

# Sisäavaruudesta ulkoavaruuteen:

Mistä NASAn tai yksityissektorin tulisi vlita seuraavan polven astronautit? Heidän on oltava yksilöitä, jotka janoavat seikkailua, jotka ovat huolellisia yksityiskohdissa ja joilla on rajaton innostus tutkimiseen.

Paras vaihtoehto uusille astronauteille makaa meren syvyyksissä. Astronautit ja aquanautit (NAUTS) ovat melko samanlaisia ja näiden kahden ryhmän välillä esiintyy jo suhde. Virkavapaansa aikana NASasta, U.S. Navy astronautti Scott Carpenter työskenteli "Man in the Sea" projektin ryhmänjohtajana vuonna 1965 johtaen sukeltajaryhmää.

Menestyksekkäiltä avaruuden ja merentutkijoilta vaaditaan monia samoja luonteenpiirteitä.

## Yön tähdistä meritähtiin

Haluttujen tapojen siirtäminen aquanauteilta täyttämään astronauttien rooli johdattaisi avaruuden tutkimista suuresti vähentämällä vaadittua koulutusaikaa.

Lisäksi muutamat rebreatherin ja tutkimus-/ tarkistussukeltamisen turvavarotoimet ja pelastaumistekniikat voisivat olla hyödyllisiä työkaluja avaruuden tutkimisessa.

Näissä kahdessa alakulttuurissa esiintyy myös eroavaisuuksia. Nykypäivän astronautti matkaa avaruuteen isossa (kahdensadan tonnin) raketissa kiertäen maata 8 kilometriä sekunnissa 180:n ja 650:n kilometrin korkeudessa. Aquanautit laskeutuvat paineistetussa kellossa, kuten vapaasti liikkuvat sukeltajat tai kammiossa kymmenestä kuudensadan metrin syvyyteen meressä vauhdilla 3:sta 40:ään metriä minuutissa. He pysyvät korkeapaineisessa ympäristössä, kunnes alkavat paineen vähentämisen (nousun).

Jopa eroilla on samankaltaisuutensa. Kun sukeltajat laskeutuvat lisääntyä hengitettyjen kaasujen (happi, typpi, helium) osapaine Daltonin lain mukaisesti. Tämä kattaa hengityskaasujen hienovaraisen tasapainon saturaatiosukelluskammiossa (SAT chamber). Samalla kun International Space Station (ISS) ja nykypäivän (maata kiertävät) sukkulat säilyttävät normaalin happipitoisuuden normaalissa merenpintaa vastaavassa paineessa suurimman osan ajasta, säätelee Daltonin laki rakettien kiihdyttimien kammionpainetta. Polttoainetta polttavan kammion koon sanelee palamisen vaatima tasapaino. Daltonin laki määrää paineen ja muiden muuttujien suhteen. Sekä sukeltajia, että astronautteja säätelevät samat lait, vaikka niitä ei manipuloidakaan samalla tavalla.

Sekä astronautit että aquanautit ovat yleensä pieni, tiukasti yhdistynyt, erittäin koulutettu ja ryhmäintensiivinen joukko yksilöitä. Molemmat ryhmät suunnittelevat, harjoittelevat ja painavat mieleen hätätilanteen toimintoja ja molemmat ryhmät vaativat paljon sekä henkilökunnan, että varusteiden tukea tehtävänsä suorittamiseen. Logistiikan harjoittelu on suuri osa joka tehtävää ja suunnitteluun sekä harjoitteluun menee suhteellisen paljon aikaa sekä avaruuslennoissa että saturaatiosukelluksissa.

Molempien NAUTTIEN on asuttava rajatuissa tiloissa viidestä päivästä kuuteen kuukauteen. Kummallakaan ryhmällä ei ole yleistä käsitystä päivästä tai yöstä, auringonvalo harvemmin tulee syvyyksiin, missä saturaatiosukeltajat sukeltavat. Jopa se pieni minimaalinen valo, joka pääsee veden alle menettää punaiset, oranssit ja keltaiset sävynsä ja ilman ulkopuolista valoa kaikki näyttää vihreältä ja siniseltä. Astronautit puolestaan näkevät 32 auringonnousua ja -laskua joka päivä kiertäessään maata yli 6km sekunnissa.

