

Z mořských hlubin do vesmíru.

Odkud by měla NASA nebo soukromá sféra vybírat adepty pro příští generaci astronautů? Takoví lidé musí toužit po dobrodružství, musí mít ohromný smysl pro každou maličkost a zároveň se musí vyznačovat doslova bezmezným nadšením pro poznávání nového a neznámého.

nachází v hlubinách oceánů. Astronauti a akvanauti (dále společně jen "NAUTI") jsou si velmi podobní a vztah mezi těmito dvěma skupinami již existuje. Na své dovolené od NASA pracoval v roce 1965 astronaut amerického námořnictva Scott Carpenter na projektu "Člověk a moře" jako vedoucí týmu potápěčů. Mají-li být vědeckými pracovníky ve vesmíru či pod mořem úspěšní, musí mít řadu vlastností, které jsou pro obě tyto skupiny společné.

Od nočních hvězd ke hvězdám mořským

Přenos požadovaných návyků a dovedností používaných akvanauty do situací při plnění role astronautů by značně urychlil výzkum vesmíru díky zkrácení doby potřebné pro výcvik. Navíc některá bezpečnostní opatření a záchranné úkony používané při potápěčských výzkumech a expedicích by mohly být užitečné i při výzkumu vesmíru.

Mezi těmito dvěma subkulturami však existují i rozdíly. Současní astronauti cestují do vesmíru ve velkých raketách (o váze 2 tisíc tun) a krouží kolem země rychlostí 8 kilometrů za vteřinu ve výšce 180 až 650 kilometrů. Akvanauti sestupují do vody v tlakovém zvonu jako potápěči bez jakýchkoliv přístrojů, nebo v komoře - do hloubek od 10 do 600 metrů mořské vody (mmv) rychlostí od 3 do 40 metrů za minutu a zůstávají ve vysokotlakém prostředí, dokud se nedekompresují.

Ale i tyto rozdíly mají něco společného. Když potápěči sestupují do hloubky, stoupá parciální tlak plynů, které dýchají (kyslík, hélium nebo dusík) podle Daltonova zákona. Tímto zákonem se řídí přesně vypočtená rovnováha dýchacích plynů v saturační potápěčské komoře (komoře SAT).

Zatímco v Mezinárodní vesmírné stanici (ISS) a v současných raketoplánech (a družicích) se po většinu času udržuje obsah kyslíku na normálním tlaku u hladiny moře, tlak v komoře rakety se zvyšuje podle Daltonova zákona. Velikost komory pro spalování paliva musí odpovídat požadavku na rovnoměrné spalování. Daltonovým zákonem se řídí vztah mezi tlakem a dalšími proměnnými. Obě skupiny se tedy musí podřizovat mnoha stejným zákonitostem, i když ne stejným způsobem.

Astronauti i akvanauti tvoří zpravidla malé, kompaktní, vysoce trénované a silně týmově orientované skupiny lidí. Obě skupiny navrhují, nacvičují a učí se doslova po paměti provádět záchranné úkony. Obě skupiny potřebují při svých výpravách významnou podporu v oblasti pomocného personálu i rozsáhlého technického zabezpečení. Návlek logistiky je důležitou složkou každé výpravy a před každou cestou do vesmíru nebo na potápění se v komoře SAT probíhá důkladné plánování a návlek. NAUTI obou skupin musí žít v omezených prostorech po dobu od pěti dnů až po šest měsíců.

Žádná z těchto skupin nemá přesné rozlišení mezi dnem a nocí, při potápění v komoře SAT pronikne slunce do hlubin jen málokdy. A i to minimální světlo, které se dostane do hlubokých vod, ztrácí své červené, oranžové a žluté tóny a bez nějakého dodatečného externího světelného zdroje se vše jeví jako zelené či modré. Naproti tomu astronauti při obletech Země rychlostí vyšší než 4 míle za vteřinu zažívají 32 východů a západů slunce denně.

