

Oxid uhličitý - obávaný nepřítel (1. část)

Toto je první díl třídílného seriálu o oxidu uhličitém, který je jedním z nejčastějších přispěvatelů k mimořádným událostem při potápění. Druhá a třetí část budou zveřejněny v budoucích vydáních Alert Diver.

Bylo to na hraně

Dovolte mi začít osobním příběhem: V roce 2016 jsem se připojil k jeskynnímu ponoru v lokalitě Cenote Regina poblíž Tulumu v Quintana Roo v Mexiku. Naším cílem bylo navštívit oblast se slanou vodou, která se nachází v hloubce kolem 30 metrů, s maximem 34 metrů pro daný ponor. Vstoupili jsme se čtyřmi AL80 lahvemi (dvojitě a dvouступňové) EAN32 plus AL40 kyslíku pro dekompresi, které jsme umístili poblíž vchodu v hloubce 6 metrů. Plánovaná délka ponoru byla 200 až 210 minut.

Musím podotknout, že jsem kvůli pracovním závazkům nespal v noci déle než tři hodiny – při zpětném pohledu to nebylo moc chytré. Nicméně, když jsem se musel rozhodnout, neměl jsem žádnou podobnou zkušenost z minulosti a moc jsem o ten ponor stál, tak jsem na něj prostě šel.

Cenote Regina je úžasně krásná jeskyně a zpočátku šlo všechno hladce. Po devadesáti minutách jsme dosáhli tlaku plynu znamenajícího nutnost obrátky a začali jsme se vracet ke vchodu k tomuto velmi příjemnému ponoru. Před sebou jsme měli plavání asi zhruba stejně dlouhého trvání, po kterém následovalo dvacet minut dekomprese v mělké vodě.

Asi o deset minut později, tedy nějak kolem sté minuty, se mě zmocnil velmi zvláštní pocit: Začala se mi chvět bránice a dech se mi postupně změnil v jakési nekontrolovatelné vzlykání, i když bez jakýchkoli emocí, které často provázejí takový fyziologický projev. Snažil jsem se soustředit a dostat své svaly zpět pod kontrolu, ale vzlykání bylo stále výraznější. Uvědomil jsem si, že pravděpodobně nedýchám příliš efektivně a vydechuji více bublin než obvykle.



Foto: Joram Mennes

Netrvalo dlouho a začal jsem mi zhoršovat i stav myslí: do myšlení se mi vkrádala úzkost spolu s pocitem, že nemohu nasát dostatek vzduchu z druhé fáze. Pro jistotu jsem přešel na zálohu, ovšem s nulovým účinkem.

Týmu jsem signalizoval, že mám problém a zastavili jsme se. Začal jsem pocítovat nutkání vydat se okamžitě přímo k hladině, což byl naprostý nesmysl, neboť jsme byli téměř dvě hodiny od východu a nad námi bylo asi třicet metrů skály a zeminy.

Dalších několik minut – nejsem si jistý, jak dlouho přesně, ale připadalo mi to jako věčnost – jsem se zabýval myšlenkou, která se mě snažila přesvědčit, abych to vzdal tady a teď. Lidé by to pochopili. Potlačit tu defétistickou myšlenku vyžadovalo velkou vůli i úsilí a musím přiznat, že výsledek nebyl předem daný.

Vzlyky však postupně utichly a my jsme pokračovali pomalým tempem na cestě zpět. To zdržení a moje zvýšená frekvence dechu si však vybraly značnou část našich plynových rezerv. Přestože jsme ani zdaleka neměli nedostatek plynu, nalezení láhve prvního stupně s dalšími 110 bary nitroxu znamenalo značnou úlevu.

Ponor jsme ukončili asi s půlhodinovým zpožděním v důsledku pauzy, kterou jsem si musel udělat – i kvůli povinné delší dekompresi. Ale dostali jsme se šťastně ven. Další den jsem se vrátil k jeskynnímu potápění s předsevzetím, že se alespoň v blízké budoucnosti vždycky musím více vyspat, a také si případně smažit o něco menší ryby.

V následné diskuzi po ponoru jsme usoudili, že hlavní příčinou mého problému bylo pravděpodobně nahromadění oxidu uhličitého v mém krevním řečišti, k čemuž přispěla únava z nedostatku spánku. Což

nás konečně přivádí k tématu tohoto článku.



Foto: Joram Mennes

Metabolismus oxidu uhličitého (jen velmi stručně)