## Joustavuus on avain

NAUTIT ovat kuvainnollisesti kaloja maljassa, katsoen porttien läpi ja tarkkaillen luonnon laajenemista liikkueessaan. Ollessamme tässä tiiviissä ympäristössä on kuitenkin ensisijaisen tärkeää määritellä tiukat roolit johtajuudelle sekä erityiset vastualueet. Silti jokainen on mukana toimien insinöörinä, iktyologina, geologina, tukihenkilönä tai huoltomiehenä, pyykkärinä ja kokkina. Henkilökunta, joka voi tehdä useita asioita on melko arvokasta.

Koska avaruus- ja vedenalaisen matkailun ympäristö on erilainen, on kaikille NAUTEILLE luotava yleinen profiili. Yhteensopivat henkilöt on laitettava yhteen, jotta maksimoidaan ryhmän jäsenten välinen kommunikointikapasiteetti. Muuttuneen ympäristön fyysinen stressi, muuttuneet päivänvalon rytmit, suuri mahdollisuus unenpuutteeseen, tehtävien sanelema työaikataulu ja ahtaat asuinolot tekevät viihtyvyydestä välttämättömyyden. Et voi ratkoa konfliktia kävelemällä ympäriinsä ulkona selvittäen päätäsi kun olet kilometrien korkeudessa tai merenpinnan alapuolella. Kaikkien jäsenten on sysättävä henkilökohtaiset tavoitteensa ja etsittävä ryhmän yhteisiä päämääriä.

Vesi on paras ja kustannustehokkain ympäristö kouluttaa astronautteja jatkuvaan avaruuden painottomuuteen (simuloitu painottomuus). Tehtäviä harjoitellakseen on astronauttien oltava nosteeltaan neutraaleja avaruuspuvuissaan ja veden alla neutraalin nosteen laboratoriossa. Ennen kuin he yrittävät manoveeriä tai tehtävää avaruudessa he simuloivat sen veden alla.

NASAn astronautit harjoittelevat tällä hetkellä syrjäseudun lääketieteellisiä toimintoja SAT-kammioissa. Niiden puhtaasti kaukainen ja kompakti luonne imitoi ISS-aseman tai satelliitin olotilaa, jolloin lääketieteellisellä henkilökunnalla on vähän tilaa. Astronauteilla on rajoitettu määrä lääketarpeita sekä ilmakehän yläpuolella että meren alla, joten koulutus on oikeiden olosuhteiden mukaista.

Ollessaan SAT-kammiossa voi lääkäri joka simuloi olevansa tuhansien kilometrien päässä "maassa" keskustella tietyn lääketieteellisen toimenpiteen läpi "avaruudessa" olevien astronauttien kanssa.

Tämä koulutus auttaa sekä saturaatiosukeltajia, että astronautteja ja näyttää molempien ryhmien samankaltaisuuksia.

Pidempikestoisia missioita varten astronautit myös akklimasoituvat näissä SAT-kammioissa. NASA Extreme Environment Mission Operations (NEEMO) on ohjelma, jossa astronautit saavat syvästartin opiskellessaan tekniikoita ja teknologiaa joka saattaa auttaa avaruusmatkaajia heidän täyttääessään kuninkaallisen loppututkimuksen ja matkatessaan kuuhan ja kauemmas.

He sukeltavat Kea Largon rannikon SAT-kammiossa, jossa he kokevat ympäristön olevan monella tavoin yhtä vaarallinen kuin avaruus ja muut planeetat saattavat olla. Kuuden vedenalaisen missionin aikana ovat astronautit myös testanneet varusteita, joita avaruuteen saatetaan lennättää. Ensimmäistä kertaa pitkään aikaan on näillä NEEMO-sukelluksilla tutkittu ihmisen fysiologiaa. Astronautti henkilökunta merkitsi säännöllisesti veden alla ja avaruudessa työskentelyn samankaltaisuuksia.

NEEMO-matkat eivät ole ensimmäinen kerta kun NASA on etsinyt tietoa merestä. Vuonna 1969, kaksi päivää ennen kuin Apollo 11 lähti, julkaisi NASA PX-15 Ben Franklinin, joka vei kuuden hengen ryhmän 30-päiväiselle pinnanalaiselle matkalle tutkimaan Gulf-virran virtauksia sekä pitkäaikaisvaikutuksia ihmisissä, jotka asuvat rajatussa ympäristössä. NASA halusi tutkia vedenalaista asumisympäristöä vertaamaan

elämää avaruusasemalla.

