

Nick Lane

KYSLÍK

Molekula, která stvořila svět



argo / dokořán

Nick Lane

KYSLÍK

Molekula, která stvořila svět

DOKOŘÁN

Nick Lane

KYSLÍK

Molekula, která stvořila svět

Oxygen was originally published in English in 2002. This translation of revised edition printed in 2016 is published by arrangement with Oxford University Press. Dokoran is solely responsible for this translation from the original work and Oxford University Press shall have no liability for any errors, omissions or inaccuracies or ambiguities in such translation or for any losses caused by reliance thereon.

Kyslík poprvé vyšel anglicky v roce 2002. Tento překlad revidovaného vydání z roku 2016 vychází po dohodě s nakladatelstvím Oxford University Press. Za překlad z původního vydání je odpovědné výhradně nakladatelství Dokořán a Oxford University Press nenese odpovědnost za žádné chyby, vynechávky, nepřesnosti ani nejednoznačnosti v překladu ani za žádné škody způsobené spoléháním na něj.

© Nick Lane 2002, 2016

Translation © Pavel Pecháček, 2020

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této publikace nesmí být rozmnožována a rozšiřována jakýmkoli způsobem bez předchozího písemného svolení nakladatele.

Druhé vydání v českém jazyce (první elektronické).

Z anglického originálu *Oxygen. The Molecule that Made the World*

přeložil Pavel Pecháček.

Odpovědný redaktor Zdeněk Kárník.

Redakce Marie Černá.

Obálka a sazba Michal Puhač podle návrhu Pavla Růta.

Vydalo v roce 2020 nakladatelství Dokořán, s. r. o., Holečkova 9, Praha 5,

dokoran@dokoran.cz, www.dokoran.cz,

jako svou 1085. publikaci (346. elektronická).

ISBN 978-80-7363-166-6

Pro Anu

OBSAH

KAPITOLA 1.	Úvod	9
KAPITOLA 2.	Na počátku	23
KAPITOLA 3.	Mlčení věků	35
KAPITOLA 4.	Zápalná šňůra kambrické exploze	57
KAPITOLA 5.	Bolsoverská vážka	77
KAPITOLA 6.	Zrada ve vzduchu	103
KAPITOLA 7.	Zelená planeta	125
KAPITOLA 8.	Hledá se LUCA	139
KAPITOLA 9.	Portrét paradoxu	161
KAPITOLA 10.	Antioxidační stroj	183
KAPITOLA 11.	Sex a umění tělesné údržby	199
KAPITOLA 12.	Jez! Nebo budeš žít navždy	219
KAPITOLA 13.	Odchylování pohlavních rolí	233
KAPITOLA 14.	Za hranicí genů a osudu	261
KAPITOLA 15.	Život, smrt a kyslík	289

Poděkování 315

Doporučená literatura 317

Slovníček 335

Rejstřík 347

ÚVOD

ELIXÍR ŽIVOTA – A SMRTI

Kyslík se nedá snadno zařadit. Už od jeho objevu v 70. letech 18. století byly jeho vlastnosti a chemická povaha mezi učenci a šarlatány předmětem hádek a polemiky neutichající ani v současnosti. Kyslík se oslavuje jako elixír života – zázračné tonikum, lék proti stárnutí, zkrášlovací kúra či účinná léčebná terapie. Vedle toho se pojí s rizikem požáru a považuje se za nebezpečný jed, který časem může člověka dokonce zabít. Články o zdraví určené široké veřejnosti podávají protichůdné informace. Na jednu stranu se říká, že vdechování čistého kyslíku v celosvětově rozšířených „kyslíkových barech“ a zdravotnických zařízeních působí přímo zázračně, na druhou stranu se tvrdí, že opačný přístup, tedy hypoxická terapie – simulace pobytu ve vysokohorském prostředí, což vyžaduje eliminaci nadbytečného kyslíku – přináší zdravotní výhody spjaté se střídmostí. Terapie, jež pracují s takzvaným „aktivním“ kyslíkem – ozonem a peroxidem vodíku – se nabízejí jako zázračné metly na bakteriální infekce nebo jako lék proti rakovině. Zároveň jsme však poučováni, že tajemstvím dlouhého života je konzumace velkého množství antioxidantů, které nás před týmiž „aktivními“ formami kyslíku ochrání. Zdá se, že kyslík přitahuje nesmysly a dezinformace jako magnet.

