

Jsou poločasy tkání skutečnost, nebo fikce?

Když se při různých setkáních potápěčů diskutuje o dekompresi, často zazní výroky typu: "Něco jako poločas tkáně fyziologicky neexistuje, to je pouze matematický pojem." Tak tomu ale není. Poločasy různých postupů a procesů jsou stejně reálné, jak reálné je určování stáří kostí dinosaurů, nebo jakým způsobem se stanovuje doba, které je zapotřebí k vyloučení užitých léků z lidského organismu. Jedna z mnoha látek, u které se experimentálně měřilo vyloučení z těla poločasovým způsobem, byl dusíkatý plyn po provedeném ponoru.

Některé skutečné poločasy

Radioaktivita. Za určitou a neměnnou dobu ztratí radioaktivní látka polovinu své hmotnosti nebo radioaktivity.

Po uplynutí stejně dlouhé lhůty zůstane opět polovina z původně zbylých 50 procent. Jednotka času související s polovinou životnosti určité látky se nazývá poločas rozpadu. Je to totéž, jako shora uvedena lhůta pro ztrátu/rozpad poloviny příslušné látky, jen vyjádřená jiným termínem. Čas, kdy se rozpadne konkrétní jádro, předpovědět nelze, ale rychlost rozpadu, tedy poločas rozpadu množství hmoty lze předpovědět reálně a přesně.

Rychlosti rozpadu různých radioizotopů jsou navzájem velmi odlišné. Uměle vytvořené radioizotopy mají často poločasy rozpadu v řádu mikrosekund. Přírodní radioizotopy mohou mít poločasy rozpadu až mnoho milionů let. Poločasy přírodních radioizotopů se používají k určování stáří archeologických nálezů a ke stanovování geologického stáří fosílií, skal a samotné země. Tento proces se nazývá radiometrické určování stáří.

Léky. I metabolismus léků probíhá systémem poločasů rozpadu. Tělo potřebuje určité jednotky času (které lze vypočítat a následně předpovídat), aby se zbavilo poloviny nějaké standardní dávky. Ve farmakologii se této jednotce času běžně říká poločas rozpadu. Nicméně poločasy rozpadu jsou u různých jedinců poněkud odlišné. Platí však, že časový rozsah je víceméně stejný a lze jej určit poměrně přesně. Např. valium má u mladších lidí poločas rozpadu 44 hodin (u starších je to poněkud déle, ale existují i lidé, u kterých je tento poločas rozpadu kratší). To znamená, že 44 hodin po užití dávky 5 mg valia je v těle stále ještě 2,5 mg této látky. Člověk, který valium užívá denně, si postupně vytvoří takovou hladinu, že denní příjem se shoduje se schopností jeho těla tohoto léku se zbavit. Tomu se říká ustálený stav. Hladina klesne, jestliže tento jedinec přestane lék brát, což bude mít za následek návrat příznaků.

Různé části těla reagují na lék různě a také potřebují různý čas pro dosažení ustáleného stavu (potřebují dostávat látku tak dlouho, dokud ji již nezadržují) a také potřebují různě dlouhou dobu pro zbavení se poloviny dávky. Všeobecně platí, že hladiny v krvi a plazmatu obvykle stoupají i klesají rychleji, než hladiny v tuku. Podobně to platí u potápěčů, kteří často říkají, že tuk je při dekompresi problém, protože zadržuje více dusíku. Ale dusík se také dostává do tuku pomaleji, než do jakékoliv jiné části těla. Po stejně dlouhé době ponoru nabere tuk dusíku méně než jiné oblasti těla. Také je u něj pomalejší čas rozpadu. Často slyšíme, že zjizvená tkáň činí problémy, protože se skrze ní těžko uvolňuje plyn. Je si ovšem třeba uvědomit, že se skrze takovou tkáň také obtížně dostává plyn dovnitř, protože má pomalý poločas rozpadu. Zatím se nepodařilo zjistit, zdali je to ku prospěchu, nebo spíše nevýhodou.

A co poločasy dusíku?

Chcete-li si znázornit transfer radioaktivity nebo valia, můžete si vzít milimetrový papír a vytýčit na něm bod po každém časovém intervalu, kdy se míra radioaktivity nebo koncentrace valia sníží o polovinu. Tento

časový úsek je poločas. Když mezi sebou body spojíte, dostanete křivku, která je tzv. charakteristikou jednotlivých poločasů. Rovnice, kterou se taková křivka dá vyjádřit, se nazývá exponenciální rovnicí. A co by se stalo, kdybyste se pokusili udělat stejný pokus s body pro dusík opouštějící tělo potápěče?

Skutečný poločas dusíku. Potápěčem vydechovaný vzduch lze zachycovat do pytlíku, nebo se dá trubicí vést přímo do analyzátoru a změřit, kolik dusíku odchází za určité časové jednotky. Přibližně takto se odhaduje celkové vytěsňování dusíku z těla. Kdyby se zanášel čas potřebný pro celkové vytěsnění dusíku z těla na milimetrový papír, výsledkem by byla křivka. Tato křivka se dá vyjádřit i přesným počtem exponenciálních rovnic.

Individuální poločasy pro různé tkáně. Křivky pro celkové vytěsnění z těla, jako většina složitých rovnic, neposkytují podrobnosti o vytěsnění z jednotlivých příspěvatelů (tkání). Nedo víme se z nich, jak mnoho či málo dusíku odejde z každé jednotlivé části těla. Různé tělesné části a tkáně nabírají i vytěsňují dusík různě rychle. Předpokládá se, že v tom hraje roli i tlak dusíku, který je v jednotlivých částech těla odlišný. Některé části těla obsahují dusíku poměrně málo. Příliš velký tlak dusíku v některé části těla (způsobený dlouhým ponorem, nebo příliš rychlým výstupem) může iniciovat dekompresní problém.