Tämän missionin tiedot oli tarkoitus yhdistää NASAn tutkimusmissioneihin, mutta lipsuvat aikarajat ja tarkan työskentelyn vaatimukset estivät missionin täyttymisen ennen kuin Apollo 11 aloitti laskeutumisensa kuun kamaralle. Ajoituksen vuoksi NAUTTIEN tämän tehtävän saavutukset jäivät liiankin varjoon amerikkalaisten suunnatessa katseensa taivaalle toisten tutkimusmatkalaisten aikeita laskeutua kuuhan. Benjamin Franklinin miehistön keräämää tietoa käytetään vieläkin kaikkialle suuntautuvien tutkimusmatkojen ohjeistuksena.

NAUTIT jakavat huolensa tuli- ja hallintahenkilöstön kanssa. Molemmissa skenaarioissa NAUTEILLA on vain vähän itsenäisyyttä ja tiedostetaan maasta tai pinnalta annettavan avun tarve missä saattaa olla saatavilla laajempi joukko ammattilaisia. Henkilöt, jotka eivät itse ole paikalla kontrolloivat päivän jokaista hetkeä heräämisestä nukkumaanmenoon saakka. Hienovaraiset keskustelut muualla olevan päällikön kanssa kestävät oleellisen kauan toteuttaa. Aquanautit ovat jo tottuneita kaukana olevaan hallintoon ja kykenevät siihen hyvin.

Kaikki NAUTIT ratkovat ongelmat kuitenkin mieluummin itse. Kun heidät oikeutetaan itsenäiseen tai ryhmäkeskeiseen ongelmanratkaisuun he saavat arvokasta kokemusta manipuloida heidän omaa ympäristöään ja varusteitaan joka auttaa tekemään riippumattomamman tiimin.

### **Asuinpaikkojen vertaaminen**

Ilmanpainetta voidaan kontrolloida, joten oltaessa sisällä ISS:ssä, sukkelassa tai SAT-kammiossa voidaan olla normaaleissa vaatteissa. Metalliseinät pitävät paineen sisällä ISS:ssä ja sukkelassa (avaruuden tyhjiössä) sekä SAT-kammion ulkopuolella (missä vedenpaine on suurempi kuin ilmanpaine).

Koska suljettujen asuintilojen ilmanpaineet ovat itsenäisiä, on niiden oltava hyvin huollettuja pystyäkseen ylläpitämään elämää.

Nisäkkäät eivät kykene elämään hengittäessään mitään muuta kuin kaasuseosta, jossa on vähintään 16 % happea. Ilmanpainetta säädellään samalla tavoin sekä ISS:ssä, sukkelassa sekä SAT-kammiossa. Suljetuissa systeemeissä hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>, hapen aineenvaihdunnan sivutuote) voi nousta niinkin lyhyessä ajassa kuin 10 minuutissa suuremmalle tasolle, jota ihminen kestää, n. 6% tilavuudesta.

Jotta tämä ongelma saatiin ratkotuksi maata kiertävissä aluksissa, laitettiin joukko tuulettimia kierrättämään hengitysilmaa ja pakottamaan sen hiilidioksidia poistavan "pesulaitteen" läpi. Nämä pesurit sitovat hiilidioksidin kemiallisesti ja tuottavat lopputuloksena vesihöyryä, kosteutta ja kalkkia.

Poistettu vesi lähetetään veden- ja jätteenhallintasysteemiin. Pesurit sisältävät usein hiiltä absorboimaan ja vähentämään tuoksuja.

Muut systeemit lisäävät ja homogenisoivat happea niin taskuja ei ilmene. Lämpötilan- ja kosteuden hallinta auttavat kierrättämään ilmaa, poistamaan kosteutta sekä ylläpitämään ISS:n ja avaruussukkelan normaalia merenpintaa vastaavassa paineessa ja happipitoisuudessa.

Lämmönsäätely on elintärkeää ISS:ssä ja sukkelassa, koska lämpötiloissa on avaruuden tyhjiössä suuria eroja. Ei ole ilmakehää joka pitäisi lämmön tasaisena joka 90 minuutin jakson sukkelan kiertäessä päivästä yöhön ja takaisin.

Koska ollaan täydellisesti eristyksissä avaruudesta, on veden kierrätys erittäin tärkeää. Vaikka SAT-kammioissa ei ole tämän tasoista mutkikkuutta tai tarvetta kerätä vettä, tehdään niissä hiilidioksidin pesua, kuivatusta, lämmitystä ja hajunpoistoa samalla tavalla. Lämmitys on DAT-kammiossa erittäin tärkeää, koska vesi sitoo lämpöä pois 25 kertaa nopeammin kuin ilma. Lisäksi kammion metalliseinät ja hengityskaasun yleensä korkea heliumpisäältä aiheuttavat sen, että SAT-sukeltajat tuntevat olonsa epämukavan kylmäksi.