Základem je flexibilita

NAUTI jsou jako rybky v kulovitém akváriu – průhledy sledují ohromný svět pohybující se kolem nich. V těsném prostředí je důležité, aby byly jasně stanoveny role vedoucího i přesně vymezené oblasti/odpovědnosti každého jednotlivce. Přesto zde každý stojí před možností, že bude muset jednat jako technik, mechanik, ichtyolog, geolog, ale i uklízeč, prادلena a kuchař. Vítání jsou lidé, kteří jsou doslova všemělové.

Protože je prostředí při cestách do vesmíru i do mořských hlubin specifické, musí se pro všechny NAUTY vypracovávat psychologické modely: týmy se skládají ze vzájemně kompatibilních osob, aby byla mezi nimi zajištěna maximálně účinná komunikace.

Fyzický stres neobvyklého prostředí, odlišný rytmus denního světla a tmy často způsobující nedostatek spánku, náročný pracovní program a stísněný životní prostor vyžadují, aby se všichni členové týmu navzájem výborně snášeli. Zde se nedá řešit případný konflikt tak, že se pro uklidnění odejde někam ven – všichni jsou x kilometrů nad nebo pod hladinou moře. Všichni musí odsunout stranou své ambice a zájmy a sledovat pouze cíle stanovené pro celý tým.

Voda je nejlepší a nejlevnější prostředí pro přípravu astronautů na stav dlouhodobého volného pádu ve vesmíru (pro simulaci stavu beztíže). Při nácvičku plnění nejrůznějších úkolů se astronauti v oblecích používaných ve vesmíru vyváží na neutrální vzplývavost a ponoří do vody v laboratoři. Tam si pod vodou zkoušejí a nacvičují každý manévr nebo pracovní úkon a teprve potom jej provádějí ve vesmíru.

V současné době nacvičují astronauti NASA v komorách SAT provádění různých zdravotních úkonů. Odloučený a stísněný prostor komory SAT napodobuje podmínky v Mezinárodní vesmírné stanici (ISS) nebo v družici, kde má zdravotní technik velmi málo místa. Astronauti nad atmosférou i akvanauti pod vodou mívají s sebou jen omezené množství zdravotnického materiálu, takže takový nácviček simuluje astronautům velmi reálné podmínky, v kterých se ocitnou ve vesmíru.

V komoře SAT se simuluje situace, kdy jsou astronauté i lékař vzdáleni tisíce kilometrů od Země a v tomto prostředí se diskutují a probírají různé specifické zdravotní úkony. Tento nácviček je ku prospěchu jak potápěčské komunitě (používající komoru SAT), tak i astronautům a představuje další podobnost mezi oběma skupinami NAUTŮ.

Rovněž astronauti, kteří se připravují na dlouhodobé výpravy, se aklimatizují v komorách SAT. Program NASA zvaný NEEMO (Extreme Environment Mission Operations) je programem, v jehož rámci se astronauti seznamují s technikami a technologiemi, které by mohly být potřebné pro vesmírné cestovatele plnicí prezidentovo rozhodnutí o cestách na Měsíc a dále. Potápějí se v komoře SAT u pobřeží ostrova Key Largo (Florida), kde si zvykají na prostředí v mnoha ohledech stejně nehostinné, jaké je ve vesmíru nebo na jiných planetách. Při šesti takových vý zařízeních, které by mohlo být vysláno do vesmíru.

Poprvé za dlouhou dobu se při těchto ponorech v rámci programu NEEMO provádí i výzkumy v oblasti fyziologie člověka. Členové posádky (astronauti) často poukazují na podobnosti při práci pod vodou a ve vesmíru.

Výpravy spadající do programu NEEMO nejsou prvními akcemi, při kterých NASA získává znalosti a zkušenosti v moři. V roce 1969, dva dny před startem mise Apollo 11, vypustila NASA malou ponorku PX-15 Ben Franklin s šestičlennou posádkou na třicetidenní podmořskou cestu za účelem výzkumu proudění Golfského proudu a také kvůli zjišťování vlivu a účinku dlouhodobého pobytu na lidi v malém uzavřeném prostředí. NASA se tehdy rozhodla zkoumat prostředí v ponorce jako analogickou situaci srovnatelnou se životem ve vesmírné stanici.

