

# Sukeltamisen vaikutukset aivoihin? (Osa 1)

Aika ajoin nousee esille kysymys siitä, vaikuttaako sukeltaminen vahingollisesti ihmisen terveyteen pitkällä aikavälillä. Vastausta tähän kysymykseen ei vielä ole saatu. Akuuttien sukellusonnettomuuksien mahdollisia neurologisia komplikaatioita ei kukaan kiistä, mutta joissakin tutkimuksissa on voitu osoittaa, että myös niillä sukeltajilla, jotka eivät ole sairastaneet sukeltajantautia (DCS), on vaurioita keskushermostossa. Nämä piilevät vauriot näkyvät valkoisina täplinä aivoissa, ja ne voidaan havaita magneettikuvauksen (MRI) avulla. Magneettikuvaus on sopiva menetelmä tähän tarkoitukseen, koska sen avulla havaitaan tarkasti pienetkin muutokset aivoissa. Ei kuitenkaan tiedetä, ovatko nämä muutokset yleisempiä sukeltajien keskuudessa verrattuna muuhun väestöön, eikä myöskään sitä, kuinka ne vaikuttavat aivojen toimintaan.

Joissakin tutkimuksissa havaittiin myös, että hermoston toimintaa koskevien mittausten tulokset poikkesivat sukeltajien kohdalla normaalista. Nämä mittaukset sisälsivät neuropsykologisia testejä, esim. muistitestejä ja keskittymiskykyä mittaavia testejä sekä EEG-tutkimuksen (aivosähkökäyrä), jonka avulla saadaan tietoa aivojen sähköisestä toiminnasta. Tutkimuksissa mitattiin myös aivojen verenvirtausta SPECT-laitteella (yksifotoniemissiotietokonetomografia). Geneven "Memory Dive" -tutkimuksessa (Slosman DO et al., 2004), jossa tutkittiin sukeltajien muistia, todettiin aivojen verenvirtauksen heikentymistä niillä sukeltajilla, jotka sukelsivat paljon (yli sata sukellusta vuodessa), sukelsivat syvälle (yli 40 metriin) ja sukelsivat kylmässä vedessä.

Näiden aivoissa esiintyvien vaurioiden patologisten mekanismien määrittäminen on vaikeaa, samoin kuin sen osoittaminen, onko niiden synty yhteydessä nimenomaan sukeltamiseen. Näihin löydöksiin voidaan liittää myös muita tekijöitä, joita ovat esimerkiksi ikä, mahdolliset päähän kohdistuneet vammat, alkoholin kulutus, migreenit, tupakointi, kohonnut verenpaine, korkea veren kolesterolipitoisuus, infektio ja PFO sydämessä (avoin soikea ikkuna). Vaikka ultraäänellä voidaan todeta, että sydämen onteloiden läpi kulkee kuplia, eivät nämä kuplat välttämättä aiheuta mitään tuntevia oireita. Nämä "hiljaiset kuplat" voivat kuitenkin aiheuttaa piileviä vaurioita.

Joissakin tutkimuksissa on keskitytty tarkastelemaan nimenomaan PFO:n vaikutuksia. PFO on sydämen oikean ja vasemman eteisen välillä oleva aukko, jonka koko voi vaihdella. Sitä esiintyy noin 25 prosentilla väestöstä. Paineen alenemisesta johtuen elimistöön muodostuu kuplia, jotka ainakin teoriassa saattavat kulkeutua isosta verenkierrosta sydämeen ja siirtyä oikealta puolelta vasemmalle PFO:n kautta. Näin ne voivat päätyä valtimosuonistoon ja mahdollisesti myös aivoihin. Tämä mekanismi muistuttaa paradoksaalista emboliaa, jossa hyytymä syvältä laskimosta siirtyy oikealta vasemmalle PFO:n kautta ja päätyy aivoihin aiheuttaen aivohalvauksen. Vaikka PFO:n olemassaoloa pidetään riskitekijänä aivovaurioiden synnyssä, nykytutkimuksen valossa ei kuitenkaan ole mitään selkeää näyttöä siitä, että PFO:n ja huomaamatta syntyneiden aivoista löydettävien vaurioiden välillä olisi yhteyttä.