SAT-kammioissa pidetään yleensä vakiopaineessa ("varastosyvyys") huolimatta siitä, kuinka syvälle sukeltajien on työskenneltävä tehtävänsä aikana. Mikäli SAT-sukelluksen maksimisyvyys on 120 msw - (enemmän kuin 13 kertaa normaali merenpinnan paine) olisi varastosyvyyden vaadittu syvyys ~90 msw. SAT-kammion hengityskaasu olisi kolmen kaasun (heliumin, hapen ja typen) seos (trimix). Heliumia käytetään poistamaan typen mahdollisia narkoottisia vaikutuksia.

Hapen osapaine (PPO<sub>2</sub>) on rajoitettava 0,5 prosenttiin (joka vastaa samaa kuin hengittäisimme 50% happea pinnalla) joten sukeltajat eivät koe keuhkojen happimyrkytyksen oireita. Keuhkojen happimyrkytys on alveolien "palaminen" sen oltua pitkään kosketuksissa korkeapitoisen hapen kanssa ja ilmoittaa itsestään rintalastan alapuolella olevana ärsytyksenä, hengityskipuna ja pienentyneenä vitaalikapasiteettina. Usein nämä oireet edeltävät tehotonta yskää ja "kutinaa" kurkun takana.

SAT-kammioiden hengityskaasua ei yleensä vaihdeta ennen kuin sukellus on lopetettu ja sukeltajia tuodaan pintaan kohden. Sen takia painetta pienennetään pintaan nousun aikana, kunnes sukeltajat on tuotu takaisin normaaliin merenpintapaineeseen.

Näiden pitkäkestoisten asumisten aikana näissä "kaukana olevissa kodeissa" on hygienia tärkeä tekijä. NAUTIT tuottavat jätteitä. Puhtaanapidon ja asujien mukavuuden vuoksi on näiden varastointi ja poisto erittäin tärkeää. Avaruudessa uloste imetään säiliöön, nesteet poistetaan sekä ylijäänyt loppujäte varastoidaan vakuumiin. Vakuumi helpottaa hajujen talteen ottamista.

Joissain SAT-kammioissa on kova putkisto, joka mahdollistaa asukkaiden käyttävän fasiliteetteja melkein yhtä helposti kuin normaalissa vessassa, vaikkakin systeemin putkiston on vahvistettu tukemaan korkeampaa painetta. Useimmat SAT-kammiot käyttävät siirrettäviä astioita ja nestemäinen jäte voidaan poistaa välittömästi. Loput on pakattava ja lähetettävä pintaan taikka varastoitava. Koska kyseessä on suljettu ympäristö, on jälkimmäinen yleensä vähemmän käytössä.

Koska SAT-kammio on kokonaan veden alla ja työn luonteen vuoksi on hengityskaasujen kosteuden poisto vaikeaa. Tämä lisäkosteus yhdistettynä lisääntyneeseen paineeseen sekä keinovalaistukseen antaa bakteereille erinomaisen kasvuympäristön. Pienentääkseen korvatulehdusten riskiä on SAT-sukeltajien käytettävä sieniä tappavaa / antibakteerista liosta ennakoivasti. Koska raskas varustus saattaa hiertää ihon tiettyjä alueita on NAUTEILLA myös suurempi riski altistua kontaktiin ihotulehduksen kanssa. Vaikka astronauteilla ei olekaan lisääntynyttä kosteutta ja painetta on heidänkin oltava ahkeria välttääkseen avoimia haavoja ja tulehduksia.

NAUTIT ovat yleensä fyysisesti kunnossa taistellakseen g-voimia ja paineen vähenemisen aiheuttamia

ongelmia. Astronauteilla kykenemättömyys harjoitteluun saattaisi heikentää lihaksia niin paljon, että he eivät enää kykenisi seisomaan tai kävelemään palattuaan takaisin maan suurempaan vetovoimaan. Toiseksi, mikäli sydänlihasta ei rasiteta, se saattaa heikentyä. Lisäksi luut ovat biologisesti rakennettu vähentämään iskuja. Iskujen puute aiheuttaa, että luut tulevat hauraammiksi poistamalla kalsiumia. Mikäli harjoittelua ei tehtäisi, voisivat luut haurastua enemmän ja murtua kun ne tulevat takaisin suurempivetovoimaiseen ympäristöön.