Experimentální a teoretické důkazy.

Výsledky získané po krátkodobé práci v podmořských únikových věžích a během dlouhodobější experimentální dekomprese při pravidelných ponorech se stlačeným vzduchem prokázaly, že některé tkáně se skutečně zbavují dusíku rychleji než jiné a díky tomu bylo možno určit pro různé části těla rychlejší a pomalejší poločasy. Difuzní vzdálenosti jsou ve většině tkání malé. Jestliže jsou difuzní vzdálenosti mezi kapilárami malé, dochází zde k účinnému "promíchávání". V takové tkáni pak lze považovat výměnu plynu z hlediska poločasu za poměrně dobrou. Rovněž platí, že čím více poločasů pro různé tělesné tkáně se zjistí a vezme v úvahu, tím přesněji se dá předpovědět tabulka pro celkovou bezpečnou dekompresi. Jen jeden poločas jako ukazatel pro celé tělo se v současné době podle většiny dekompresních modelů nepoužívá.

Nejen čísla

Tabulky námořnictva Spojených států snižují (zaokrouhlují) velký počet možných poločasů do seskupení podle násobků minut, např. 5, 10, 20, 40, 60, 80, 90, 100 a 120 minut. Jiné modely používají jiná minutová seskupení.

Ano, poločasy jsou čísla. Tato čísla však ukazují, co děje ve vašem těle, nejsou to jen abstraktní matematické pojmy. Pomoci těchto čísel se jednoduchou matematikou vyjadřují složité biologické procesy. A používání těchto čísel je mnohem pohodlnější, než běhání za každým potápěčem a zanášení bodů na milimetrový papír.

Paralelní vytěsňování plynu. Cestování dusíku v tkáni může vypadat (a také probíhat) jako jednoduchý matematický model, ale je tomu tak skutečně?

Ne všechny systémy nabírají nebo ztrácejí své součásti exponenciálně. A i když dusík přichází a odchází v řízených podmínkách exponenciálně, praktické faktory a to, co děláte během ponoru, výpočty do jisté míry mění a ovlivňuje. Zřejmě hlavním faktorem, který určuje poločas příslušné tkáně, je krevní tok. Důležitá je také rozpustnost tkáně a krve. A krevní tok významně ovlivňuje fyzická námaha a změny teploty během ponoru.

Myšlenka, že každá část těla vytěsňuje plyn odděleně, ale ve stejnou dobu, se nazývá paralelní

vytěsňování plynu. Je velmi pravděpodobné, že ne všichni plyn difunduje z každé části těla zpět do krevního řečiště paralelně a odděleně, aby se pak odstranil exhalací. Jestliže se nachází oblast s vyšším tlakem dusíku těsně vedle oblasti s tlakem dusíku nižším, určitě bude proudit dusík z oblasti s vyšším tlakem do oblasti s nižším tlakem a nastane postupné přemisťování z jedné tkáně do druhé. Postupný transfer již byl zaznamenán i při použití mnoha farmaceutických výrobků. A také je rozdíl v tom, jako dlouho trvá, aby se do těla nějaká látka dostala ve srovnání s časem potřebným pro její odstranění.

Jako univerzálně platné je potřeba si také uvědomit, že mnozí potápěči jsou v přístupu a respektu k potápěčským pravidlům a předpisům často tak "vynalézaví", že to značně ovlivňuje řádný a vysvětlitelný transport dusíku. Jinými slovy, na pravidla a předpisy prostě kašlou. To má pak praktické důsledky.

Praktické důsledky

Poločasy jsou výpočty potápěčských časových limitů vycházejících (kromě jiného) z eliminace dusíku, který se nachází v těle v rozpuštěné formě, tedy ne dusíku, který už je zase ve formě plynu před vydechnutím. Jestliže se tvoří bublinky, výměna dusíku už neprobíhá podle známých poločasů. Tady již většina modelů dekomprese neplatí. Někdy bublinky pomohou dusík odstranit, jindy to funguje tak, že když se v těle začnou tvořit bublinky, mohou bránit mechanicky i chemicky odchodu dusíku z těla. Čím se sníží nebo zabrání tvorbě bublinek?

1. Pomalým výstupem
2. Zařazováním bezpečnostních přestávek
3. Zdravou kardiovaskulární soustavou
4. Omezováním celkového vystavování se dusíku

To vše dohromady může významně ovlivnit čas, kdy má tělo možnost vytěsnit dusík ještě předtím, než se vytvoří bublinky, oproti situaci, kdy se tělo naplní inertními plynovými "bombami".

Poločasy jsou skutečné a platí

Máme tedy v těle jakési pětiminutové, šedesátiminutové, či stodvacetiminutové oblasti? Vskutku je vysoce pravděpodobné, že tělo má části, které nabírají nebo ztrácejí polovinu své dusíkaté zátěže po dobu 5, 60 a 120 minut. Samozřejmě, že takové části nezahrnují celé tělesné orgány, jakými jsou srdce nebo žaludek, ale jedná se o podobné tkáně, které se nacházejí v celém těle.

Možná, že celému systému vytěsňování dusíku z těla ještě nerozumíme úplně přesně a beze zbytku, proto také nedokážeme zabránit dekompresní nemoci, ale věřte, že poločasy jsou skutečné a platí.