Sukeltajantaudin riskitekijöiden tunnistaminen

Voimmeko saada uutta tietoa sukeltajantaudin (DCS) riskitekijöistä tutkimalla tosielämän sukellusprofiileja ja niistä saatuja tuloksia? Vastaus on kyllä. Itse asiassa voimme tällä tavoin oppia paljonkin. Tämä on myös tärkein syy siihen, miksi DAN Europe alkoi jo ennakolta koota tietokantaa sekä virkistys- että tekniikkasukelluksien profiileista. Näitä sukellusprofiileja on ladattu sukellustietokoneilta vuodesta 1994 alkaen. Ohjelmistojen kehittämistä on jatkettu ja samalla on kerätty lisää profiileja niihin liittyvine taustatietoineen. Tämä on todellinen kunnianosoitus massadatalle!

Tästä samasta syystä DANin tutkijat olivat myös innokkaita soveltamaan uusimpia analyyttisiä tekniikoita saatuun sukellusdataan uudessa tutkimuksessaan, joka oli ensimmäinen laatuaan. Tässä tutkimuksessa analysoitiin lähes 40 000 avoimen kierron laitteella sukellettua virkistyssukellusta, joiden tiedot on koottu eurooppalaisilta sukeltajilta yksityiskohtaisilla sukeltajille tarkoitetuilla kyselylomakkeilla. Lähes tuhanteen sukellukseen sisältyi myös sukelluksen jälkeiset kuplien mittaukset, joissa tiedot kerättiin Doppler-laitteella. 320 sukelluksessa tuloksena oli sukeltajantauti. Tässä on huomionarvoista se, että tutkimukseen ei otettu mukaan suljetun kierron laitteella tehtyjä sukelluksia eikä tekniikkasukelluksia, joissa käytettiin trimixiä. Tulokset julkaistiin vuonna 2017 lehdessä otsikolla *Sukelluksen riskitekijät, kaasukuplien muodostuminen ja sukellussairaus virkistyssukeltajilla LAITESUKELLUKSESSA: DAN Europen sukellusturvallisuuslaboratorion (DSL) tietokannan analysointi.*

Tutkimukselle asetettiin kolme tavoitetta. Ensimmäisenä tavoitteena oli saada tarkka kuva eurooppalaisten virkistyssukeltajien sukellustavoista ja verrata niitä suosituksiin, joita sukelluksen suhteen on annettu. Toiseksi tavoitteena oli tutkia niitä riskitekijöitä, jotka eivät liity paineeseen. Näitä tekijöitä ovat esimerkiksi sukeltajan ikä, sukupuoli, vartalotyyppi ja muut ympäristötekijät. Haluttiin siis ottaa huomioon näiden tekijöiden vaikutus kuplien muodostumiseen. Lopuksi tutkijat toivoivat vielä voivansa tunnistaa ne riskitekijät, jotka liittyivät todellisiin sukellustautitapauksiin.