Harjoittelun seurauksena NAUTIT hikoilevat. Aquanauteille tämä harjoittelu lisää jo ennestään korkeaa kosteustasoa, mutta se ei yleensä ole ongelma.

Astronauteilla ei ole vetovoimaa auttamaan hikoilun poistamista. Ilman liikuttelu putkistoissa sekä pyyhkeiden käyttö auttavat hikoilun kuivattamisessa. Mikäli tämä liikkuva ilma ei kuivannut astronauttia, tarttuisi kosteus ihoon kiinni ja jatkaisi kasaantumistaan.

Makea vesi on luksusta molempien ympäristöjen NAUTEILLE. Sukkuloissa tai ISS:ssä ei ole suihkuja. Astronautit käyttävät pesuvaatteita tai sieniä sekä saippuaa, joka lähtee pois iholta pyyhkeen kanssa. SAT-kammioissa NAUTIT peseytyvät suolavedellä tehden loppuhuuhdelun makealla vedellä.

He käyttävät erikoissaippuaa, joka ei rikkoonnu suolavedessä. Kaikki likavesi (ei makea) heitetään pois.

Ilman vetovoimaa suihkuvesi avaruussuihkussa vapauttaa lentävän veden. Ottaen huomioon ISS:ssä ja sukkelassa olevan elektroniikan määrän, voisi vapaasti lentävä vesi vahingoittaa herkkiä varusteita. Koska vesivarastoja ei voida helposti täyttää avaruudessa, veden uudelleenkäyttö ja hallintajärjestelmä kerää ja kierrättää veden pesualtaista, virtsan, sukkelan polttoainesäiliöt sekä astronauttien hengityksestä aiheutuvan kondensaatioveden.

Juomakelpoinen vesiprosessori puhdistaa jäteveden juomakelpoiseksi vedeksi. Veden laatua tarkkaillaan tarkasti toisen systeemin avulla.

Tulipalo on yksi avaruuden ja veden alla asuvien suurimmista vaaroista, joten on ryhdytty varotoimiin pienentämään palamisen riskiä. Neljä tulipalossa tarvittavaa elementtiä ovat kuumuus, polttoaine, happi sekä kemikaallinen reaktio. Kun yksi tai useampia näistä elementeistä on liikaa, lisääntyy palamisen riski oleellisesti.

Minkä tahansa avaruuslennon kenties vaarallisin osa on takaisin paluu. Katteen lämpötilat saattavat saavuttaa 938 astetta Celsius ja siipien kärjissä voi lämpötila saavuttaa 1371 astetta Celsiusista. Tämä lisääntynyt lämpötila saattaa olla ongelma, mikäli siihen lisätään oikea polttoaine sekä riittävästi happea.

Samoin SAT-sukeltajat kokevat oleellisen palamisen riskin viimeisellä osallaan pintaan nousua. Jotta dekompressioaika voidaan minimoida, lisätään hapen osapaine niinkin korkeaksi kuin 1,2%. Tämä vastaa 120%:n happipitoisuutta hengitysilmassa. Kaikki muita tulen neljästä elementistä vastaavasti pienennetään tai poistetaan, jotta vältetään tulipalon mahdollisuutta.

### **Samankaltaisuudet asuintilojen jättämisessä**

Kun sukeltaja jättää kammion varastosyvyyden, sitä kutsutaan matkaksi. Matkan dekompressiovaatimukset määritellään hengitetyn inertin kaasun perusteella. Ainoa tapa pienentää inertin kaasun sisältöä on lisätä hengityskaasun happisisältöä. SAT-sukeltajat käyttävät kierrättimiä tai rebreathereitä kierrättämään hengityskaasuaan sen sijaan, että se poistetaan veteen.

Nämä rebreatherit ottavat kaasun talteen, pesevät siitä hiilidioksidin ja lisäävät hapen aivan kuin asuinpaikan systeemi, vaikkakin pienemmässä määrin. Jotkut sukeltajat tarvitsevat työskennellessään enemmän happea hengityskaasukseen. Astronauttien avaruusmatkojen aikana, he vaativat pukuihinsa pieniä säätöjä. Kamppaillessaan matalan kiertoradan (low earth orbit (LEO)) avaruuden korkeamolekulaarisen happityhjiön, käyttävät astronautit kokonaan paineistettuja pukuja, joita kutsutaan avaruuden aktiviteettipuvuiksi (extravehicular activity (EVA))-puvuiksi. Nämä puvut antavat happea hengitettäväksi sekä pitävät paineen kehon ympärillä, jotta nesteet pysyvät nesteinä. Tämä puku on samankaltainen, kuin mitä high-tec rebreather-sukeltajat käyttävät.