Jakkoli jsou tyto informace zmatečné, shodují se v jednom: kyslík je důležitý. Koneckonců když přestaneme dýchat, během pár minut zemřeme. Naše tělo je obdivuhodně vybavené na to, aby kyslík dodávalo do každé z více než 30 bilionů našich buněk. Veškerá symbolika rudé krve ve výsledku spočívá v jednoduché chemické vazbě mezi kyslíkem a hemoglobinem v červených krvinkách. K nejhorším obavám člověka patří dušení a topení, tedy fyzický nedostatek kyslíku. Když uvažujeme o planetě bez kyslíku, vytane nám na mysli krajina bez života posetá krátery, místo jako Měsíc nebo Mars. Přítomnost kyslíku v atmosféře planety patří k rozhodujícím důkazům života: voda signalizuje možnost existence života, ale kyslík znamená, že se ta možnost naplnila – pouze život totiž dokáže zajistit uvolňování kyslíku do vzduchu v dostatečně velkém množství. Pokud se po nás žádá, abychom uvedli rozumný důvod, proč nekácet deštné pralesy a neznečišťovat oceány, můžeme prohlásit, že tyto ohromné zdroje jsou „plícemi“

světa, jež Zemi zásobují životodárným kyslíkem. Jak uvidíme, není to pravda, ale dokládá to úctu, v níž kyslík chováme. Patrně není zas tak překvapivé, že od tohoto plynu bez barvy a zápachu očekáváme mystické či léčebné vlastnosti.

Tato kniha je o životě, smrti a kyslíku. Pojednává o tom, jak a proč život kyslík vytvářel a adaptoval se na něj. O evoluční minulosti a budoucnosti pozemského života. O energii a zdraví, o nemoci a smrti, o pohlavním rozmnožování a regeneraci. A o nás samotných. Význam kyslíku spočívá ve věcech, jež si většina z nás dokáže jen těžko představit a které zdaleka překonávají halasná tvrzení o jeho vlivu na zdraví. Než se však na tu cestu vypravíme, musíme si vymezit oblast, jež nás zajímá. Je kyslík elixírem, jedem, nebo obojím? Jak poznat, kde je rozdíl? Nejsnazším způsobem, jak to zjistit, je vrátit se zpět časem, k počátkům našich znalostí.

Už samotný objev kyslíku byl kontroverzní. Zásluhy za tento počín se obvykle dělí mezi anglického duchovního a chemika Josepha Priestleyho, švédského lékárníka Carla Scheeleho a francouzského výběrčího daní a otce moderní chemie Antoina Lavoisiera. Scheele byl z těch tří prvních, nicméně se příliš spoléhal na nejisté vody aristokratické záštity a výsledky zveřejnil teprve po šesti letech. Priestley žádný podobný problém neměl. V roce 1774 vyrobil kyslík tak, že nechal dopadat sluneční světlo na oxid rtuťnatý, a zanedlouho na toto téma sepsal tři svazky. Scheele a Priestley by získali veškeré uznání, nebýt toho, že ani jeden plně nepochopil význam nového plynu. Oba si uvědomovali, že čistý kyslík podporuje hoření – Scheele jej dokonce nazýval „ohnivým vzduchem“ – jenže oba o spalování uvažovali z hlediska chybné teorie, konkrétně názoru, že během hoření se do vzduchu uvolňuje neviditelná substance zvaná flogiston (nikoli že se kyslík spotřebovává). Domnívali se, že kyslík je čistý „deflogistonovaný“ vzduch, z něž byl veškerý znečišťující flogiston odstraněn.

Lavoisier, politický konzervativce, který udělal zásadní převrat v chemii, tuto překroucenou teorii nedlouho před Velkou francouzskou revolucí zavrhl. Byl to on, kdo nám zanechal název kyslík a kdo nakonec dokázal, že kyslík je reaktivní složkou vzduchu.* Lavoisier tvrdil, že hoření je reakcí kyslíku s uhlíkem či jinou chemickou látkou. V rámci slavného pokusu ukázal, že diamanty císaře svatého říše římské (složené z uhlíku) se při zahřívání za přítomnosti kyslíku vy-

* Název kyslík, respektive jeho francouzská podoba oxygène (anglicky oxygen a latinsky oxygenium) je odvozena z řečtiny a znamená „kyselinu tvořící“, a to kvůli mylnému přesvědčení, že kyslík je nezbytný pro vznik veškerých kyselin. V některých případech, například u kyseliny sírové či dusičné, tomu tak skutečně je, leč u jiných, třeba kyseliny chlorovodíkové, nikoli.

paří (vzniká oxid uhličitý), ale že když se kyslíku v přístupu zabrání, zůstanou vcelku. Diamanty jsou věčně pouze za nepřítomnosti kyslíku. Lavoisier šel ještě dál. Zachytáváním plynů a přesným měřením pomocí ultracitlivých vah ukázal, že hoření a dýchání jsou ve své podstatě stejným procesem – při obou se za vzniku oxidu uhličitého a vody spotřebovává kyslík a látky obsahující uhlík a vodík.