Lisätutkimukset osoittavat, että myös vapaasukeltajilla, jotka sukeltavat hengitystä pidättäen, esiintyy keskushermostovaikutuksia yhtä lailla. Heillä on voitu todeta akuutteja aivohalvauksen kaltaisia vaurioita aivoissa. Ruotsalainen tutkimus osoitti, että pitkäaikainen tahallinen hengityksen pidättäminen voi lisätä aivovaurion merkkiproteiinia tilapäisesti myös silloin, kun näkyviä oireita akuutista vammasta ei esiinny (Andersson JP et al., 2009). Tutkijat esittävät, että altistuminen vakavalle hapenpuutteelle saattaa ajan myötä aiheuttaa neurologisia vaurioita. Epäselvää on edelleenkin, miten ne sukellustapahtumat, jotka eivät aiheuta mitään näkyviä oireita, vaikuttavat ihmisen hermostoon ja mitä seurauksia näistä tapahtumista voi olla pitkällä aikavälillä. Käännymme nyt asiantuntijoiden puoleen saadaksemme lisätietoa tästä aiheesta.

## **Onko mitään todisteita siitä, että sukeltajantautia sairastamattomilla sukeltajilla esiintyisi vaurioita aivoissa?**

**Richard Moon:** Joissakin magneettikuvausta hyödyntävissä tutkimuksissa on havaittu, että sukeltajilla esiintyy enemmän vaurioita aivoissa verrattuna niihin henkilöihin, jotka eivät sukella. Tähän mennessä ei tutkimuksissa ei ole voitu osoittaa, että vaurioiden määrän ja sukellusten määrän välillä olisi jokin yhteys. Näin ollen voimme olettaa, että vaurioiden synty ei ole suorassa yhteydessä sukeltamiseen.

**Günalp Uzun:** Viimeisten 20 vuoden aikana suoritettujen tutkimusten tarkoituksena on ollut selvittää oletettua yhteyttä sukeltamisen ja aivoissa esiintyvien muutosten välillä. Saadut tulokset ovat olleet ristiriitaisia. Tutkimusmenetelmien välisistä eroista johtuen tutkimustuloksia ei ole mahdollista yhdistää, eikä näin ollen myöskään voida päästä yhteiseen selkeään lopputulokseen. Joidenkin aikaisempien selontekojen perusteella olemme todenneet, että oireettomilla sotilassukeltajilla esiintyy enemmän valkoista ainetta aivoissa verrattuna niihin kontrollihenkilöihin, jotka eivät sukella (Erdem et al., 2009). Positiivinen korrelaatio ei kuitenkaan aina merkitse syy-yhteyttä. Useimmissa tutkimuksissa (meidän tutkimuksemme mukaan luettuna) ei tullut ilmi mitään merkittävää yhteyttä vaurioitumista osoittavan valkoisen aineen esiintymisen ja sukellusten välillä. Vaikka sukeltajilla esiintyisikin enemmän valkoista ainetta aivoissa, näiden vaurioiden merkitys hoidon kannalta ja niiden yhteys neuropsykologisiin oireisiin on vielä selvittämättä.

**Kay Tetzlaff:** On olemassa runsaasti tutkimuksia, joissa on tutkittu magneettikuvausta erilaisissa sukeltajista muodostetuissa ryhmissä. Monissa tutkimuksissa magneettikuvauksessa tuli ilmi yhteys sukellusaltistuksen parametrien ja aivoista löytyneiden vaurioiden välillä. Mikään näistä tutkimuksista ei kuitenkaan kyennyt näyttämään toteen syy-yhteyttä näiden tekijöiden välillä. Perusvirhe näiden tutkimusten suunnittelussa on ollut se, että sukeltajia valittaessa ei ole pystytty puolueettomasti valitsemaan vain sellaisia henkilöitä, jotka olisivat varmasti olleet täysin vauriottomia aikaisemmin. Tutkimukset eivät itse asiassa kyenneet kumoamaan sitä olettamusta, että päätös sukeltamisen aloittamisesta saattaa olla ensimmäinen merkki vauriosta aivoissa. Yksi tapa vähentää tätä puolueettomuutta voisi olla tutkittavan sukeltajien ryhmän pitkäaikaisseuranta heidän sukellusuransa alusta asti. Saatuja tuloksia tulisi sitten verrata niistä henkilöistä muodostettuun ryhmään, jotka eivät sukella. Tutkimustuloksia häiritsevät tekijät, esim. alkoholin käyttö, tupakointi ja kohonnut verenpaine, pyritään kontrolloimaan. Tuloksia tällaisesta tutkimuksesta tarvitaan vielä.

## **Mikä yhteys on PFO:n ja aivoissa esiintyvien vaurioiden välillä?**

**Moon:** PFO:n ja näiden vaurioiden esiintymisen välillä on heikko yhteys. Mitään todistusaineistoa ei kuitenkaan ole siitäkään, että näiden vaurioiden perusteella kyseessä olisi varsinainen aivovamma.

