tak, jak to děláme, ale možnost průlomu v pochopení tohoto jevu se v některých směrech zdá být velice blízká. Zde jsou dvě oblasti, které byste měli v nadcházejících letech sledovat:

Mikročástice a zánětlivá odezva

Stále více výzkumů naznačuje, že některé škody způsobené DCS nejsou způsobeny mechanickým poškozením z tvorby VGE (embolie žilního plynu) během dekomprese, ale mikročásticemi způsobenými tvorbou bublin a zánětlivými reakcemi na bubliny i mikročástice^{13,14}. Navrhované mechanismy pro mikročásticovou a zánětlivou reakci na dekompresi a jejich příspěvky k riziku DCS jsou poněkud spletité a mohly by být předmětem samostatného článku, ale vynikající shrnutí lze nalézt v *Decompression Illness: A Comprehensive Overview*, shrnutí z roku 2024 od odborníka v tomto oboru dr. Simona Mitchella.

Mikročástice a zánětlivé cytokiny, na které se tyto teorie zaměřují, lze měřit – ale pouze v laboratoři a ne v reálném čase. V této oblasti je třeba udělat více práce, abychom určili vztah mezi oxidačním stresem,

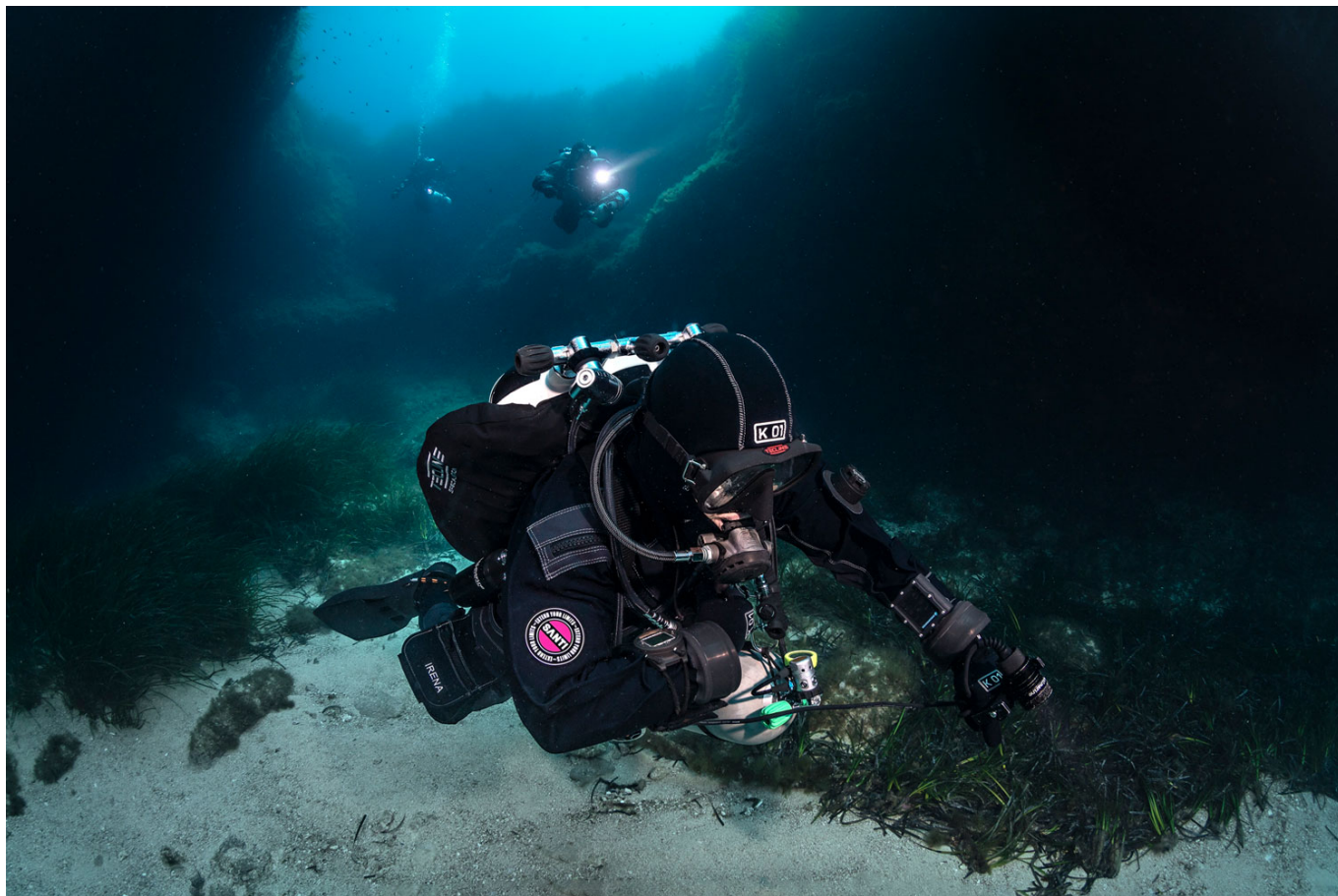
dekompresí a cirkulujícími mikročásticemi, než bude možné dosáhnout smysluplného pokroku, ale tématu součinnosti mezi těmito třemi faktory a existujícími údaji by se měla v nadcházejících letech věnovat zvláštní pozornost.