Sukeltajantautiin liittyvä ongelma

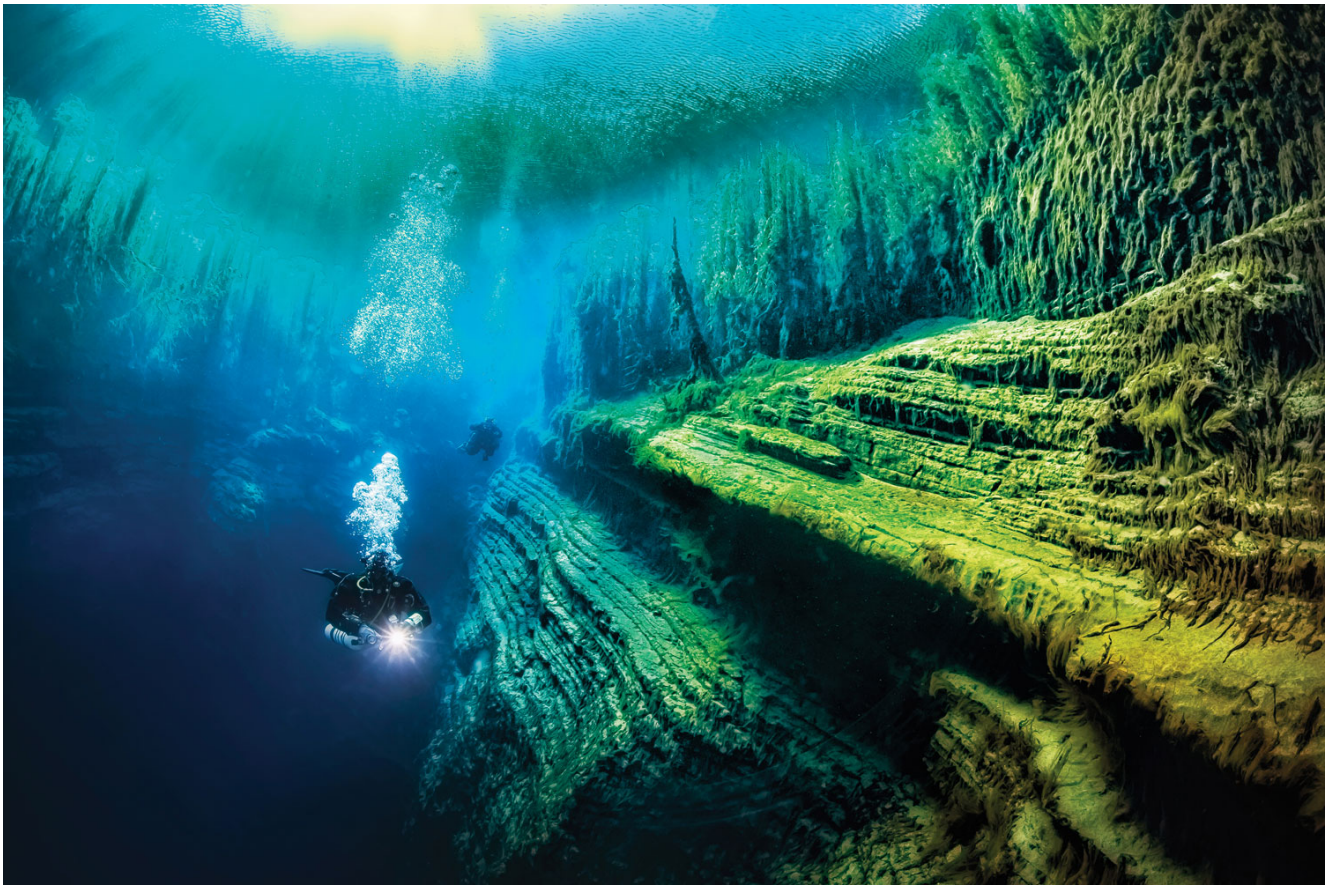
Laitesukelluksen kasvattaessa suosiotaan vuosittain tehtyjen sukellusten määrä kasvaa koko ajan ja samalla lisääntyvät myös sukeltajantautitapaukset. Vaikka sukeltajien lukumäärää ja sukeltajantautitapausten täsmällistä määrää ei tiedetä, sukeltajantautia ilmenee kuitenkin suhteellisen harvoin määrän vaihdellessa 0,01 – 0,1 prosentin välillä. Vaihteluvälin yläpäässä ovat kaupalliset sukellukset ja alapäässä urheilusukellukset sekä ne sukellukset, joissa on kyseessä tieteellinen toiminta. Seuraukset sukeltajantautitapauksissa voivat kuitenkin aina olla merkittäviä.

Vaikka sukeltajantaudin tarkasta syntymekanismista keskustellaan edelleenkin[1], yleisesti ollaan kuitenkin yksimielisiä siitä, että hyvin pienet reagoimattoman kaasukuplat ovat ovat tärkein syy taudille. Tätä tilaa kutsutaan verisuonten kaasuemboliaksi (VGE). Sukeltajilla voi kuitenkin esiintyä niin sanottua hiljaista verisuonten kaasuemboliaa, joka näkyy Doppler-laitteella mitattaessa, vaikka mitään sukeltajantaudin oireita ei olisikaan.

