

# Ilma, nitroksi ja väsymys

Paineilma on ollut vakiohengityskaasu virkistyssukelluksessa, ja se on ollut eniten käytetty kaasuseos vuosikymmenien ajan. Hengityskaasuseokset, joiden tyypipitoisuus on matalampi ja happipitoisuus korkeampi kuin normaalissa paineilmassa (rikastettu ilma), ovat lisänneet suosiotaan sukeltajien keskuudessa. Sukeltajat voivat niiden avulla pidentää pohja-aikojaan tai vähentää normaalipituisten sukellusten dekompressiorasitusta. Nitroksia on nyt käytetty virkistyssukelluksessa jo 25 vuoden ajan, joten sukeltajilla ja tutkijoilla on paljon hyödyllistä tietoa ja kokemusta sen käytöstä. Jotkut sukeltajat ovat myös havainneet, että sukeltuaan nitroksilla he tuntevat itsensä vähemmän väsyneiksi sukelluksen jälkeen. Tätä havaintoa ei ole kuitenkaan voitu vahvistaa tieteellisesti.

Tukevatko sitten mitkään tieteellisesti luotettavat selitykset tätä sukeltajien havaintoa nitroksin vaikutuksesta väsymyksen tunteeseen? Mikä on mahdollinen tieteellinen selitys tälle ilmiölle?

Väsymys eli fyysinen uupumus on runsaan fyysisen rasituksen fysiologinen seuraus. Se voidaan määritellä subjektiiviseksi kokemukseksi, jolloin henkilö tuntee, että hänen kykynsä selviytyä tavallisesta fyysisestä aktiivisuudesta on tilapäisesti alentunut. Väsymys liitetään usein uneliaisuuteen ja sairaalloon horrostilaan sekä joskus myös alentuneeseen kognitiiviseen suorituskykyyn. Usein aivan tavallisten sukellusten jälkeen sukeltajat tuntevat olonsa uupuneiksi, vaikkei havaittaisikaan mitään merkkejä dekompressiotaudista (DCS). Usein kuitenkin dekompressiotaudin yhtenä oireena on väsymys.

Sukeltajien subjektiiviset kokemukset vähentyneestä väsymyksen tunteesta nitroksilla sukeltaessa ovat kiistanalainen kysymys, sillä objektiivisissa tutkimuksissa ei ole voitu havaita selvää eroa väsymyksessä tai kognitiivisessa suorituskyvyssä sukelluksen jälkeen, kun verrataan ilmalla sukeltamista nitroksilla sukeltamiseen. Tutkimukset eivät siis tue sukeltajien omia havaintoja.

Kun sukellussyvyys ja -aika on sama, on yleisesti hyväksytty käsitys se, että mitä korkeampi on sisäänhengitettävän hapen osapaine ( $PO_2$ ) ja mitä matalampi on reagoimattoman kaasun osapaine ( $PN_2$ ), sitä vähemmän sukeltaja joutuu alttiiksi dekompressiorasitukselle. Näin ollen voitaisiin helposti olettaa, että matalampaa dekompressiorasitusta seuraa väsymyksen tunteen väheneminen. Korkeampi  $PO_2$  saa kuitenkin aikaan suuremman oksidatiivisen stressin (hapetusstressi), ja nitroksin  $PO_2$  on korkeampi kuin ilman  $PO_2$  annetussa syvyydessä.

Joissakin sukeltajille tehdyissä tutkimuksissa on tultu siihen johtopäätökseen, että oksidatiivinen stressi, jonka on saanut aikaan nitroksin korkeampi  $PO_2$ , saattaa aiheuttaa lievää häiriötä endoteelin toiminnassa. Tämä saattaa itsessään johtaa joihinkin epämääräisiin oireisiin, jotka voidaan kokea väsymyksenä. Ylipainehappihoitoa antavien lääkäreiden havainnot tukevat näitä löydöksiä. He ovat todenneet, että suurempi oksidatiivinen stressi painekammiohoidon aikana on yhteydessä suurempaan väsymyksen tunteeseen hoidon jälkeen.

Sukeltajat siis kokevat nitroksin käytön vähentävän heidän sukelluksen jälkeistä väsymystään, kun taas kyseisestä ilmiöstä tehdyt tietyt tieteelliset tutkimukset kumoavat tämän sukeltajien väitteen. Konsultoimme kahta aiheeseen perehtynyttä asiantuntijaa, jotta saisimme lisävalaistusta tähän kiistanalaiseen kysymykseen.



