Sukellus syvälle DANin DCS-tietokantaan

Tätä lehteä säännöllisesti lukevat tietävät, että dekompression yksilöllinen laatiminen on ensisijainen pitkän aikavälin tutkimustavoite DAN Europen tutkimusryhmässä, jota johtaa professori Alessandro Marroni.

Kyseessä ei ole helppo tehtävä. Ylipainehappeen liittyvissä tutkimuksissa otokset ovat kooltaan tyypillisesti hyvin pieniä. Tästä syystä on erittäin vaikeaa eristää yksittäisiä tekijöitä, jotka ovat tilastollisesti merkittäviä.

DANilla on kuitenkin ässä hihassaan tai tapauksesta riippuen kokonainen korttipakka. Kyseessä on tietokanta, joka sisältää 127 957 tosielämän sukellusta. Tähän lukuun sisältyy 628 sukellusta, jotka ovat johtaneet sukeltajantaudin kehittymiseen. Lisäksi on vielä sukellustietokoneilta kerätyt tiedot 15 vuoden ajalta. Näin valtavan tietomäärän kerääminen ja eri sukellustietokonemerkkien tietojen yhdenmukaistaminen vertailua varten merkitsee tutkijoiden kannalta valtavaa ponnistusta.

Tietojen keräämiseen osallistui 5 907 yksittäistä sukeltajaa, joista noin 80 % oli miehiä ja 20 % naisia. Jokainen osallistuja lähetti 1–1 432 sukellusprofiilia (mediaani: 3).

Jokaiseen yksittäiseen profiiliin liittyi lisädokumentaatiota sukeltajan täyttämän kyselylomakkeen muodossa. Tässä lomakkeessa sukeltajat kertoivat itsestään sellaisia perustietoja kuin ikä, sukupuoli, pituus ja paino sekä tietoja fyysisestä voinnistaan ja kokemuksistaan sukelluksella.

Äskettäin julkaistussa tutkimuksessa DANin tutkijat suorittivat monimutkaisen tilastollisen analyysin koskien koko tietokantaa. Tavoitteena oli tunnistaa parametrit, jotka todennäköisesti ovat syynä siihen,

että tietyllä sukelluksella sukeltajalle kehittyy sukeltajantauti. Tätä varten sukellukset jaettiin kahteen pääryhmään: ne, jotka johtivat sukeltajantautiin, ja ne, jotka eivät johtaneet. Tutkijat vertasivat sitten molempia ryhmiä useiden mahdollisten sellaisten mittarien osalta, jotka voivat vaikuttaa siihen, että tietty sukellus todennäköisesti päättyy jompaankumpaan ryhmään.

Katsotaanpa tuloksia.