Nykyään käytössä olevat sukeltajantautia koskevat hoitotoimenpiteet ovat tunnettuja, ja ne ovat laajalti hyväksyttyjä. Tähän liittyy kuitenkin ongelma. Suurin osa sukeltajantautitapauksista ilmenee odottamatta, toisin sanoen nykyisten dekompressioalgoritmien avulla niitä ei voida ennustaa. Tästä syystä niitä pidetään "ansaitsemattomina", eli sukeltajat sairastuvat, vaikka ovat noudattaneet sukellustietokoneen suosituksia oikein.

“Ongelma on siinä, että nykyiset dekopressiomallit ottavat huomioon vain reagoimattoman kaasun saturaation ja desaturaation. Tällöin ei oteta huomioon kuplien mikroytimien populaatiota. Nämä mikroytimet ovat VGE:n edeltäjiä, ja niiden uskotaan olevan ensisijaisesti syynä dekompressiokuplien

syntymiselle”, selittää Costantino Balestra. Hän on yksi tutkimuksen laatijoista ja DANin tutkimus- ja koulutusosaston varapuheenjohtaja. Balestran mukaan uudessa tutkimuksessa esitetään, että sukeltajan biologiset prosessit voivat mahdollisesti olla vuorovaikutuksessa mikroytimien kanssa saaden aikaan verisuonten kaasuembolian. Näin ollen yksilöllisen alttiuden ja elämäntapojen huomioon ottaminen on yhä tärkeämpää pyrittäessä ennustamaan sukeltajantaudin puhkeamista.



Tulokset

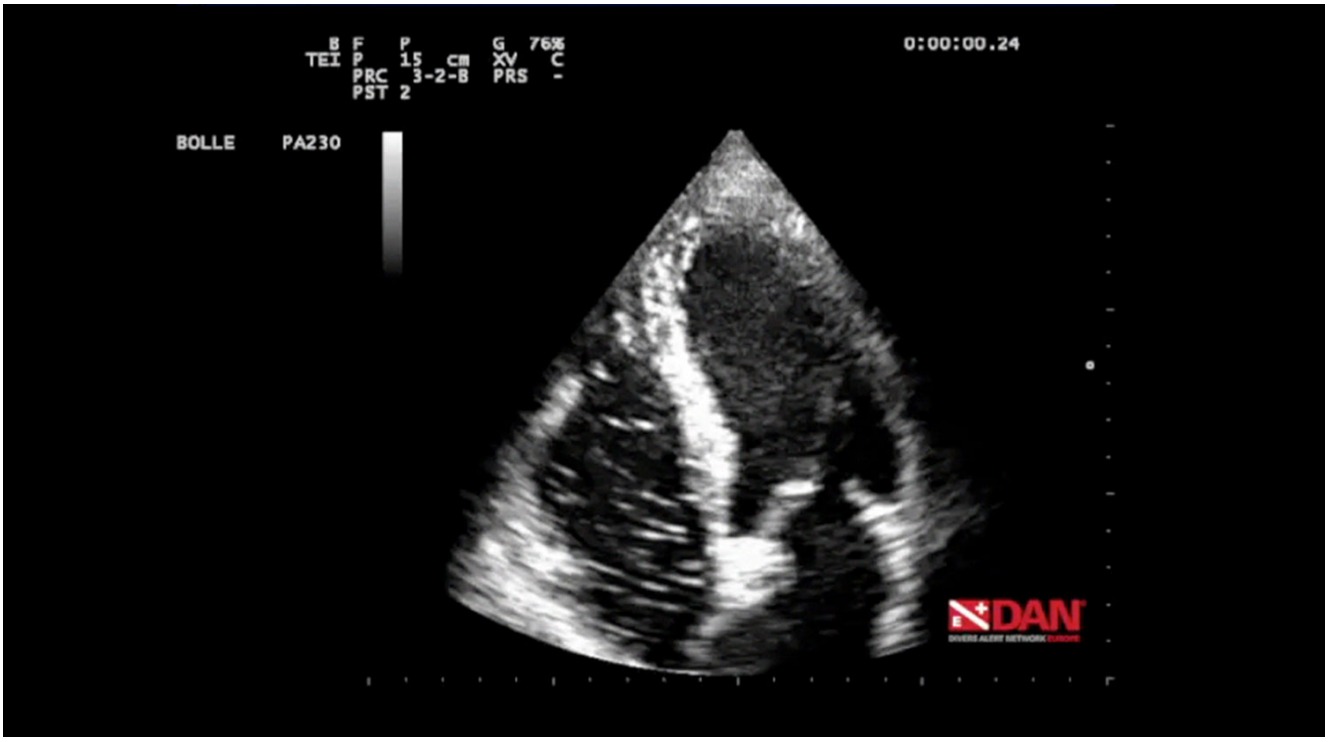
Tutkijat suorittivat perusteellisen tilastollisen analyysin sukeltajien antropometrisista tiedoista, riskitekijöistä ja sukellusdatasta. Tähän sisältyi myös sukeltajien painoindeksin (BMI) ja johtavan kaltevuustekijän (GF) laskeminen. Kaltevuustekijällä mitataan sitä, mikä on typen supersaturaatio sallitusta enimmäisarvosta kullekin kudostyypille kuhunkin sukellukseen liittyen. Kudostyypit luokiteltiin tutkimuksessa nopeisiin, keskinopeisiin ja hitaisiin kudostyyppeihin. Tutkijat myös luokittelivat kuplien tulokset niiden sukellusten suhteen, joita tarkkailtiin Doppler-laitteella, jotta niitä voitiin verrata riskitekijöihin.