Avaruuspukuun on lisätoimintona suoja pieniä meteoriitteja vastaan sekä se suojelee käyttäjäänsä avaruuden ääriämpötiloja vastaan aktiivisen viilennys- ja lämmityssysteemin avulla. Ilman auringonvaloa suodattavaa ilmakehää saattaa aurinkoa vasten oleva puoli kuumentua niinkin kuumaksi kuin 115 astetta Celsiusta kun samaan aikaan toinen puoli joutuu avaruuden kylmyyttä vastaan, joka voi olla niinkin kylmä kuin -155 astetta Celsiusta.

EVA-puvun painevaatimukset eroavat ISS:n tai sukulan merenpintaa vastaavasta paineesta. Mikäli EVA-puku täytettäisiin tyhjiössä oltaessa normaalissa merenpintaa vastaavassa paineessa, ei käyttäjä pystyisi liikkumaan. (Sukeltaja, jolla on ollut edes hivenen ylitäysi kuivapuku tietää kuinka vaikeaa liikkuminen on.) Puku olisi liian kankea. Kädet ja jalat eivät pystyisi liikkumaan eivätkä astronautit voisi työskennellä. Puvun matala paine (melkein 1/3 normaalista merenpintaa vastaavasta paineesta) on edullisin, koska se mahdollistaa puvun joustavuuden ja liikkumisen EVA:n aikana. Daltonin lain johdosta paineen pieneneminen johtaa hengitystilan kokonaishappimäärän vähenemiseen. Sen vuoksi on PPO<sub>2</sub>:ta lisättävä ylläpitämään elämä.

Lisääntynyt tulipaloriski on hyväksyttävää EVA-puvun sisällä, koska siinä ei ole sähköosia. ISS:ssä ja sukulassa on kuitenkin paljon sähköosia ja tulipalon riski voisi olla suuri, mikäli happitaso nousisi suuremmaksi kuin normaali.

Saturaatiosukeltaja tarvitsee suojaa niitä elementtejä vastaan, joille hän saattaa altistua märkä- kuiva- tai kuumavesipuvussa. Pääasiallisesti tämä suojaa sukeltajaa kylmältä sekä ympäröivän meriveden viilentämiseltä.

Useimmissa paikoissa maailmaa ei auringonvalo mene niin syväälle kuin missä SAT-sukeltajat työskentelevät ja vesi voi olla niinkin kylmää kuin -2 astetta Celsiusta. Vastakohtana avaruuden tyhjiölle, voivat aquanautit mennä veteen ilman suojaavaa pukua, vaikkakin vain lyhyeksi ajaksi. Sukeltajien päähuolenaihe on hengityssaine. Asuinpaikasta eksyminen on oleellinen riski. Astronautit ratkovat tämän ongelman helposti koska he yleensä käyttävät kahta kiinnityskohtaa ollessaan avaruuskävelyllä ja liikkuvat vetäen tai työntäen itseään käsillään.

Astronautit eivät voi liikkua meloen tai uiden, koska avaruudessa ei ole mitään, mitä vasten työntää. SAT-kammiosta eksyminen on myös oikea riski.

Nykypäivän SAT-sukeltajien, jotka eivät ole naruilla kiinni, on oltava varovaisia, etteivät menetä suuntatajaan. Yksi oleellinen ero on, että aquanautit ovat painottomia kun heidän kehonsa on vedessä samalla, kun astronautit ovat painottomia kunnes palaavat maahan. Mikäli astronautit ovat planetaarisella tehtävällä he voivat nauttia osittaisesta vetovoimasta.

## **Samankaltaisuudet fysiologiassa**

Ollessaan vielä ISS:ssä tai sukkelassa ennen mitään avaruuskävelyä, on astronauttien hengitettävä happea ennen kävelyä, koska asuinpaikan ja EVA-puvun välinen paine-ero on iso. Mikäli astronautti ei tee näin (tai säädä asuinpaikan painetta ennen avaruuskävelyä) saattaisi se johtaa astronautin kudoksiin imeytyneen typen siirtymisen hänen verenkiertoonsa. Koska paine pieneni nopeasti, saattaisivat typpikuplat muodostua vereen. Kun fagosyytit (solut, jotka tuhoavat vieraita kappaleita) ovat hyökänneet, kohtelisivat niiden kumppanit, leukosyytit (veren valkosolut), niitä vieraina aineina.