Informace z této akce se původně měly zpracovat a použít pro následné výzkumné výpravy pořádané NASA, ale opožděné zahájení výpravy oproti původně plánovanému termínu, jakož i požadavky na naprosto precizní práci znemožnily její dokončení ještě před uskutečněním historického vypuštění Apolla 11 s přistáním na Měsíci. Následkem zmíněného zpoždění se stalo, že výsledky a informace shromážděné NAUTY při této podmořské výpravě byly zcela zastíněny situací, při které Američané vzhlíželi k obloze a sledovali, jak jiná posádka přistane na Měsíci. Nicméně informace získané posádkou ponorky Ben Franklin se stále ještě používají jako směrodatné pro jiné expedice.

NAUTI obou skupin sdílejí nutnost mít podpůrný a řídicí personál. V obou prostředích má NAUT velmi malou autonomii, musí se smířit s tím, že potřebuje odbornou podporu z povrchu Země, kde je k dispozici velké odborné zázemí. Každý okamžik bdění i spánku je naplánován a koordinován lidmi, kteří nejsou přímo na místě. Poměrně dlouho se vytváří a usměrňuje citlivá dynamika interpersonálních vztahů odrážející skutečnost, že NAUT je řízen vedoucím z nějakého vzdáleného místa. Akvanauti jsou na řízení na dálku zvyklí a snášejí je dobře.

Všichni NAUTI bez rozdílu však raději řeší problémy sami. Když se jim umožní vyřešit nějaký problém samostatně nebo společně se svým týmem, dostane se jim tak cenné zkušenosti upravit si své prostředí a zařízení a pomůže to vybudovat ještě soběstačnější tým.

Srovnání obytných prostor

Atmosféra může být upravená a řízená, proto není zapotřebí žádných speciálních oděvů ani na stanici ISS, ani v družicích či v komoře SAT. Tlak uvnitř ISS a v družici udržují kovové stěny (ve vesmírném vakuu), nebo vně komory SAT (ve vodě, která je hustší než vzduch). Protože je atmosféra v obytných prostorách uzavřená, musí se udržovat tak, aby umožňovala život.

Savci přežijí pouze tam, kde mohou dýchat plynné směsi, jejichž součástí je alespoň 16 procent kyslíku. Atmosféra, která se používá a udržuje ve stanici ISS a v družicích je stejná jako v komoře SAT. V uzavřených systémech se zvýší obsah oxidu uhličitého (CO₂, což je vedlejší produkt kyslíkového metabolismu) během 10 minut na úroveň přesahující míru snesitelnosti pro lidský organismus (t.j. přibližně 6 procent celkového objemu).

V družicích se tento problém řeší tak, že se dýchací médium vhání pomocí několika ventilátorů do "praček plynu," které z něj dstraňují CO₂. V těchto pračkách plynu se CO₂ chemicky váže a následkem toho se vytváří vodní páry, vlhkost a křída. Získaná voda se pak vede do subsystému pro rekuperaci vody. V pračkách plynu bývá vrstva dřevěného uhlí kvůli absorbování a odstraňování zápachu.

Jiné systémy přidávají a homogenizují kyslík, aby v atmosféře nevznikaly shluky a kapsy, kontroluje a řídí se cirkulace, teplota a vlhkost (přebytečná vlhkost se odstraňuje) - to vše takovým způsobem, aby prostředí ve stanici ISS a v družicích bylo podobné normální atmosféře při tlaku u hladiny moře a s obdobným obsahem kyslíku. Řízení teploty je pro stanici ISS i družice klíčově důležité kvůli podstatným změnám teploty ve vakuovém prostoru. Neexistuje žádná atmosféra, která by udržela rovnoměrné teplo po devadesát minut, protože zmíněná tělesa se při oběhu dostávají často ze dne do noci a naopak.