Tutkimuksessa saatiin alla esitettyjä tuloksia.

Suurin osa virkistyssukelluksista tehtiin niin sanotusti turvallisella vyöhykkeellä, jolloin keskisyvyys oli 27 m, sukellusaika 46 min ja kesimääräinen johtava GF-arvo 0,66. Toisin sanoen keskimääräinen kudoksen supersaturaatio oli 66 % sallitusta maksimirajasta. Keskimääräinen nousunopeus oli hitaampi kuin tällä hetkellä suositeltu nopeus, joka on 9 – 10 m/min. Vielä tärkeämpää on se, että hyvin harvat paineentasauspysähdykset jätettiin tekemättä. Tämä kertoo siitä, että sukeltajilla on tapana sukeltaa konservatiivisesti.

Tähän voidaan vielä lisätä, että vaikka sukeltajilla oli laite- ja muita ongelmia 6,3 prosentilla sukelluksista,

vähemmän kuin 0,6 %, 109 sukelluksesta, oli vakavia. Tutkimuksen tiedot vahvistivat myös sen, että kuplien määrä nousi huippuunsa silloin, kun pintaannoususta oli kulunut 35 – 40 minuuttia. Tämä löydös on hyvin tärkeä ja korostaa sitä, kuinka tärkeää on välttää liiallista rasitusta tänä sukelluksen jälkeisenä ajanjaksona.



Riskitekijät ja kykenemättömyys ennustaa sukeltajantautia

Raportissa keskityttiin pääasiassa tutkimaan sitä, kuinka erilaiset riskitekijät vaikuttavat kuplien muodostumiseen ja viime kädessä sukeltajantautiin. Tavoitteena tässä on ennustettavuuden parantaminen. Mielenkiintoista on se, että tutkimuksen perusteella ei havaittu yhteyttä tai yhteys oli vain vähäistä kuplien muodostumisen ja monien tarkasteltavina olevien riskitekijöiden välillä. Vain ikääntyminen ja painoindeksi näyttivät olevan yhteydessä lisääntyneeseen kuplien muodostumiseen.

