



LAUREA

AMMATTIKORKEAKOULU

Yhdessä enemmän

Sukellusonnettomuudet ja häkämyrkytykset. Koulutustilaisuus Keski-Uudenmaan pelastuslaitoksen työntekijöille

Malin, Ronnie

Penttilä, Tommi

2016 Hyvinkää

Laurea-ammattikorkeakoulu
Hyvinkää

Sukellusonnettomuudet ja häikämyrkytys.
Koulutustilaisuus Keski-Uudenmaan pelastuslaitoksen
työntekijöille

Ronnie Malin
Tommi Penttilä
Hoitotyön Koulutusohjelma
Opinnäytetyö
Lokakuu 2016

Ronnie Malin & Tommi Penttilä

Sukellusonnettomuudet ja häikämyrkytys. Koulutustilaisuus Keski-Uudenmaan pelastuslaitoksen työntekijöille

Vuosi

2016

Sivumäärä

77

Tämän toiminnallisen opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa koulutusmateriaalia ja koulutustilaisuus Keski-Uudenmaan pelastuslaitoksen operatiiviselle henkilöstölle. Koulutustilaisuuden aiheina olivat sukellusonnettomuudet ja häikämyrkytykset. Opinnäytetyön tekijät toimivat itse Keski-Uudenmaan pelastuslaitoksella hoitotason ensihoitajina ja koulutukselle koettiin tarvetta myös työnantajan puolelta. Peijaksen ja Hyvinkään sairaanhoitoalueiden ensihoidon vastuulääkärit kokivat, että kyseiselle koulutukselle oli tarvetta. Voidaan todeta, että aihepiiri oli vahvasti työelämä lähtöinen. Ensihoidon ammattilaisten yleisessä tiedossa on, että sukeltajantautia ja vakavaa häikämyrkytystä voidaan hoitaa painekammiossa, eli ylipainehappihoidolla, mutta heidän teoreettinen tietämyksensä sairauksista on ollut vähäistä. Koulutuksen punaisena lankana oli lisätä tietämystä siitä, mitkä potilaat hyötyisivät primääristä ylipainehappihoidosta, mutta koulutusta lisättiin koskemaan myös muita sukellusonnettomuuksia, koska omien kokemusten mukaan arvioimme niiden olevan vielä vähemmän tunnettuja.

Teoreettisen viitekehyksen pohjalta tuotimme PowerPoint-esityspohjalle koulutusmateriaalin, jonka pohjalta pidettiin myöhemmin kaksi samasisältöistä koulutustilaisuutta. Voidakseen ymmärtää sukeltajantaudin ja painevammojen synnyn on hyvä tietää, mitkä fysikaaliset ilmiöt ovat näiden tautitilojen taustalla. Käsitteimme sukellusfysiikka, sukeltajien käyttämiä kaasuja sekä niiden ominaisuuksia eri paineissa ja sukellustekniikoita. Tämän jälkeen sukeltajantaudin oireita ja ensihoitoa. Lisäksi kerroimme painevammoista keskittyen erityisesti vaarallisiin keuhkorepeämiin. Ylipainehappihoidon osalta koulutettiin alueen vallitsevat hoitoonohjaus käytännöt, hoitopaikat ja yleistä tietämystä hoidon toteuttamisesta. Lopussa keskityimme häikämyrkytyksiin. Osuutena se oli suppea, koska fysikaaliset ilmiöt ovat siinä sukellusonnettomuuksin nähden huomattavasti yksinkertaisempia. Peijaksen alueen ensihoidon vastuulääkäri on tarkistanut työmme ennen edellä mainittua esitystä.

Koulutustilaisuudet tapahtuivat pelastuslaitoksen tiloissa ja osallistujamäärät vaihtelivat työvuoroittain ollen yhteensä noin 90. Pysyimme pääosin aikataulussa ja tilaisuudet etenivät suunnitellusti. Olimme laatineet kyselylomakkeen selvittääksemme koulutuksen merkitystä. Määrällisen tutkimusmenetelmän keinot valikoituivat tämän työn menetelmäksi. Toiminnallisen opinnäytetyön tueksi tehtävä selvitys ei laajuudeltaan tarvitse vastata varsinaista tutkimusta ja ns. suuntaa antava tieto on riittävää. Vaikka vastauksissa olikin hajontaa, voidaan todeta, että koulutus koettiin hyödylliseksi.