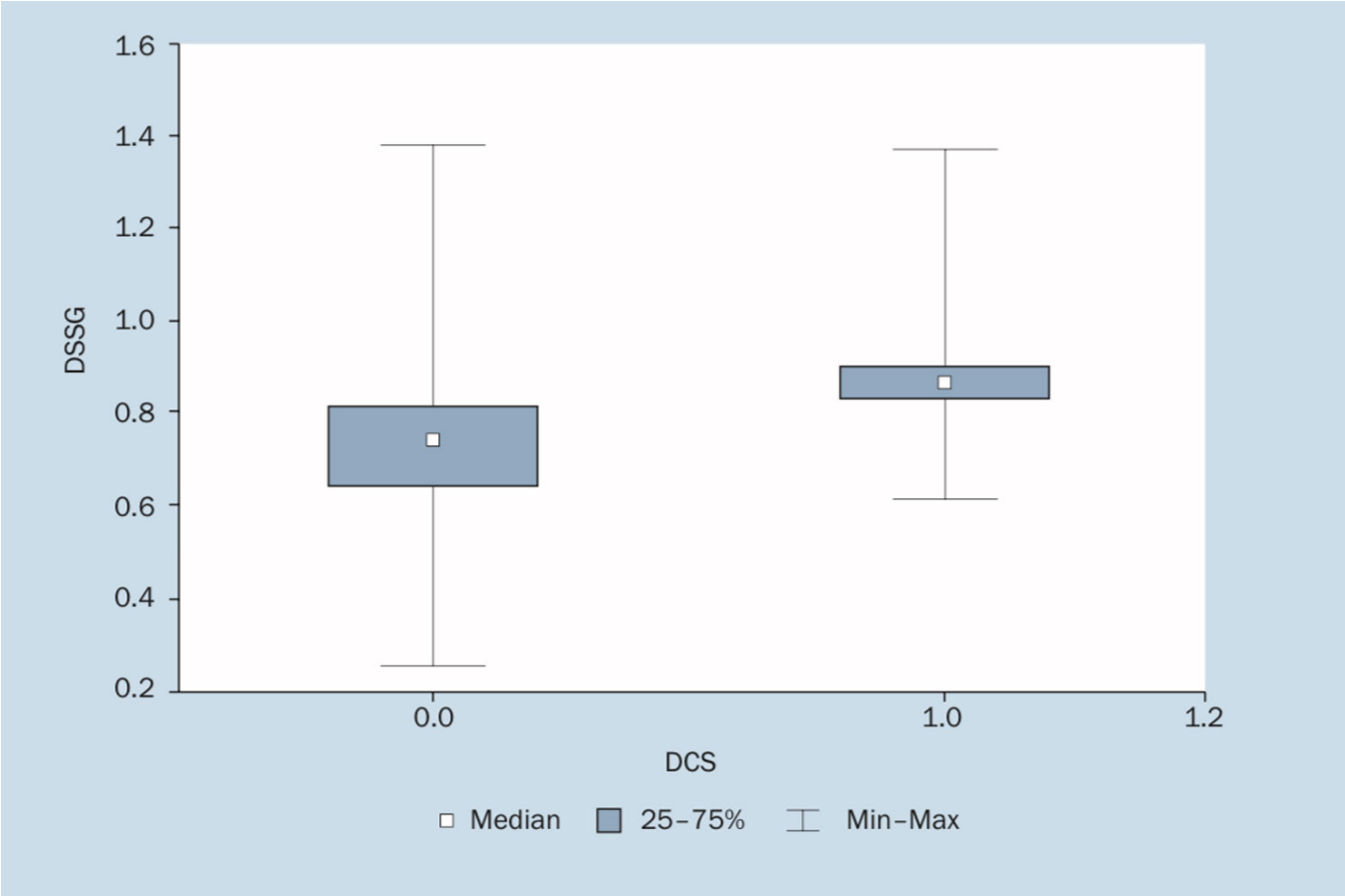
Sukellusprofiili

Tutkimuksessa analysoitiin sukellusprofiileja, jotta voitiin tunnistaa *johtava kudoslokero*. Kyse on siis toisin sanoen siitä, millä Bühlmannin ZHL-16C-algoritmin 16 teoreettisesta kudoslokerosta on korkein supersaturaatio. Samoin analyysin perusteella haluttiin tunnistaa kyseisen lokeron *gradienttifaktori* pintaannousun yhteydessä. Tämä tarkoittaa hyväksyttyä kaasun painetta suhteessa teoreettiseen maksimiylipaineeseen (M-arvo) prosentteina ilmaistuna.

Koska kaikki sukellustietokoneet eivät käytä Bühlmannin algoritmia tai seuraa gradienttifaktoria pintaannousun yhteydessä, tutkijoiden oli laskettava tarvittavat arvot takautuvasti sukellusprofiilitiedoista. Tuloksena olevaa mittaria (*DAN Surface Supersaturation Gradient* eli *DSSG)* käytettiin vertailun perustana.

DSSG:n havaittiin olevan merkittävästi korkeampi niiden sukellusten kohdalla, jotka johtivat sukeltajantaudin kehittymiseen verrattuna niihin sukelluksiin, jotka päättyivät ilman vaaratilanteita (86,6 % versus 74,3 %). Sukeltajantaudin riskin havaittiin myös olevan suurempi, kun johtavan kudoslokeron aikavakio oli lyhyempi. (Puhekielessä käytetään termiä “nopea kudos”.) Sukeltajat voivat hallita näitä molempia riskitekijöitä tekemällä pidempiä pysähdyksiä matalassa vedessä ennen pintaan nousua.

Kaiken kaikkiaan sukellusprofiilin todettiin olevan tärkein yksittäinen sukeltajantaudin riskiä määrittävä tekijä.



DSSG sukelluksille, jotka johtavat sukeltajantautiin (oikealla) versus sukelluksille, jotka eivät johda sukeltajantautiin (vasemmalla). Tumma laatikko näyttää kaksi keskimmäistä kvartiilia (puolet sukellusprofiilien lukumäärästä). Pylväät osoittavat vaihteluvälin ääriarvot.

Naissukeltajat

Keskimäärin naissukeltajilla näyttää olevan suurempi (noin neljä kertaa suurempi) riski sairastua sukeltajantautiin kuin miehillä.