Lavoisier se stále zabýval vážením plynů vypouštěných při dýchání a pocení, když jej vyrušili vojáci revolučního tribunálu doprovázení vášnivým davem. Nadělal si několik mocných nepřátel, mezi nimiž byla i vůdčí osobnost revoluce Jean Paul Marat. Lavoisier byl usvědčen ze směšného zločinu ředění tabáku určeného pro vojáky a přivlastnění si daňových výnosů, které náležely státu, a v květnu 1794 byl sťat. Jak řekl matematik Lagrange: „Setnout tuto hlavu trvalo jen chvilku, avšak zrod další takové bude trvat možná i sto let.“

Jenže tento slavný příběh objevu kyslíku je pravděpodobně chybný. Nejenže kyslík jako první připravili alchymisté, ale také velmi dobře pochopili jeho význam. V roce 1604, tedy 170 let před Scheelem, Priestleyem a Lavoisierem, polský alchymista Michal Sendivoj ze Skorska napsal, že „člověk byl stvořen ze Země a žije ze vzduchu; jelikož ve vzduchu se nachází tajná strava života... jeho neviditelný vykrystalizovaný duch je lepší než celý svět.“ Sendivoj postuloval, že tato „vzdušná potrava života“ obíhá mezi vzduchem a zemí jako jedna nepřelíš obvyklá sůl – dusičnan draselný neboli salnytr.* Když se dusičnan draselný zahřeje na více než 336 °C, rozkládá se a uvolní se kyslík, jež alchymisté znali jako *vzdušný ledek*. Sendivoj zjevně věřil, že objevil elixír života, „bez kterého by žádný smrtelník nepřežil a bez nějž na světě nic neroste ani nevzniká“. Jeho myšlenky nezůstaly jen v rovině teorie. Je takřka jisté, že Sendivoj vyrobil kyslík zahříváním dusičnanu draselného, a své metody možná vyložil i nizozemskému vynálezci, alchymistovi Corneliu Drebbelovi, zapomenutému hrdinovi renesanční vědy.

Drebbel přišel v roce 1621 s krásnou ukázkou praktické využitelnosti kyslíku. Po zhotovení věčně pohyblivého stroje (zdánlivého perpetua mobile) poháněného sluneční energií a různých chladicích zařízení či automatů pro Jakuba I. Stuarta postavil Drebbel první ponorku na světě. Jakub I. Stuart stál na břehu Temže a v doprovodu tisíců poddaných sledoval její první šestnáctikilometrovou plavbu z Westminsteru do Greenwiche. Dřevěná ponorka s dvanáctičlennou

* Dusičnan draselný (KNO_3 , dříve také ledek draselný) se projevuje jako ze vzduchu vysrážený bílý povlak na řádně pohnojených půdách (obsahují dusík). Má několik pozoruhodných vlastností. Kromě toho, že se jedná o výborné hnojivo, používal se i ke konzervaci masa a jako lidový léčivý prostředek. Pokud se ledek přidal do nápoje, zchladil jej stejně dobře jako led, ale požil-li se jako lék, měl silný oteplovací účinek. Lučavka královská (směs kyseliny dusičné a kyseliny chlorovodíkové, známá též jako aqua regia neboli „ohnivá voda“) dokáže rozpustit zlato, kterážto schopnost byla mezi alchymisty žádaná. Dusičnan draselný je mimoto hlavní složkou střelného prachu, který v 9. století vyvinuli čínští alchymisté.

posádkou pod vodou podle všeho zůstala tři hodiny. Většina zájmu se soustředila na to, jak Drebbel během této doby zajistil, aby se veslařům obnovoval vzduch. Dle výpovědí očitých svědků, jež o několik let později (v roce 1660) rozebíral významný chemik Robert Boyle, použil Drebbel k obnově „životně důležitých“ složek vzduchu láhev s „tekutinou“ (jiní mluvili o plynu):