Asiasanat: sukellusonnettomuus, sukeltajantauti, barotrauma, ylipainehappihoito, painekammio, häikämyrkytys, HBOT, DCS

Ronnie Malin & Tommi Penttilä

**Diving accidents and carbon monoxide poisoning. A training event for Keski-Uusimaa
Emergency Services staff**

Year	2016	Pages	77
------	------	-------	----

The purpose of this functional final project was to produce training material and a training event concerning diving accidents and carbon monoxide poisoning for the operative staff of Keski-Uusimaa Regional Emergency Services. We ourselves work at Keski-Uusimaa Regional Emergency Services as paramedics, and there was a clear demand for this training on the employer's part. The physicians-in-charge of emergency medicine of Peijas and Hyvinkää Hospital Area considered this kind of training necessary as well. It can be said that this subject was working-life oriented. Among emergency care professionals it is usually known that decompression sickness and severe carbon monoxide poisoning can be treated with hyperbaric oxygen therapy in a decompression chamber. However, theoretical knowledge of these matters is often low. Theme of our training was to increase knowledge of what kinds of patients would benefit from primary hyperbaric oxygen therapy, but we also expanded our training to concern diving accidents as well, for the fact that we estimated them to be even less familiar.

From the theoretical framework we produced a PowerPoint presentation, with which we gave two similar presentations. To understand how decompression sickness and barotraumas emerge, it is important to understand the physical phenomena behind them. We discussed diving physics, gases used by divers, properties of these gases under different pressures as well as different diving techniques. Following these matters, we covered initial symptoms of decompression sickness and its first aid. In addition, we discussed barotraumas, focusing on dangerous pulmonary lacerations. In the section concerning hyperbaric oxygen therapy we taught the current standard procedures of how to direct a patient to get the proper treatment, treatment locations and general knowledge about the treatment procedures themselves. In the end we concentrated on carbon monoxide poisonings. Its portion of the overall presentation was limited, since physical phenomena causing it are considerably simpler compared to diving accidents. The physician-in-charge of emergency medicine of Peijas had inspected our presentation in advance.

The training events took place in Emergency Services' facilities and attendance was relatively high. For the most part we kept to the schedule and the presentations proceeded as planned. We had prepared a questionnaire to find out the effectiveness of our training. A quantitative research method was chosen to perform this task. A report supporting a functional final project does not have to be as comprehensive as an actual study, and approximate data is considered sufficient. Although dispersion occurred in the replies, our training was mainly considered good and useful.

Keywords: diving accident, decompression pressure, barotrauma, hyperbaric oxygen therapy, decompression chamber, carbon monoxide poisoning, HBOT, DCS

Sisällys

1	Johdanto.....	7
2	Sukellusfysiikkaa	7
2.1	Paine	8
2.2	Boylen laki.....	8
2.3	Daltonin laki.....	10
2.4	Henryn laki	10
2.5	Sukelluskaasut	11
2.6	Happi	11
2.7	Typpi	12
2.8	Helium.....	12
2.9	Laitesukellus	13
2.10	Virkistysukellus	13
2.11	Tekniikkasukellus.....	14
3	Sukellusonnettomuudet	15
3.1	Esiintyvyys	15
3.2	Dekompressiosairaus, decompression sickness (DCS) eli sukeltajantauti	16
3.3	DCS:n esiintyvyys.....	16
3.4	DCS patofysiologia	16
3.5	DCS:lle altistavat tekijät ja ennaltaehkäisy.....	17
3.6	DCS-oireet	19
3.7	DCS 1-tyyppi.....	19
3.8	DCS 2-tyyppi.....	19
3.9	DCS:n hoito.....	20
4	Barotraumat.....	20
4.1	Keuhkorepeämät	21
4.2	Valtimokaasuembolia, AGE	21
6	Häkämyrkytykset	23
6.1	Häkämyrkytyksen syntyminen.....	23
6.2	Häkämyrkytysten ensihoito.....	25
7	Tutkimusmenetelmät.....	26
7.1	Koulutustilaisuus	26
7.2	Koulutustilaisuuden suunnittelu	27
7.3	Koulutuksen toteuttaminen	28
7.4	Tulokset.....	28
7.5	Selvityksen tulokset.....	29
7.6	Arviointi.....	35
8	Pohdinta	37