Vzhledem k úplné izolaci ve vesmírném prostoru je mimořádně důležitá recyklace vody. I když u běžných komor SAT není důmyslný systém pro sběr a recyklaci vody zapotřebí, všechno ostatní - t.j. praní CO₂, odvěhčování, ohřev a odstraňování zápachu - se provádí stejným způsobem. I v komoře SAT je topení velice důležité, protože okolní voda odvádí teplo 25 krát rychleji než vzduch. Navíc kovové zdi komory a obvykle

vysoký obsah hélia vyvolávají u potápěčů SAT pocit nepříjemného chladu.

V komorách SAT se zpravidla udržuje konstantní tlak (tzv. udržovací hloubka) bez ohledu na to, jak přesně hluboko potápěči během výpravy pracují. Jestliže se komora SAT má ponořit do maximální hloubky 120 mmv (kde je tlak více než 13 krát větší než u hladiny moře), bude požadovaná udržovací hloubka ~90 mmv. Atmosféra v komoře SAT bude směs tří plynů (trimix), t.j. směs hélia, kyslíku a dusíku. Hélium se používá pro eliminaci potenciálních narkotických účinků dusíku.

Parciální tlak kyslíku (PPO₂) se musí omezit na 0,5 procent (t.j. ekvivalent dýchání padesátiprocentního kyslíku za normálního tlaku u hladiny), aby se u potápěčů nedostavily příznaky pulmonální kyslíkové toxicity. Pulmonální kyslíková toxicita je "pálení" plicních sklípků způsobené delším vystavením se vyšším koncentracím kyslíku a projevuje se podrážděním pod hrudní kostí, bolestí při vdechování a sníženou vitální kapacitou plic. Těmto příznakům často předchází neproduktivní kašel a "šimrání" v krku.

Dýchací médium se v komoře SAT zpravidla nemění, dokud ponor neskončí a potápěči nepodstoupí dekompresi. Během dekompresce se tlak snižuje, až se potápěči dostanou zpět na normální tlaky u hladiny.

Během dlouhodobých pobytů v těchto "domovech mimo domov" hraje významnou roli hygiena. NAUTI produkují odpad. Skladování a odstraňování odpadních produktů je pro zdraví a pohodlí NAUTŮ velice důležité. Ve vesmíru se exkrementy odsávají do speciálního oddělení, tekutina se zachycuje a odstraňuje. Pevný odpad se skladuje ve vakuu, které zajišťuje nešíření zápachu. Některé komory SAT jsou vybaveny zařízením, které posádce umožňuje použití velmi podobně, jak je tomu na normální toaletě, i když trubky celého systému musí být silnější, aby snesly vyšší tlak. Ve většině komor SAT se používají přenosné nádržky a tekutý odpad lze odstraňovat okamžitě.

Pevný odpad se ukládá do vaků a posílá k hladině nebo skladuje. Vzhledem k uzavřenému prostředí se většinou upřednostňuje první možnost. Vzhledem k úplnému ponoření komory SAT a povaze práce je odstraňování vlhkosti z dýchacího média dosti obtížné. Zvýšená vlhkost ve spojitosti se zvýšeným tlakem a s nepřírozenými zdroji světla nabízí ideální podmínky pro šíření bakterií. Aby se snížilo riziko ušních infekcí, používají potápěči v komoře SAT jako prevenci antimykotické / antibakteriální roztoky. A protože těžká výbava může odřít v některých místech kůži, jsou NAUTI vystaveni i vyššímu riziku kontaktní dermatitidy. I když se astronauté nepohybují v prostředí se zvýšenou vlhkostí a tlakem, musí se snažit vyhnout se otevřeným poraněním a infekcím.

NAUTI jsou zpravidla fyzicky dobře vybaveni pro překonávání jak dekompresních stresů, tak i sil působících přetížení. Při výpravách si musí udržovat dobrou fyzickou kondici. Kdyby astronauti neprováděli pravidelná cvičení, mohlo by se jim stát, že by se po návratu do gravitačního pole na Zemi nepostavili na nohy a nemohli by chodit. Navíc, když se nepochybně srdeční sval, dochází k jeho slábnutí a snižování výkonu. Kromě toho jsou kosti biologicky nastavené na opakované přijímání rázové zátěže. Nedostatek rázového zatížení má za následek řídnutí kosti úbytkem vápníku. Bez cvičení by se kosti stávaly křehčími a při návratu do gravitačního prostředí by se lámaly.