**Uzun:** Niin kutsutut "hiljaiset kaasukuplat", joita voidaan havaita myös silloin, kun sukellus on tapahtunut matalassa vedessä, eivät saa aikaan näkyviä oireita. Tavallisesti ne suodattuvat pois keuhkoverenkierron kautta. PFO, sydämen oikean ja vasemman eteisen välillä oleva aukko, voi toimia kulkuväylänä ison verenkierron valtimoihin näille "hiljaisille kuplille". Oletuksena on, että nämä kuplat voivat estää pienten verisuonien toiminnan aivoissa, jolloin syntyy valkoisen aineen vauriokohtia. Useassa tutkimuksessa onkin voitu osoittaa, että sukeltajilla, joilla on PFO, on kohonnut riski näiden valkoisen aineen esiintymien muodostumiselle verrattuna niihin sukeltajiin, joilla ei ole PFO:ta. Ei ole olemassa mitään yleistä suositusta siitä, että oireettomien laitesukeltajien tulisi käydä tutkimuksissa PFO:n olemassaolon selvittämiseksi. Jos sukeltaja kuitenkin jo tietää, että hänellä on PFO, tulisi hänen noudattaa konservatiivista sukellusprofiilia sukeltajantaudin (DCS) riskin pienentämiseksi.

**Tetzlaff:** PFO lisää sukellussairauden (DCI) riskiä ja saattaa tätä kautta lisätä myös magneettikuvissa

näkyviä vauriokohtia aivoissa. Kliinisen tutkimuksen perusteella on arvioitu, että sukeltajilla, joilla on PFO, on neljä ja puoli kertaa suurempi mahdollisuus sairastua sukellussairauteen. Hapenpuutteeseen liittyviä vaurioita aivoissa esiintyy heillä kaksi kertaa todennäköisemmin. (Schwerzmann M et al., 2001.) On kuitenkin muistettava, että sukeltaminen on turvallista myös silloin, kun henkilöllä on PFO, jos sukeltaessa noudatetaan turvallisuusohjeita. PFO itsessään ei aiheuta vaurioita, vaan vaurioiden aiheuttajina ovat sukelluksen aikana tai sen jälkeen elimistöön jääneet kaasukuplat. Kuplakuormitus voidaan pitää mahdollisimman vähäisenä välttämällä riskitekijöitä, joita ovat esimerkiksi syväälle sukeltaminen, kylmässä sukeltaminen ja dekompressiosukellukset.

### **Millä muilla tavoin aivoihin voi muodostua vauriokohtia valkoisten täplien lisäksi?**

**Moon:** Vaurioiden muodostuminen voidaan yleensä liittää ikääntymiseen liittyviin prosesseihin, joita ovat esimerkiksi muutokset verisuonissa.

**Uzun:** Magneettitutkimuksissa havaittuja valkeita täpliä aivoissa esiintyy itse asiassa yleisesti vanhemmilla ihmisillä, ja ne voidaan yhdistää päävammoihin, alkoholin kulutukseen, migreeniin, tupakointiin, kohonneeseen verenpaineeseen ja/tai korkeaan kolesterolipitoisuuteen. Yleisesti hyväksytty ajatus on, että valkoisen aineen vauriot ovat elimistön peruskudokseen liittyviä vaurioita, jotka ovat seurausta aivojen hapenpuutteesta tai aivoverenkierron häiriöistä.

**Tetzlaff:** Valkoisen aineen runsasta esiintymistä pidetään tyypillisenä löydöksenä magneettikuvassa, kun kyseessä on aivojen pienten verisuonten sairaus. Kunkin taudin kohdalla esiintyy sille ominaiset löydökset, mutta yleensä voidaan havaita runsaasti valkoista ainetta, jonka esiintyminen kertoo pienten verisuonten hapenpuutteesta. Merkittäviä kliinisiä yhteyksiä näillä esiintymillä on aivohalvauksen, dementian ja kognitiivisen vajaatoiminnan kanssa. Valkoisen aineen määrä aivoissa lisääntyy iän myötä.

Keskustelu aiheesta jatkuu artikkelin toisessa osassa, joka julkaistaan syyskuun numerossa.

### **Artikkelin asiantuntijat**

**Richard Moon, M.D.**, suorittanut lääketieteen tutkinnon McGillin yliopistossa Montrealissa Kanadassa. Hän on anestesiologian ja lääketieteen professori sekä Ylipainehoidon ja ympäristöfysiologian keskuksen lääketieteellinen johtaja Duken yliopiston lääketieteellisessä keskuksessa Durhamissa Pohjois-Carolinassa.

**Kay Tetzlaff, M.D.**, lääketieteen dosentti urheilulääketieteen osastolla Tuebingenin yliopistolla Saksassa sekä sukelluksen ja ylipainehoidon asiantuntija.

**Günalp Uzun, M.D.**, ylipainehoidon ja vedenalaisen lääketieteen dosentti GMMA Haydarpasan opetussairaalassa Istanbulissa Turkissa.