Lyhyesti sanottuna voisivat astronautit saada "bendin." Oireilla on taipumus ilmetä EVAn aikana tai jälkeen ja vakavat tapaukset voisivat olla fataaleja. Ennakkoon tapahtuvan hengityksen toimet ovat samanlaiset kuin ennakkoon tapahtuva hengitys käytettäessä happirebrethereitä. Ennakkoon tapahtuva hengitys tehdään hengittämällä asuintiloissa olevasta eristetystä maskista. Tämä voidaan tehdä myös, kun EVA-puku on puettu päälle. Tämä varmistaa, että ainoastaan astronautti, ei koko avaruusalus, altistuu korkealle happiprosentille.

Tämän prosessin aikana kudoksista absorboitu typpi saavuttaa kohdan, jolloin DSC:n riski on minimoitu. Ilmanpaineen muutos pienentäisi vaadittua ennakkohengitysaikaa.

Vaikka "avaruuden sukeltajantauteja (DCS)" ei olekaan raportoitu, näkee NASA melko suuren DCSesiintymistiheyden painekammioissa tehtävissä perustesteissä. Heillä kuitenkin on melko konservatiivinen hyväksymiskriteeria ennen kuin he käyttävät ennakkoon hengityspannoksia avaruudessa. Huomattava määrä lisäturvavarajaa sisältyy ennen lentoa. Aineenvaihdunta puvussa sen jälkeen, kun happea on hengitetty ennakoita, on hivenen nopeampaa kuin testihenkilöllä levossa.

Miksi näin? Tämä, koska astronautti liikkuu ympäriinsä ja työskentelee paineistettua pukua vasten. Dr. Michael Gernhardtin (NASA astronautti, Environmental Physiology Laboratory and Principal Investigator Of Prebreathe Reduction - ohjelman johtaja, Johnson Space Center) tekemä tutkimus NASAssa on osoittanut, että jopa hivenen kiihtynyt aineenvaihdunta voi edistää typen eliminointia ja pienentää vähenevän paineen aiheuttamaa stressiä. Sen vuoksi astronautit liikkuvat hapen hengityksen aikana parantaakseen typen eliminointia. Tämä suunnitelma toimii hyvin, mutta liikunnan on oltava erittäin tarkkaan määriteltyä. Yhdistämällä kiihkeä harjoittelu vähäiseen harjoitteluun vähensi typpikuplia parhaiten.<sup>4</sup>

Samanlaisia huolenaiheita DCS:stä käy ilmi kun satusaatiosukeltajat tekevät "retkiään". Sukeltajat, jotka (oleellisesti) lisäävät syvyyttään koska jotain aktiviteettia täytyy tehdä varastosyvyttä syvemmillä, voivat huomata dekompression tarvetta tullessaan takaisin asuintiloihin. Lisäksi on kaikkien sukeltajien tehtävä dekompressiopysähdys joka sukelluksella syvyydestä riippumatta.

Tämä paineenalennus tehdään normaalisti kontrolloimalla pintautumisvauhtia. Kun sukeltajat siirtyvät pohjaan syvillä saturaatiosukelluksilla, on heidän kyettävä tunnistamaan korkeapaineen aiheuttavan hermosyndrooman (high-pressure nervous syndrome (HPNS)) oireita. Tämä ilmenee ihmisillä huimauksena, pahoinvointina, oksenteluna, asentoon liittyvää ja tarkoituksellista vapinaa, heikotusta ja uneliaisuutta, nytkähtelyä, vatsakramppeja, älyllisen ja psykomoottorisen suorituksen vähenemisenä, huonona unena painajaisineen ja aivojen lisääntyneenä hitaiden aaltojen sekä vähentyneenä nopeiden aaltojen aktiviteettina, kun niitä mitataan aivosähkökäyränä.<sup>5</sup>

Vaikka sen tarkka alkuperä ei olekaan tiedossa, on HPNS:n ajateltu aiheutuvat korkeasta ulkoisesta paineesta ja pahenevan hengityksineen valinnan ja laskeutumisenopeuden mukaan. Esimerkiksi muutamat sukeltajat kokevat miedon HPNS muodon, jota kutsutaan nimellä "helium willies" niinkin matalassa

syvyydessä kuin 92 msw laskeuduttuaan nopeasti hengittäen helium-happi-seosta. Tiettyjen paineiden (syvyyksien) jälkeen tulee sukeltajan tehokkuus erittäin rajoittuneeksi.