Drebbel věřil, že to, co činí vzduch vhodným k dýchání, co se spotřebovává, není celá vzdušná substance, nýbrž její konkrétní podstata či oživující součást. Zbývající, větší díl substance, respektive zdechlina (mohu-li to tak nazvat) vzduchu, nedokáže uchovat plamen života, jenž v srdci sídlí... Z toho důvodu, když si [Drebbel] čas od času všiml, že se kvalitní a čistší část vzduchu spotřebovala ... do špatného vzduchu, aniž by plavidlo plné této kapaliny zastavil, rychle vypustil tolik životodárné složky, že vzduch opět na hodnou chvíli učinil příhodným k dýchání.

Drebbelovi se pravděpodobně podařilo na základě pokynů od svého učitele Sendivoje naplnit láhve plyným kyslíkem, který vyrobil zahříváním dusičnanu draselného. Sendivoj, Drebbel a Boyle zjevně o vzduchu uvažovali jako o směsi plynů, z nichž jedním je kyslík, plyn nepostradatelný pro život. Pocho-pili, že dýcháním či hořením se kyslík v uzavřených prostorách ze vzduchu vyčerpává. Boyle na dýchání a spalování pohlížel nepochybně podobně – životní oheň přebývající v srdci – i když si neuvědomoval, jak moc jsou si obě reakce ve skutečnosti podobné. Boyleův současník a člen Královské společnosti, John Mayow, šel ještě dál: ukázal, že vzdušný ledek (kyslík) vdechovaný do plic dává tepenné krvi její rudou barvu. Tvrdil, že vzdušný ledek tvoří běžnou součást vzduchu, který jej „dodává ohni jako potravu a ze vzduchu se dýcháním dostává i do krve živočichů... Onou vzdušnou potravou ohně podle všeho není vzduch sám, nýbrž jeho aktivnější a nepatrnější část.“ Jinak řečeno, oprostíme-li se od Mayowova archaického slovníku, měl o kyslíku již v roce 1674 překvapivě moderní představu.

Za těchto okolností působí Priestleyho náklonnost k flogistonové teorii (myš-lence, že hoření uvolňuje neviditelnou substanci) o sto let později skoro komicky, třebaže rozhodně nebyl sám. Zkoumání vzduchu vedené klamným flogistonem tápalo po většinu století v mlze. Na základě výsledků pokusů se flogistonu v zá-vislosti na požadavcích připisovala kladná, nulová i záporná hmotnost. I ti, kteří Priestleymu přiznávají zásluhy za objev kyslíku, uznávají, že lpění na této teorii mu nedovolilo spatřit skutečný význam svého objevu.* Z jiného úhlu pohledu byl však Priestley podivuhodně prozíravý. Nepředvídal pouze léčebné uplatnění

* Abychom k Priestleymu byli spravedliví, dodejme, že si byl problémů flogistonové teorie dokonale vě-dom. Flogiston srovnával se světlem a teplem, jež se také nedají zvážít (tehdy ani dnes).

kyslíku (jemuž nadále říkal deflogistonovaný vzduch), ale i potenciální rizika s ním spojená. V knize *Experiments and Observations on Different Kinds of Air* (Experimenty a poznatky o různých druzích vzduchu) publikované v roce 1775 přemítal o vlastních zkušenostech s vdechováním čistého kyslíku:

Pocit, který to vyvolalo v plicích, se prakticky nelišil od dýchání obyčejného vzduchu; měl jsem však dojem, že po nějakou chvíli zůstala má hrud' zvláště lehká a uvolněná. Lze jen dodat, že z čistého vzduchu se časem možná stane módní luxusní položka... Vzhledem k tomu, jak silně a energicky se v tomto čistém vzduchu rozhoří plamen svíčky, se lze domnívat, že v některých patologických případech, kdy běžný vzduch nepostačuje k dostatečně rychlému odstranění hnilobných výparů, bude plicím nadmíru užitečný. Avšak z těchto experimentů lze též vyvodit, že ačkoli čistý deflogistonovaný vzduch [kyslík] může být velmi užitečný coby lék, nemuselo by být jeho užívání vhodné v případě, kdy je tělo zdravé. Jelikož podobně jako svíčka, která v deflogistonovaném vzduchu hoří rychleji než v tom běžném, bychom mohli, dá-li se to tak říct, **žít příliš rychle** [Priestleyho zdůraznění] a živočišné síly by se v takovém čistém typu vzduchu vyčerpaly příliš rychle. Moralista by snad prohlásil, že vzduch, jímž nás obdařila příroda, je tak dobrý, jak si zasluhujeme.