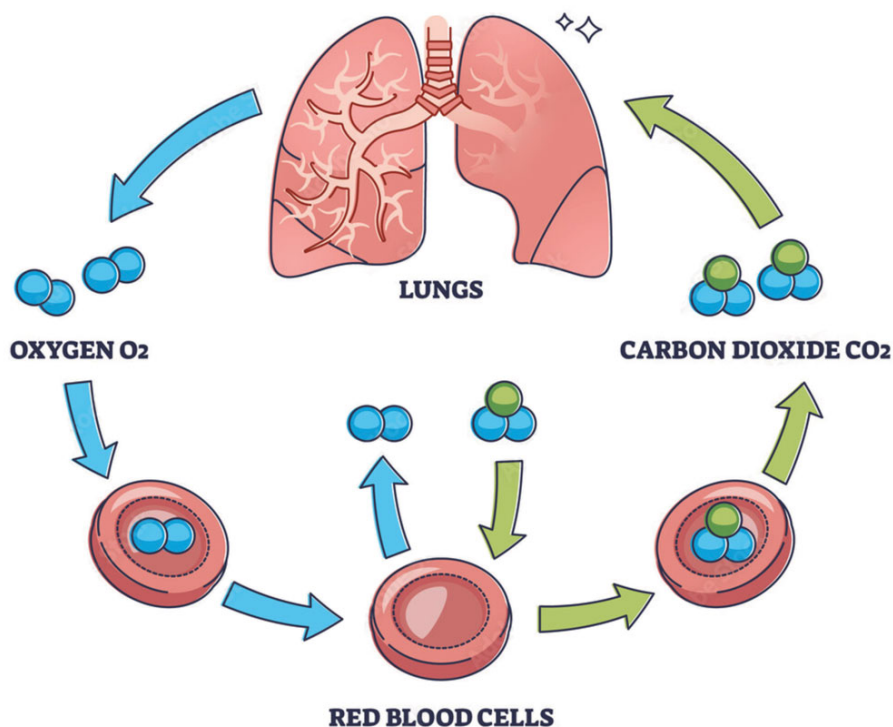
Oxid uhličitý je odpadním produktem našeho buněčného metabolismu. Vdechujeme plyn, který obsahuje kyslík. Naše plíce absorbují část tohoto kyslíku do krevního řečiště, kde jej zachycují červené krvinky (hemoglobin). Krev bohatá na kyslík prochází levou stranou srdce, odkud je pumpována nejprve do mozku a centrální nervové soustavy, poté do zbytku našeho těla.

V různých částech těla probíhá celá řada biochemických reakcí, při kterých se kyslík spojuje s uhlíkem (přijímaným potravou) za vzniku oxidu uhličitého. Tyto reakce generují energii, která nás pohání.

Krev zbavená kyslíku, která nyní nese oxid uhličitý v různých formách, putuje zpět směrem k pravé straně srdce, které ji pumpuje do plic, kde se oxid uhličitý odstraňuje a nakonec jej vydechujeme.

Poznámka: Skutečný mechanismus je podstatně složitější. CO₂ není čistě odpadní produkt. Hraje důležitou roli při regulaci kyselosti krve a při každém průchodu plícemi se odstraní méně než 10 % celkového CO₂ obsaženého v krvi. Některé podrobnosti naleznete [zde](#).

HUMAN GAS EXCHANGE



Když člověk dostane dávku toho škůdce

Existuje řada měřitelných fyziologických veličin, které tento proces popisují. Schopnost našich plic absorbovat kyslík se označuje jako $VO_2 \text{ max}$. VO_2 , při čemž max značí maximální objem kyslíku, který jsou naše plíce schopny poskytnout našemu tělu pro výrobu energie, a to za jednotku času a v poměru k tělesné hmotnosti. Vytrvalostní sportovci znají tuto veličinu pod pojmem měřítko kardiovaskulárního výkonu.

Druhá důležitá veličina se nazývá *respirační výměnný poměr*, obvykle vyjadřovaný zkratkou zkráceně RER. RER popisuje poměr eliminace oxidu uhličitého k příjmu kyslíku. Normální RER pro člověka v klidovém stavu je 0,8. Je to opravdu tak - v klidovém stavu vydechujeme pouze čtyři molekuly CO₂ na každých pět molekul O₂, které spotřebujeme. Zbytek kyslíku zůstává v těle. Při námaze může RER dosáhnout [až 1,2 a více](#). To znamená, že náš metabolismus čerpá zásoby kyslíku, které byly během odpočinku uloženy v našich svazech (chemicky vázané na myoglobin). RER 1,0 se označuje jako anaerobní práh, což je další termín známý sportovcům.

Při zátěži má naše tělo zvýšenou potřebu kyslíku a produkuje více oxidu uhličitého. Když množství vyprodukovaného CO₂ převyší kapacitu/schopnost našeho dýchacího metabolismu odstranit ho z krevního oběhu a vydechnout, pak se CO₂ začne hromadit. Každý vyznavač volného potápění však ví, že pocit „hladu“ po vzduchu a nutkání dýchat nejsou způsobeny jen nedostatkem kyslíku - ve většině případů je toho mnohem více, ale nedostatek kyslíku vás může přivést do bezvědomí - nicméně přebytek CO₂ způsobuje stav známý jako *hyperkapnie*.

Tímto končí první díl našeho malého seriálu. Ve druhé části se blíže podíváme na fyziologii oxidu uhličitého v lidském těle, jaký vliv na něj má potápění a čím je hyperkapnie tak nebezpečná. Třetí část se zaměří na

protiopatření – dovednosti a postupy, jak udržet naše zatížení CO₂ pod kontrolou. Zůstaňte v bezpečí a také na příjmu!

Na podvodních fotografiích v tomto článku je úchvatný cenote Regina. Pořídil je [Joram Mennes](#) a modelkou byla potápěčka [Stratis Kas](#). Oběma děkujeme za pořízení těchto nádherných záběrů, a to výslovně pro tento obsah Alert Diver.

O autorovi

[Tim Blömeke](#) vyučuje rekreační a technické potápění na Tchaj-wanu a Filipínách. Rovněž je spisovatelem na volné noze, překladatelem, a také přispívajícím redaktorem pro publikaci Alert Diver. Máte-li na něj nějaké otázky nebo k něčemu připomínky, můžete ho kontaktovat prostřednictvím jeho [blogové stránky](#) nebo na [Instagramu](#).

Překladatel: [Klement Hartinger](#)