Při cvičení se NAUTI potí. V případě akvanautů to znamená, že tím ještě zvyšují již tak vysokou hladinu okolní atmosférické vlhkosti, i když to nějak závažný problém není. Astronauté nemají gravitaci, která by jim pomáhala odstraňovat pot. Proto si pot vysušují foukáním vzduchu z ventilačního otvoru a utíráním ručníky. Kdyby se astronaut pohyblivým vzduchem nevysušoval, zůstával by mu pot lpět na kůži a jeho

vrstva by postupně sílila.

Pro obě skupiny NAUTŮ je mimořádně důležitá sladká (nemořská) voda. Na stanici ISS ani na družicích není žádná sprcha. Astronauti používají žínky nebo houby se speciálním mýdlem, které dobře setře ručníkem. V komoře SAT se NAUTI nejdříve osprchují v slané vodě a poté opláchnou vodou sladkou. I oni používají speciální mýdlo, které se nerozpadne v slané vodě. Veškerá použitá voda se pak odstraňuje mimo komoru.

Neexistuje-li žádná gravitace, použití sprchy ve vesmíru by mělo za následek vodu volně létající prostorem. Vzhledem k množství elektronických zařízení jak ve stanici ISS, tak i v družicích by mohla volně létající voda tato citlivá zařízení poškodit.

Vzhledem k tomu, že zásoby vody by se ve vesmíru doplňovaly jen velmi obtížně, voda se rekuperuje a recykluje z odpadních dřezů, z moči, z palivových článků i z kondenzátu vznikajícího při dýchání astronautů. Procesor pitné vody upravuje odpadní vodu tak, že se z ní stává voda pitná. Kvalitu vody pečlivě hlídá jiný nezávislý systém.

Jedno z největších nebezpečí pro obytný prostor ve vesmíru i pod vodou je oheň, proto existuje celá řada opatření, aby se minimalizovalo nebezpečí vznícení. Čtyři složky potřebné pro hoření jsou teplo, palivo, kyslík a chemická reakce. Jestliže se neúměrně posílí jedna z těchto složek nebo více z nich, zvýší se významně riziko vznícení.

Zřejmě nejnebezpečnější částí letu do vesmíru je návrat. Teplota ochranných destiček dosahuje až 938 °C a přední hrana křídel může dosáhnout teploty až 1371 °C. Tento nárůst teploty může být skutečně problematický, jestliže je k dispozici správné palivo a kyslík.

I potápěči s komorou SAT se mohou dostávat do velkého nebezpečí vznícení, a sice během posledního úseku dekomprese. Aby se minimalizovala dekompresní doba, zvyšuje se PPO₂ až na úroveň 1,2 procenta. To je ekvivalent stovacetiprocentního kyslíkového prostředí. Proto se významně potlačují všechny ostatní základní složky (předpoklady) pro vznícení, aby se snížilo nebezpečí požáru.

Podobnosti při opuštění obytného prostoru Když potápěč opustí pod vodou komoru, říká se tomu výlet. Požadavek na dekompresi při výletu je dán množstvím inertního plynu v dýchacím médiu.

Jediný způsob, jak snížit obsah inertního plynu, je zvýšit v obsah kyslíku v dýchacím médiu. Potápěči z komor SAT používají recyklátory nebo rebreathery, pomocí kterých dýchací médium recirkuluje a nevypouští se do vody. Rebreathery plyn zachycují, odloučí z něj CO₂ a přidávají do něj kyslík – stejně, jak se to děje v obytných prostorech, ovšem v menším měřítku. Při práci potřebují potápěči ve svém dýchacím médiu vyšší koncentraci kyslíku.

Pro své výlety mimo stanici musí mít astronauté své obleky/skafandry poněkud upravené. Aby překonali vysokomolekulární kyslíkové vakuum v prostoru na nízkých oběžných drahách kolem Země (LEO), musí mít na sobě tlakové skafandry nazývané EVA (extravehicular activity suit).