Každý, kdo dnes v „kyslíkovém baru“ inhaluje čistý kyslík, se nad Priestleyho svéráznou analogií a mravními názory jistě pousměje, ale s podstatou těchto poznámek by nesouhlasilo jen málo badatelů. Za pozornost stojí, že Priestley jako první vyslovil domněnku (pokud je mi známo), že kyslík může urychlovat stárnutí. Toto varování zůstalo jeho současníky, kteří ještě před koncem století začali věřit v léčebný potenciál kyslíku, nevyslyšeno. Navzdory podezřením se jeho toxicitu nepodařilo doložit ještě několik set let.

Prvním člověkem, který kyslík využil k terapeutickým účelům, přinejmenším ve velkém měřítku, byl Thomas Beddoes. Beddoes založil roku 1798 v Bristolu Pneumatický ústav pro inhalační plynovou terapii, kde zaměstnal vynikajícího mladého chemika Humphryho Davyho. Ti dva se pokoušeli léčit choroby do té doby pokládané za neléčitelné. Naneštěstí byli při výběru pacientů přespříliš ambiciózní a jejich léčba měla jen malý klinický přínos. Horší bylo, že nečistoty v plynu pacientům často přivodily zápal plic. (Je možné, že zápal plic paradoxně nezpůsobovaly jen nečistoty: zapříčiní jej i čistý kyslík.) Kvůli těmto potížím i nejistým dodávkám kyslíku byl ústav v roce 1802 uzavřen. Davy svou zdejší činnost později popsal jako „sny špatně využitého génia, kterého světlo experimentu a pozorování nikdy nepřivedlo k pravdě“.

Podobné střídání nadějí a neúspěchů se opakovalo většinu 19. století. Problémy s nečistotami a různorodost metod, jak plyn pacientům podávat, způsobily,

že nikdy nevznikl klinický konsenzus. Někdy se kyslík inhaloval přímo z masky či vaku. Jindy se nechával probublávat přes kbelík s vodou umístěný poblíž postele, zatímco se směrem k pacientovi naháněl vzduch z místnosti. Neúspěch zaručen. S tak nesourodými postupy a takřka nulovým systematickým srovnáváním nijak nepřekvapí, že výsledky byly rozporuplné. Zastánci kyslíkové terapie slibovali zázračnou léčbu (v souvislosti s takovým zánětem plic možná oprávněně), ale hlasy z hlavního medicínského proudu zůstávaly většinou nevzrušené a tvrdily, že přínos je pouze dočasný, popřípadě že kúra má zklidňující, nebo dokonce jen domnělý účinek. Rozkol ještě umocnili obyčejní mastičkáři a šarlatáni, kteří naivním lidem podstrkovali tajný přípravek známý jako „složený kyslík“. Některá tvrzení z 80. let 19. století se pozoruhodně podobají těm, jež dnes zaznívají od zastánců terapie „aktivním kyslíkem“. Etičtí provozovatelé kyslíkových terapií tato tvrzení odmítali a dodnes odmítají.

Medicínský zájem o kyslíkové terapie vzrostl poté, co se vynořilo velké množství nepodložených zpráv, z nichž vyplývalo, že vysoký parciální tlak kyslíku skutečně ovlivňuje zdravotní stav. Například se zjistilo, že pacienti trpící zápallem plic, kteří žijí v místech s vysokou nadmořskou výškou a nízkým tlakem kyslíku – třeba v hlavním městě Mexika – mají vyšší šanci na uzdravení, když se přesunou do níže položených plání, kde je tlak kyslíku vyšší. Podobně se pacientům s kardiovaskulárními chorobami obecně lépe daří na úrovni hladiny moře než ve vysoké nadmořské výšce. Americký lékař Orval Cunningham, jehož tyto zprávy zaujaly, dospěl k názoru, že vyšší barometrický tlak by účinek mohl ještě zesílit. Po řadě zjevných úspěchů pomohl jeden vděčný klient financovat stavbu vůbec největší hyperbarické (přetlakové) komory. Vznikla roku 1928 v Clevelandu ve státě Ohio a jednalo se o dutou ocelovou kouli o průměru 20 metrů s pěti poschodími, která vyvíjela tlak o zhruba dvojnásobku atmosférického tlaku na úrovni hladiny moře. Stála milion dolarů.