## Mitkä tekijät voivat aiheuttaa sukelluksen jälkeistä väsymystä?

**Richard Harris:** Sukelluksen jälkeinen väsymys voi olla seurausta monesta eri tekijästä. Jotkut näistä tekijöistä voivat liittyä sukellukseen, esimerkiksi terminen stressi, dekompressoriasitus, energiankulutus, altistuminen korkeille happipitoisuuksille tai pitkittynyt altistuminen hapelle, hätäntyminen tai merisairaus. On kuitenkin myös muita, sukellukseen liittymättömiä tekijöitä, joita ovat esimerkiksi unenpuute lomalla, alkoholi, aikaerorasitus jne.

**Neal Pollock:** Ihmiset eivät aina täysin ymmärrä sitä, kuinka oleskelu veden alla vaikuttaa heidän elimistönsä. Elimistö reagoi välittömästi hydrostaattiseen paineeseen siirtämällä huomattavan määrän verta jalkojen laskimoista (suonista, joissa on suurin osa suonistossa olevasta verestä) kehon keskiosiin (rinnan alueelle). Tästä aiheesta tehdyssä kuuluisassa tutkimuksessa havaittiin, että sydämeen kulkeutuu keskimäärin 700 ml verta sydämen syklin lepovaiheen aikana. Sydän joutuu paineen alaiseksi lisääntyneen verimäärän takia ja vastineena tälle supistuu heti voimakkaammin sekä pyrkii hetken päästä estämään tiettyjä hormoneja lisäämästä nesteenoistoa munuaisten kautta. Nesteenoisto on elimistön terve reaktio aina silloin kun havaitaan, että elimistössä on liikaa nestettä. Käytännössä tämä näkyy siinä, että ihmisten täytyy yleensä virtsata jo lyhyenkin veden alla oleskelun jälkeen.

Sukeltajan noustua vedestä sydämeen kulkeutuvan veren määrä saattaa pienentyä välittömästi. Sanon tarkoituksella "saattaa", koska myös tiukka märkäpuku voi pakottaa osan verestä rinnan alueelle silloinkin kun ei olla veden alla. Sukeltajan verenpaine laskee ja verimäärä kehon keskiosissa vähenee sukelluksen jälkeen (tai märkäpuvun riisumisen jälkeen). Tämä vaikutus on voimakkaampi kuin pelkkä hydrostaattisen paineen poistamisen synnyttämä vaikutus. Elimistö on nimittäin aktiivisesti poistanut nestettä sukelluksen aikana (tai märkäpukua käytettäessä). Itse asiassa tämä tapahtumasarja todennäköisesti selittää merkittävän osan normaalista sukelluksen jälkeisestä väsymyksestä. Tärkeintä on kuitenkin huomata se, että väsymys johtuu veden alla oleskelusta, eikä liity syvyyteen tai dekompressoriasitukseen.

## **Onko olemassa mitään sellaista luotettava tietoa, mikä tukisi väitteitä siitä, että nitroksilla sukeltaminen aiheuttaa vähemmän sukelluksen jälkeistä väsymystä kuin ilmalla sukeltaminen?**

**Harris:** Ei. Kolme ensimmäistä artikkelia alla olevasta lähdeluettelosta avaavat omalta osaltaan tätä kysymystä nitroksin käytöstä ja väsymyksen tunteesta sukelluksen jälkeen. Ulkopuoliset asiantuntijat ovat arvioineet nämä artikkelit (vertaisarviointi). En ole kuitenkaan vakuuttunut siitä, että näissä artikkeleissa pystyttäisiin käsittelemään tätä ongelmaa riittävän laajasti ja kattavasti.

**Pollock:** En pidä näitä väitteitä tukevia tietoja kovin merkittävänä. Tämä ei ole sikäli yllättävää, koska  $PO_2$  kasvaa merkittävästi vain suhteessa syvyyteen. Ei ole kuitenkaan mitään syytä väitellä siitä, tunteeko henkilö itsensä vähemmän väsyneeksi vai ei. Tutkimukset ovat osoittaneet, että placebo-vaikutuksella on myös fysiologisia vaikutuksia, joten annetaan sukeltajien nauttia paremmasta olost. Sukeltajien on vain tärkeä muistaa pysyä  $PO_2$ -rajojen sisäpuolella, jotta he välttäisivät happimyrkytyksen.