Tämän eron syy ei ole täysin selvä. Se voi liittyä eri tekijöihin, kuten sukupuolten välisiin eroihin endoteelin toiminnassa (solukalvoissa), veren hyytymisessä ja dekompressiostressiin liittyvässä tulehdusvasteessa. Laboratoriotutkimukset ovat osoittaneet, että sukeltajantaudille vastustuskykyä lisäävät tekijät eivät ole samat uroksilla ja naarailla, kun kyseessä ovat rotat. Tämä saattaa hyvin päteä myös ihmisiin.

Sähköpostikeskustelussa *Alert Diverin* kanssa tutkijat totesivat, että tämänhetkinen DANin tekemä tutkimus ei erottele naissukeltajia premenstruaalisen, fertiili- ja (post)menopausaalisen iän suhteen. Tämä erottelu saattaisi tarjota lisävihjeitä tulevaisuudessa tarkkoja toimintamekanismeja koskien.

Kontekstin vuoksi on syytä pitää mielessä, että vakavat sukeltajantautitapaukset ovat edelleen erittäin harvinaisia kummallakin sukupuolella. Jos kerrot hyvin pienen luvun neljällä, luku on silti hyvin pieni. Joten jatka sukellusta äläkä ripusta räpylöitäsi naulaan!

Tekniikkasukellus

Tekniikkasukellus on riskialttiimpaa kuin virkistyssukellus. Kaikkien muiden tekijöiden ollessa samanarvoisia, sukeltajantaudin riski on ”teknisiksi” luokitelluilla sukelluksilla 36 prosenttia suurempi kuin virkistyssukelluksilla.

Tutkimuksessa käytettiin mukana kuljetettavien kaasujen määrää teknisen sukelluksen laajuuden ja monimutkaisuuden epäsuorana mittarina. Sukeltajantaudin riskin havaittiin korreloivan kaasujen määrän kanssa. Tutkijat myöntävät, että suljetun kierron laitteiden yleistyneen käytön myötä mukana kuljetettavien kaasujen määrästä tulee vähemmän hyödyllinen mittari.

Painoindeksi (BMI)

DANin tutkijat ryhmittelivät sukeltajat kahdeksaan painoindeksiluokkaan alkaen vakavasta alipainosta ja päätyen sairaalloiseen lihavuuteen. Painoindeksiluokan (ei suoraan painoindeksin) havaittiin korreloivan sukeltajantautiriskin kanssa, ja tämä koski myös muita kuin ylipainoisia tai lihavia sukeltajia. Kyse on yhdestä tämän tutkimuksen yllättävimmistä löydöksistä.

Käyrä on siis U-muotoinen, ja riski on lisääntynyt asteikon molemmissa päissä. Toisin sanoen vakava alipaino näyttää lisäävän sukeltajan riskiä sairastua sukeltajantautiin (+15 %). Tilastollinen merkitsevyys osoitettiin vain ääripäissä, siis patologisesti laihoilla ja patologisesti lihavilla ihmisillä.

Toistuvat sukellukset ja pinta-ajat

On mielenkiintoista, että toistuvien sukellusten havaittiin aiheuttavan pienemmän sukeltajantaudin riskin kuin edeltävien sukellusten. Tämä tukee entisestään käsitystä siitä, että ihmiskeho sopeutuu dekompressiostressiin. Tutkijat kirjoittavat, että kaikkia sukelluksia, joiden pinta-aika oli 48 tuntia tai vähemmän, pidettiin toistuvina.

Tutkimuksessa havaittiin, että jokainen ylimääräinen pinta-ajan tunti vähensi sukeltajantaudin riskiä 6 prosentilla. Tämä kaikki viittaa siihen, että pieni määrä sukelluksia päivässä pitkillä pinta-ajoilla ja useina peräkkäisinä päivinä saattaa olla turvallisin lähestymistapa sukeltajantaudin riskin hallintaan.

Väsymys, liikunta ennen sukellusta, kuormitus sukelluksen aikana ja lämpötilaan liittyvät tuntemukset

Kyselylomakkeessa sukeltajia pyydettiin antamaan tietoa siitä, olivatko he harrastaneet liikuntaa ennen sukellusta (neljä kategoriaa liikkumattomuudesta raskaaseen liikuntaan), palelivatko he tai tunsivatko he itsensä väsyneiksi ja miten he arvioivat kuormituksen sukelluksen aikana.

Liikunta ennen sukellusta antoi positiivisen korrelaation sukeltajantaudin riskin suhteen. Tutkijat kirjoittavat, että tähän löydökseen tulisi suhtautua erittäin varoen, koska liikunta on monimutkainen aihe eikä sitä ole helppo hahmottaa yhdellä parametrilla. Lisäksi asiaan paneutuneet tutkimukset viittaavat siihen, että kevyt liikunta ennen sukellusta voi vähentää sukeltajantaudin riskiä.