Tutkijat eivät siis kyenneet löytämään merkittäviä yhteyksiä kuplien muodostumisen ja niiden riskitekijöiden välillä, jotka eivät liity suoraan sukellusprofiiliin. Tällaisia riskitekijöitä ovat esimerkiksi huono näkyvyys tai suuri työkuormitus. He saattoivat kuitenkin osoittaa sen, että monet riskitekijät johtavat stressin kehittymiseen sukeltajilla. Tämä puolestaan johti siihen olettamukseen, että stressin aikana vapautuvat verenkierron ja kudosnesteiden kuljettamat välittäjäaineet (humoraalinen säätely) voivat mahdollisesti vaikuttaa kuplien muodostumista. Nyt tutkijat keskittyvät tutkimaan näitä mahdollisia muuttujia perusteellisessa seurantatutkimuksessa.

320 sukeltajantautitapauksen analysointi osoittautui kiehtovaksi projektiksi, ja se valaisi hyvin sukeltajantaudin ennustamisen vaikeutta. Noin 93 prosentissa sukeltajantautitapauksia sukeltajat noudattivat oikein paineentasauspysähdyksiä. Sairastumista näissä tapauksissa voidaan pitää "ansaitsemattona". Vain kahdeksassa 320 sukeltajantautitapauksesta GF-arvo oli suurempi kuin yksi. Toisin sanoen vain 2,5 prosentissa tapauksista taudin puhkeaminen olisi voitu ennustaa taustalla olevan algoritmin avulla. Mielenkiintoista on se, että kaikissa kahdeksassa tapauksessa kyse oli joko nopeasta tai hitaasta kudostyypistä. Nämä tulokset osoittavat sen, että lisätutkimuksia tarvitaan vielä. Samoin on tarpeen fysiologisempi lähestymistapa, kuten edellä on mainittu.

Tulevaisuudensuunnitelmia

DAN Europella on jo suunniteltuna useita projekteja, joiden avulla jatketaan yllä mainitulla tutkimuksella aloitettua työtä sitä mukaa kuin uutta aineistoa kertyy. Suunnitelmissa on myös aloittaa sellaisen tiedon kartuttaminen, joka liittyy enemmän tekniikkasukellukseen. Tähän sisältyisivät heliumin käyttö hengityskaasuna ja suljetun kierron laitteet. Ajatuksena on myös tietokannan laajentaminen niin, että siihen sisältyisi myös vapaasukelluksen harjoittaminen. DAN aikoo julkaista pian uusia ohjelmistotyökaluja, jolloin sukeltajien on helpompi osallistua tietojen keräämishankkeisiin.

---

[1] Viimeaikaisissa hypoteeseissa oletetaan, että reagoimattoman kaasun aiheuttamat tulpat voivat laukaista soluvälitteiset mekanismit, jolloin sukeltajantauti rinnastettaisiin tulehduksellisiin sairauksiin (Thom et al., 2015). Nämä hypoteesit tekevät "hiljaisten" kuplien läsnäolosta tutkimisen arvoisen ilmiön, joka kannattaa ottaa huomioon. Tällöin voitaisiin mahdollisesti tunnistaa lisää niitä riskitekijöitä, jotka saattavat korreloida lisääntyneen kuplien muodostumisen ja sukeltajantaudin kanssa.

Tietoa artikkelin kirjoittajasta

Michael Menduno on palkittu toimittaja ja tekniikan alan asiantuntija, joka on kirjoittanut sukeltamisesta ja sukellusteknologiasta monen vuosikymmenen ajan. Hän on luonut termin "tekniikkasukellus", ja hänen kirjoituksiaan on julkaistu esimerkiksi seuraavissa lehdissä: Alert Diver, DIVER, Quest, Scientific American, Scuba Times, Sports Diver, Undercurrent, Undersea Journal, WIRED ja X-Ray. Menduno perusti aquaCORPS-lehden ja toimi sen päätoimittajana. Tämä lehti auttoi osaltaan tekniikkasukellusta pääsemään mukaan urheilusukelluksen valtavirtaan. Mendunon ansiota ovat myös ensimmäiset Tek-, EuroTek- ja AsiaTek-konferenssit.