Tyto skafandry dodávají kyslík pro dýchání a také udržují celé tělo pod takovým tlakem, aby tělesné tekutiny zůstávaly v tekutém stavu. Tento skafandr se podobá rebreatherům používaným potápěči při technickém potápění.

Kosmický skafandr také chrání před malými meteoroidy a izoluje svého nositele před extrémními teplotami v kosmickém prostoru zabudovaným chladicím a vyhřívacím systémem. Bez atmosféry, která fitruje sluneční záření, by se strana skafandru, na kterou dopadají sluneční paprsky zahřála až na 115 °C a strana odvrácená by se ochladila až na -155 °C.

Tlak ve skafandru EVA se liší od tlaku rovnajícímu se podmínkám na hladině moře, který se udržuje ve

stanici ISS a v družicích. Kdyby byl skafandr EVA ve vakuovém prostoru natlakován na výši běžnou u hladiny moře, jeho nositel by se nemohl hýbat. (Každý potápěč, který si někdy jen trochu přetlakoval svůj skafandr, ví, jak obtížně se v takovém stavu pohybuje.) V takovém případě by byl skafandr příliš tuhý, paže a nohy by nebylo možné ohýbat a astronaut by nemohl pracovat. Nízkotlaký skafandr (s asi třetinovým tlakem ve srovnání s tlakem u hladiny moře) je výhodný, protože ve vnějším prostoru umožňuje vynikající pohyblivost.

Podle Daltonova zákona snižování tlaku má za následek snižování celkového množství kyslíku v dýchacím prostoru – proto je pro udržení života nutné zvýšit PPO₂. Zvýšené nebezpečí požáru je u skafandru EVA přijatelné, protože zde nejsou žádné elektronické komponenty, které by mohly iniciovat vznícení.

Stanice ISS a družice však obsahují elektronických součástí velmi mnoho, a proto by tam bylo – v případě zvýšených hladin kyslíků – nebezpečí požáru dosti vysoké.

Saturační potápěč potřebuje být chráněn před prvky, kterým je vystavován při použití suchého nebo horkovodního skafandru. Takový skafandr potápěče chrání hlavně proti chladu řícházecího z okolní mořské vody. Ve většině světových oblastí sluneční paprsky neproniknou do hloubek, v kterých se pohybuje komora SAT, a voda v takových hloubkách může být studená až -2 °C. Na rozdíl od vakua ve vesmírném prostoru mohou být akvanauti vystaveni vodě i bez skafandru, ale jen po krátkou dobu. Pro potápěče je nejdůležitější dýchací médium.

Opuštění obytných prostor s sebou nese poměrně značné riziko. Astronauti se s tím vypořádávají poměrně dobře, protože při vesmírné procházce zpravidla používají dva spojovací body a pohybují se přitahováním nebo se odrážejí rukama.

Astronauti se nemohou pohybovat pádlováním nebo plaváním, protože ve vesmíru se nemají od čeho odrážet. Riziko při oddělení se od saturační komory je značné. Současní potápěči používající komoru SAT, kteří jsou při jejím opuštění nepřivázaní, musí dávat velký pozor, aby neztratili orientaci. Jedním z velkých rozdílů je skutečnost, že akvanauti jsou vystaveni stavu beztíže pouze tehdy, kdy se jejich těla vznášejí ve vodě, zatímco astronauti se pohybují v beztížném stavu až do svého návratu na Zemi. Pouze při výpravě k jiné planetě mohou astronauti zažít částečnou gravitaci.

Fyziologické podobnosti

Když se astronauté připravují na rocházkou do vesmíru, musí předtím – ve stanici ISS nebo v družici – začít dýchat kyslík kvůli velkému rozdílu mezi tlakem v obytných prostorech a ve skafandru EVA.

Nedodržení tohoto pravidla o přípravném dýchání (nebo nenastavení tlaku v kabině na parametry skafandru před procházkou) by mohlo mít za následek přenos rozpuštěného dusíku z tkání do astronautova krevního řečiště. Z důvodu rychlého poklesu tlaku by se začaly v krvi tvořit bublinky dusíku.