Sekä väsymyksellä että palelemisella havaittiin olevan suojaavaa vaikutusta (sukeltajantaudin riskin väheneminen). Nämä tulokset saattavat olla odotusten vastaisia. Erityisesti kylmän osalta Yhdysvaltain laivaston kokeellisen sukellusyksikön (NEDU) vuonna 2007 tekemä tunnettu tutkimus osoitti, että palelu pohjassa oltaessa ja lämmön tunne nousun aikana vähentää sukeltajantaudin riskiä. Mahdollinen selitys on, että havaittava epämukavuus (sukeltajan itse raportoima) voi saada sukeltajan toimimaan varovaisemmin.

Suuren kuormituksen (jälleen itse raportoidun) havaittiin lisäävän sukeltajantaudin riskiä. Tämä löydös on yhdenmukainen vakiintuneen käsityksen kanssa.

Tutkimustyö tulevaisuudessa

Tämän tutkimuksen luonteeseen kuului, että väsymystä, sukellusta edeltävää rasitusta, kuormitusta ja lämpötilaa ei voida mitata objektiivisesti. Tämän vuoksi löydökset näillä osa-alueilla ovat vähemmän ratkaisevia kuin esimerkiksi sukellusprofiileja tai sukupuolieroja koskevat löydökset.

Näiden tärkeiden keskinäisten riippuvuuksien selvittäminen edellyttää biomonitorointilaitteiden käyttöä, jotka tallentavat sellaisia tekijöitä kuin syke, hengitystiheys, veren happipitoisuus sekä ihon ja kehon lämpötila. DAN on tehnyt aktiivisesti tutkimusta tällä alalla jo vuosia oman DANA Health -järjestelmänsä avulla. Suunnitelmissa on laajentaa tätä toimintaa käyttämällä uutta puettavaa vedenalaista biomonitorointilaitetta, joka pystyy tuottamaan täydellisen EKG:n veden alla. (*Alert Diver* on kertonut tästä aiheesta enemmän.)

Tutkijoiden ajatuksia ja tulevaisuudennäkymiä

Kun professori Costantino Balestraa pyydettiin vetämään yhteen tutkimuksen tulokset, hän korosti, että monet löydöksistä ovat viitteellisiä, eivät lopullisia:

> *”Tutkimus antaa useita vihjeitä siitä, että on olemassa kahdenlaisia parametreja. Osa näistä on riippuvaisia ja osa riippumattomia sukeltajantaudin riskistä. Nämä eivät aina vastaa yleisesti vallitsevaa käsitystä. Esimerkiksi painoindeksi liittyi lisääntyneeseen riskiin vain ääriarvoissa ’erittäin laiha’ tai ’erittäin lihava’. Ennustusvoimaltaan tehokkain tutkimuksessa tunnistettu parametri oli DSSG.”*

DAN EU:n perustaja ja toimitusjohtaja professori Alessandro Marroni tarjoaa seuraavanlaisen tulevaisuudennäkymän:

> *”Tämä tutkimus on ensimmäinen ja tärkeä askel kohti sukellusriskin personointia yksilöllisten ominaisuuksien, riskinottohalukkuuden (korkea, keskitaso, matala), sukellusmenetelmien, varusteiden tyypin ja kaasumäärän mukaan.*
>
> *Näiden havaintojen yhdistäminen kasvavaan tietomäärään sukellukseen liittyvistä fysiologisista reaktioista mahdollistaa seuraavan askeleen kohti sukelluskäytäntöjen todellista yksilöllistämistä. Meidän on mahdollista kehittää todennäköisyyksiin perustuva fysiologinen malli henkilökohtaisen riskin lieventämiseksi ja hallitsemiseksi.”*

Meille sukeltajille tutkimus ei vielä anna selkeitä suosituksia siihen, miten suunnitella dekompressio tai virittää sukellustietokone. Itsestään selvää on tietysti se, että meidän tulee olla konservatiivisia gradienttikertoimen (GF high) suhteen ja nousta hitaasti loppudekon tai turvapysähdyksen jälkeen.

Tulevaisuuden sukellustietokoneissa on kuitenkin todennäköisesti yhä enemmän biometrisiä toimintoja. Tässä artikkelissa esitellyn kaltaista tutkimusta tarvitaan mittausten tulkitsemiseksi ja käytännön neuvojen antamiseksi.

Kääntäjä: Marianna Rantanen