Cunningham svou obrovskou ocelovou kouli zařídil jako hotel, v němž nechyběl kuřácký salonek, restaurace, drahé koberce a soukromé pokoje. Naneštěstí použil stlačený vzduch, nikoli kyslík, takže celkový tlak kyslíku nebyl vyšší než ten, kterého lze za zlomek ceny dosáhnout s použitím masky. A co hůř, spíš než aby léčil pacienty trpící například zápallem plic či kardiovaskulárními chorobami, jimž by procedura prospěla, poskytoval terapii nemocným cukrovkou, zhoubnou chudokrevností a rakovinou, a to na základě mylného předpokladu, že všechny tyto potíže zapříčiňují anaerobní (kyslík nesnášející) bakterie. Ani jeho záměry, ani jeho výsledky neudělaly dojem na Americkou lékařskou asociaci, která projekt označila za „daleko podbarvenější ekonomickými zájmy než vědecky podloženou medicínou“. Ocelová koule přežila jen pár let, než byla v roce 1942 rozebrána a prodána do starého železa, čímž se podpořilo americké válečné úsilí.

Cunningham si měl počínat lépe. Navzdory nejednoznačné historii kyslíkové terapie obor na vědecký základ nakonec počátkem 20. století postavil význačný skotský fyziolog John Scott Haldane (otec biologa J. B. S. Haldanea). Haldane byl odborník na hyperbarickou medicínu a během první světové války využíval kyslík k léčbě zranění způsobených plynným chlorem. Své zkušenosti shrnul v průlomové knize *Respiration* (Dýchání), která vyšla v roce 1922 a v níž zastával názor, že některé pacienty s dýchacími, oběhovými a infekčními obtížemi lze léčit soustavnou inhalací kyslíku. Tvrdil, že důsledná kyslíková terapie nemá jen zmírňující účinky, nýbrž i zastavuje ničemný degenerativní cyklus, neboť dává tělu příležitost znovunastolit zdravou rovnováhu.

Haldaneovy principy jsou základem moderní kyslíkové terapie, nicméně ani dnes přesně nechápeme, nakolik je tato terapie přínosná. Rozsáhlý klinický pokus, shrnutý v květnu 2000 na stránkách časopisu *New England Journal of Medicine*, ukázal, že inhalace osmdesátiprocentního kyslíku po dobu dvou hodin snižuje ve srovnání s běžnou procedurou (třicetiprocentní kyslík během dvou hodin) riziko infekce rány po kolorektálním zákroku na polovinu. Zjištění, že něco takto prostého má za následek tak velký rozdíl, je povzbudivé. Potěší ale i fakt, že léčba, která je v takřka totožné podobě dostupná přes dvě stě let, se na počátku 21. století stále dostává na titulní stránky lékařských časopisů. Kdyby nic jiného, dokládá to, do jaké míry může vědeckému pokroku bránit bezmyšlenkovitá profesní reakce na nafouknutá tvrzení mastičkářů a šarlatánů.

Haldane počátkem 20. století naznačoval, že k obezřetnosti je další důvod – možná toxicita kyslíku. Sám k tomu napsal:

Musíme mít na paměti i pravděpodobné riziko spojené s dlouhodobým podáváním čistého kyslíku, a bude-li třeba, porovnávat jej s rizikem, které představuje trvalý nedostatek kyslíku. Nelze stanovit žádné pevné pravidlo. Vhodný způsob další léčby musí po pečlivém pozorování určit na základě svých zkušeností a znalostí lékař.

Je pochopitelné, že lékaři upřednostňovali minimalizaci rizika. Ale jaká zde vlastně panují nebezpečí? Haldaneova opatrná formulace způsobila, že rizika vyznívala spíše teoreticky, nicméně kyslík umí, zejména pod vysokým tlakem, vyvolat děsivé fyzické reakce, což Haldane díky svému výzkumu na poli hyperbarické medicíny dobře věděl.

Toxicita kyslíku se za normálních okolností projevuje pozvolna, respektive na první pohled není patrná. Kyslíkovou terapii podstupuje v nemocnici mnoho lidí, tráví dny a někdy i týdny v kyslíkových stanech nebo kyslík vdechují v barech, aniž by to mělo škodlivé následky. Kosmonauti často celé týdny bez přestávky