Poté, co by je napadly fagocyty (t.j. buňky pohlcující cizorodé částice), napadly by je jako cizorodé látky i leukocyty (bílé krvinky).

Zkrátka a dobře, astronaut by utrpěl nehodu. Příznaky by se objevily již během oblečení do skafandru EVA nebo těsně po jeho odložení a v některých případech by mohly být fatální. Přípravné dýchání se podobá předběžnému dýchání při

použití kyslíkového rebreatheru. Přípravné dýchání se provádí inhalací z izolované masky v obytných prostorech. Tento postup se aplikuje i při používání skafandrů EVA. Zajistí se tak, že vyššímu procentu

kyslíku je vystaven pouze astronaut, ne celé vesmírné plavidlo. Během tohoto procesu se snižuje množství dusíku obsaženého v tkáních a až na úroveň, při které existuje jen minimální riziko dekompresní nemoci (DCS). Změnou atmosférického tlaku by se zkrátil čas potřebný pro přípravné dýchání.

I když neexistují žádné zprávy o "vesmírné dekompresní nemoci (DCS)", NASA zaznamenává dosti často výskyt DCS při pozemních testech v hyperbarických komorách. Při nasazení přípravného dýchání ve vesmíru se však dodržují velmi přísná bezpečnostní kritéria a parametry. Rovněž před letem se v tomto směru zavádějí další a dodatečná opatření. Rychlosti metabolismu ve skafandru během přípravného dýchání kyslíku jsou poněkud vyšší než při testech v klidovém stavu. Proč je tomu tak? Je to proto, že astronaut se v tlakovém skafandru pohybuje a pracuje v něm. Průzkum provedený doktorem Michaelem Gernhardtem (astronautem NASA, ředitelem Laboratoře pro environmentální fyziologii a hlavním výzkumníkem Programu pro redukci přípravného dýchání – vesmírného střediska Johnson Space Center) při NASA prokázal, že i mírně zvýšené rychlosti metabolismu podporují eliminaci dusíku a snižují dekompresní stres.

Následkem toho astronauti provádějí fyzická cvičení během dýchání kyslíku, aby podpořili eliminaci dusíku. Je to sice pravda a opravdu to funguje, ale musí se jednat o cvičení specifická a přesně definovaná. Nejúčinnějšího snižování bublinek dusíku se dosahovalo kombinací velmi intenzivních cvičení s lehkou námahou. 4 Podobné problémy s DCS se vyskytují i při "výletech" saturačních potápěčů. Ti, kteří musí kvůli nějaké činnosti sestoupit podstatně hlouběji, než je udržovací hloubka, mohou při návratu do obytných prostor čelit nutnosti dekomprese. Kromě toho platí, že všichni potápěči musí absolvovat dekompresi, a to při každém ponoru a bez ohledu na jeho hloubku. Taková dekomprese zpravidla probíhá při výstupu pečlivě kontrolovanou rychlostí.

Když při hloubkovém saturačním ponoru sestupují potápěči ke dnu, musí sledovat, zdali se u nich nedostavují příznaky nervového syndromu z vysokého tlaku (HPNS). Patří k nim závrať, nauzea, zvracení, pocity strachu, únava a ospalost, škubavé pohyby, žaludeční křeče, snížená intelektuální a psychomotorická výkonnost, špatné spaní provázené těžkými sny a zvýšená činnost pomalých vln při snížené činnosti rychlých vln mozku naměřených elektroencefalografem.⁵ I když je přesný původ zatím neznámý, považují se za příčinu HPNS vysoké tlaky umocněné volbou dýchacího média a rychlostí sestupu. Např. někteří potápěči zažívají při rychlých sestupech i do hloubky pouze 92 mmv mírnou formu HPNS nazývanou "héliový strašák", a sice v případech, kdy používají k dýchání směs hélia a kyslíku. Po překročení určitých tlaků (hloubek) se výkonnost potápěčů prudce snižuje.