Výzkumy týkající se bublin

Desetiletí slibného (ale ne úplně přesvědčivého) výzkumu nesmazatelně propojily bubliny a DCS, ale nedávná studie z NEDU (tj. z Národního endokrinologického a diabetologického ústavu) a University of Auckland možná zasadila poslední hřebík do rakve spojující zatížení VGE a příznaky DCS. Výzkumníci si vybrali 151 potápěčů a uskutečnili s nimi 693 ponorů, přičemž po každém ponoru zkoumali výskyt a množství bublin. Výsledkem byl jedinečně velký soubor dat pro tuto oblast výzkumu, který silně naznačuje, že variabilita množství bublin u potápěčů byla tak velká, že nejen že nelze počty bublin použít k vyhodnocení dekompresních postupů mezi potápěči, ale že se u jednotlivých potápěčů při stejných ponorech vytvářely bubliny tak odlišnou rychlostí, že stupeň VGE nemusí mít vůbec žádnou smysluplnou korelaci s DCS.

Tato skutečnost poněkud zpochybňuje status quo potápěčského výzkumu, ale rozhodně to neznamená konec studií zabývajících se tvorbou, výskytem a množstvím bublin. Výzkumníci DAN nedávno dokončili sběr dat v rámci 4letého projektu zaměřeného na kvantifikaci variability zátěže VGE a sledování metrik, jako je variabilita srdeční frekvence, srdeční výkon, krevní tlak, vzorky slin pro zánětlivé markery a vzorky krve pro mikročástice. Shromažďování dat sice teprve začalo, ale krátkodobá analýza se zaměřuje na korelaci rizikových faktorů DCS a počtu bublin a sestavená skupina výzkumných subjektů byla zachována tak, aby se usnadnily následné studie.



Pohled do budoucnosti

Navzdory velké části tohoto výzkumu, který se opírá o dosud neprokázané mechanismy DCS a dosud nevyvinuté technologie a biomarkery – existuje mnoho důvodů k optimismu. Je potřeba tento optimismus zmírnit vědomím, že může trvat roky, než vůbec bude existovat technologie, která by některé z těchto teoretických ukazatelů smysluplným způsobem změnila, ale je doslova vzrušující uvědomovat si množství možností existujících v této oblasti.

Personalizovaná dekomprese možná ještě není realitou, ale překážky, jak se tam dostat, jsou identifikovatelné a někteří významní výzkumníci a potápěči věnují své životy tomu, aby to bylo možné. Máte o tuto záležitost zájem? O probíhajících výzkumných projektech a dobrovolné pomoci se můžete dozvědět na https://www.daneurope.org/cs/Lékařský_výzkum

Rozšířená verze článku vyšla v časopise *InDEPTH*.

Citované prameny

1. Doolette, D; Murphy, G (2023) [Within-diver variability in venous gas emboli \(VGE\) following repeated dives.](#)
2. Mitchell, Simon J (2024) [Decompression Illness: A comprehensive review. PMID: 38537300](#)

Další doporučená četba

- Cialoni, D; Pieri, M; Balestra, C; Marroni, A (2017) [Dive Risk Factors, Gas Bubble Formation, and](#)

Překladatel: [Klement Hartinger](#)