## **Nitroksin korkeampi happipitoisuus näyttää lisäävän oksidatiivista stressiä. Kuinka selittäisit nämä nitroksin vaikutukset, jotka ilmeisesti eivät ole sukeltajien tuntemusten mukaisia?**

**Harris:** Pierre Lafèren artikkelissa on eräs mielenkiintoinen kommentti. Artikkelin mukaan oksidatiivinen stressi voi häiritä hermosolujen toimintaa (esim. alkoholin kanssa), ja tämä voi puolestaan vaikuttaa estäviin hermosoluihin ja näin nostaa (hetkellisesti) aktiivisuuden tunnetta. Henkilökohtaisesti voin todeta, että sekä minä itse että muut ryhmäni jäsenet olemme tunteneet olomme erinomaiseksi sen jälkeen, kun olemme sukeltaneet 8 - 17 tuntia luolassa 6-asteisessa vedessä maksimisyvyyden ollessa yli 200

metriä. Kuinka tämä on mahdollista, kun otetaan huomioon dekompressoriasitus, fyysinen, psyykinen ja oksidatiivinen stressi sekä lämpöstressi? Ehkä me vain iloitsimme siitä, että olimme elossa! Olen kuitenkin tuntenut oloni todella huonoksi, väsyneeksi ja "tukkoiseksi" paljon matalampien sukellusten jälkeen, jolloin hapelle altistuminen on ollut vähäisempää, sukellusajat lyhyempiä ja vesi lämpimämpää. Kyseessä on kuitenkin liian monta eri muuttujaa, jotta voitaisiin varmuudella havaita se ero, jonka pelkkä kaasun vaihto aiheuttaa.

**Pollock:** Oksidatiivinen stressi voi todellakin aiheuttaa ongelmia, mutta ongelmat eivät luultavasti ole kovinkaan suuria silloin kun on kyseessä virkistysuuskeltaminen, jolloin altistuminen on yleensä lyhytaikaista. Lisätutkimuksia tarvitaan fysiologisten vaikutusten arvioimiseksi.

## **Oletko sitä mieltä, että väsymys/uupumus on merkki piilevästä dekompressiotaudista?**

**Harris:** Uskon, että uupumuksen tunne voi olla dekompressiotaudin oire, mutta uupumuksen täytyy olla hyvin merkittävää, ennen kuin olen vakuuttunut siitä. Vakava uupumus eli sellainen tunne kuin sinulla olisi esimerkiksi flunssa on otettava aina huomioon. Jos olo tuntuu vain hieman väsyneemmältä kuin tavallisesti sukelluksen jälkeen, ei kyseessä ole vielä mikään vakava tilanne. En itse mielelläni käytä nimitystä piilevä dekompressiotauti, vaan sanon yksinkertaisesti vain väsyttävä dekompressiotauti, jos väsymys on yksi oireista.

**Pollock:** Tavallinen sukelluksen jälkeinen väsymys ei ole merkki dekompressiotaudista, mutta epätavallinen uupumus, joka on selvästi normaalia voimakkaampaa, voi olla merkki tästä taudista, oikeammin sanottuna sen oire. On tärkeää, että sukeltaja kuvailee väsymyksen astetta ja luonnetta, jotta voidaan erottaa tavallinen epätavallisesta.

Vaikka sukeltajat yleisesti kokevatkin, että nitroksilla sukeltaminen aiheuttaa vähemmän väsymystä kuin samanlainen sukellus ilmalla, tieteelliset tutkimukset eivät ole tähän päivään mennessä löytäneet riittävän vahvoja todisteita, jotka tukisivat tätä olettamusta. Kuten aiemmin jo mainitsin, placebo-vaikutusta ei pitäisi aliarvioida, vaan sitä pitäisi tutkia vielä lisää.

Edelleenkin on tarpeen edistää happirikastettujen kaasuseosten viisasta käyttöä sukeltamisessa huolimatta siitä, minkälaisia tuloksia tämän aiheen tutkimuksissa ehkä tulevaisuudessa saadaan. Näiden seosten käyttö ei ole välttämätöntä niinkään siksi, että voitaisiin pidentään pohja-aikoja, vaan ennemminkin sen tähden, että dekompressoriasitus olisi mahdollisimman vähäinen. Jos nitroksilla sukeltaminen saa olosi tuntumaan pirteämmältä sukelluspäivän jälkeen, nauti siitä, vaikka tieteelliset tutkimukset eivät tukisikaan tätä kokemustasi. Muista kuitenkin nauttia turvallisesti.



---

## Haastatellut asiantuntijat

### **Richard Harris, BMBS, FANZCA, DipDHM, FFEWM**

on australialainen anestesioologi, joka työskentelee sukelluslääketieteen parissa sekä ambulanssilennoilla.

**Neal W. Pollock, Ph.D** on tutkimusjohtaja DAN:illa ja tutkimusryhmän jäsen Duken yliopiston lääketieteellisessä keskuksessa toimivassa painekammiohoidon ja ympäristöfysiologian yksikössä. Molempia tehtäviään hän hoitaa Durhamissa, Pohjois-Carolinan osavaltiossa.