Když ale astronauti naberou rychlost přesahující 8 mil za vteřinu a dostanou se na oběžné dráze do stavu volného pádu, zažívají tzv. syndrom adaptace na vesmír (SAS), který se podobá kinetóze (nemoci z pohybu). K jejím nejčastějším příznakům patří mírná nauzea, dezorientace, intenzivní pocit nevolnosti až zvracení. Intenzita bolestí hlavy a nutkání na zvracení se různí. Toto onemocnění trvá dva až čtyři dny. Intenzitu zmíněných příznaků lze snížit běžnou medikací proti kinetóze, ale následkem takové řešení je astronautova spavost a letargie.

Astronauté zpravidla netrpí takovými neduhy jako potápěči používající komoru SAT – tedy aseptickou kostní nekrozou (t.j. odumíráním kosti způsobeným rozpuštěným inertním plynem v kosti, který vystupuje z roztoku příliš rychle a tím kost ničí). Naproti tomu u nich dochází k úbytku kostní hmoty zapříčiněnému pobytem v podmínkách mikrogravitace. Astronauti zatěžují kosti méně a nedostatek gravitace způsobuje odvápnění kostí.

Proto se používají ke zvýšení odporu/námahy speciální stroje. Kvůli zvyšování kardiovaskulární činnosti a pro minimalizaci úbytku kostní hmoty se astronauti připoutávají a cvičí každý den 15 minut při patnáctidenních výpravách do vesmíru a 30 minut při výpravách na třicet dní.

Potápěči techničtí a s rebreatherem se často setkávají s příznakem, kterému se běžně říká "kyslíkové ucho", což je syndrom kyslíkové absorpce ve středním uchu, k němuž dochází během ponoru při dýchání plynu bohatého na kyslík. Střední ucho může být pořád ještě naplněné kyslíkem a okolní tkáně tento kyslík metabolizují. Objem plynu během metabolizace kyslíku pozvolna klesá, což způsobuje mezi vnějším a vnitřním uchem nevyrovnanost. Po ponoru potápěči tento rozdíl tlaků vyrovnávají a zpravidla to nečiní žádné problémy.

Astronauti mívají "kyslíkové ucho" ze zcela stejných důvodů. Většinou se s tímto jevem setkávají po cvičných letech v T-38 nebo po procházkách do volného vesmírného prostoru.

Akvonauté i astronauté ztělesňují lidskou touhu po poznávání. Členy základní skupiny astronautů NASA jsou pouze dva profesionální potápěči: Dr. Michael L. Gernhard, původně komerční potápěč (zmněn již shora); a kapitánka (se zvláštním

posláním) Heidemarie M. Stefanyshyn-Piper, potápěčka námořnictva Spojených států. Nicméně při bližším pohledu na současnou základní skupinu astronautů NASA je patrné, že více než 50 procent jejich členů jsou vášnivými plavci nebo kvalifikovanými civilními potápěči, kteří se věnují této činnosti pouze "pro zábavu".

Všeobecně panuje názor, že akvatická adaptabilita je předpokladem pro úspěšné působení jako astronaut. Neexistuje jedinec, který by vlastnil všechny rysy potřebné k tomu, aby z něj byl "dokonalý astronaut". Někteří akvonauté jsou lepší v ovládní přístrojů a dokáží snadno a lehce manévrovat ve vodě, jiní jsou zručnější v tom smyslu, že bez potíží chytají ryby do rukou. A podobně je tomu i u astronautů. Někteří jsou šikovnější při procházkách ve volném prostoru, jiní lépe ovládají mechanickou ruku oběžné družice.

Řešením se zdá být správná kombinace jedinců, kteří vyrovnávají přednosti a nedostatky svých kolegů a společně vytvářejí správný tým "se vším všudy". Akvonauti jsou nejlépe vybavenou skupinou schopnou spojit dovednosti potřebné pro sestupy do hloubek oceánů s cestami a výstupy do vesmírného prostoru. Výběr akvonautů pro výpravy do vesmíru je správná cesta a zvyšuje pravděpodobnost sestavení skutečně úspěšného týmu.