Vertailun vuoksi, kun astronautit kiihdyttävät yli 6 km sekunnissa ja alkavat sukulan jatkuvan vapaapudotuksen kokevat monet heistä avaruuden adaptiosyndrooman (space adaptation syndrome (SAS)), joka on samanlaista kuin matkapahoinvointi.

Oireet voivat vaihdella miedosta pahoinvoinnista, suuntatajun menetyksestä ja oksentelusta voimakkaaseen epämukavuuteen. Eri asteista päänsärkyä ja pahoinvointia on raportoitu usein. Näiden vaivojen on raportoitu kestävän kahdesta neljään päivää. Vaikka matkapahoinvointipillerit voisivat pienentää oireiden vakavuutta, voisi astronautti tämän lääkityksen seurauksen tulla uniseksi.

Vaikka astronautit eivät yleensä kärsi SAT-sukeltajien vaivoista kuten puhdas luukuolio (luu kuolee, koska siihen liennut inerttikaasu tulee ulos nopeasti ja tuhoa luun), he kokevat luiden katoamista, koska asuvat mikropainovoimaisissa oloissa.

Astronauteilla on rajoitettu rasitus luihin, mutta painovoiman puute aiheuttaa kalkin poistumista niistä. Vastustuskyvyn lisäämiseksi käytetään erityisiä harjoittelukoneita. Sydänlihaksen aktiviteettiin ja luukadon pienentämiseksi kiinnittävät itsensä ja työskentelevät päivittäin 15 minuuttia seitsemästä neljääntoista päivän matkoilla ja 30 minuuttia päivässä 30 päivän matkoilla.

Tekniset ja rebreather-sukeltajat törmäävät usein oireisiin, joita kutsutaan "happikorvaksi" tai välikorvan happea imeväksi syndroomaksi (middle ear oxygen absorption syndrome), joka aiheutuu kun sukelluksen aikana hengitetään happirikasta kaasua. Välikorva voi helposti täytyä hapella ja aluetta ympäröivät kudokset käyttävät sitä aineenvaihduntaansa.

Koska happea käytetään aineenvaihdunnassa, pienenee kaasun tilavuus hitaasti, aiheuttaen ulko- ja välikorvan välisen paineen epätasapainon. Yleensä sukeltajat voivat jatkaa tämän paine-eron tasaamista sukelluksen jälkeen ilman onnettomuutta. Astronautit kokevat usein "happikorvan" samoista syistä. Useimmiten se seuraa heidän koulutuslentojaan T-38:lla tai avaruuskävelyjä.

Aquanautit ja astronautit ovat esimerkkinä ihmisluonteen tarkkailunhalusta. NASAn astronauttien ydin sisältää vain kaksi ammattisukeltajaa: tri. Michael L. Gernhard, entinen ammattisukeltaja (mainittu aikaisemmin); ja (valio-) kapt. Heidemarie M. Stefanyshyn-Piper, Navyn sukellusupseeri. Nykyisistä NASAn ydinastronouteista näyttää yli 50% olevan vakavia uinnin harrastajia tai luokiteltuja siviilisukeltajia, jotka "nauttivat sukeltamisesta" harrastuksenaan. Syrjäyttävä yksimielisyys näyttää olevan, että sopeutuminen vesiolosuhteisiin on ennakkovaatimus menestyä astronauttina.

Yhdenkään henkilö ei omaa kaikkia "täydellisen astronautin" luonteenpiirteitä. Jotkut astronautit ovat parempia takiloimaan ja voivat vaivattomasti liikkua vedessä, kun toiset ovat taitavampia ja voivat kalastaa haavilla. Samalla tavalla jotkut astronautit ovat parempia avaruuskävelyissä ja toiset parempia operoimaan sukulan kättä.

Avain näyttää olevan oikea yhdistelmä ihmisiä, jotka kykenevät balansoimaan toisen vahvuudet ja heikkoudet muodostaen toinen toistaan täydentävän tiimin. Aquanautit ovat parhaiten varustettu ryhmä vallata valtameren syvyydet ja nousta avaruuden korkeuksiin. Aquanauttien valitseminen avaruuslentoihin on pikantimpi väylä onnistumiseen ja lisää voitokkaan joukkueen mahdollisuuksia.