Lähteet	38
Taulukot	41
Liitteet.....	42

Johdanto

Tässä opinnäytetyössä käsitellään sukellusonnettomuuksia sekä häikämyrkytyksiä ja näiden vaatimaa hoitoa. Ymmärtääkseen sukellusonnettomuuksiin liittyviä patofysiologisia mekanismeja, on ymmärrettävä tavallisimpia nesteiden ja kaasujen käyttäytymiseen liittyviä lainalaisuuksia. Tärkeimpiä sukellukseen liittyviä lainalaisuuksia ovat yleisestä ideaalikaasujen tilanyhtälön laista ja sen erikoistapaus Boylen laki, jotka kertovat paineen ja lämpötilan vaikutuksesta kaasujen käyttäytymiseen. Daltonin laki auttaa ymmärtämään kaasujen lääketieteellisiä vaikutuksia paineen muuttuessa. Henryn laki kertoo, kuinka kaasut käyttäytyvät kaasun ja nesteen rajapinnassa. Sukelluksen aikana sukeltajat käyttävät kaasuseoksia, joissa on hapen lisäksi joitakin elimistön aineenvaihduntaan reagoimattomia kaasuja. Yleisimmin käytetty sukelluskaasu on paineilma. (Vikman 2007, 36-44.)

Suomessa on arvioilta noin 20 000-30 000 laitesukellusharrastajaa. Ammattisukeltajia on noin 800. Hukkuminen on suurin syy sukeltajien kuolemiin. Näissä myötävaikuttavina tekijöinä on usein paniikki ja siihen liittyvät virhearvioinnit ja henkilön hätäntynyt toiminta. Herkkyys sukeltajantaudille on hyvin yksilöllistä. Sukeltajantauti voi syntyä myös täysin oikeaoppisesti suoritetun sukelluksen jälkeen. (Jama, Lauritsalo, Sipinen & Suvilehto 2013, 8-11.)

Tämä opinnäytetyö on toiminnallinen ja se toteutettiin kahtena erillisenä koulutusilaisuutena ennalta tehtyä koulutusmateriaalia apuna käyttäen. Opinnäytetyön tarkoitus oli järjestää työelämän yhteistyökumppanina toimineen Keski-Uudenmaan Pelastuslaitoksen henkilökunnalle koulutus, jossa käytiin läpi sukellusonnettomuuden sekä häikämyrkytyksen hoito ja näihin liittyvä teoriapohja. Tavoitteena oli kehittää henkilökunnan osaamista sukellusonnettomuuden tai häikämyrkytyspotilaan hoidossa.

Lähtökohtana aiheen valinnalle oli kiinnostus sukellusta ja sukellusonnettomuuksia ja niiden ensihoitoa kohtaan. Sukellusonnettomuus koulutus on usein terveydenhuollon koulutuksissa vähemmän huomioitu aihe. Opinnäytetyön toiminnallinen toteutustapa koulutuksen muodossa oli Keski-Uudenmaan Pelastuslaitoksen toivomus. Työelämän yhteistyökumppanille tämän tyyppinen koulutusmuoto on kuukausittainen tapa kouluttaa henkilökuntaa.

1 Sukellusfysiikkaa

Jotta voisi ymmärtää sukellusonnettomuuksiin liittyvät patofysiologiset mekanismit, on tärkeää tietää joitakin nesteiden ja kaasujen käyttäytymisen fysikaalisista perusteista. Veden alla olosuhteet ovat fysikaalisesti ja fysiologisesti ottaen erilaiset kuin meren pinnan tasolla ennen kaikkea vedenpaineen vaikutuksen vuoksi. Yleinen kaasulaki ($pV/T = \text{vakio}$) ja sen johdos Boylen laki ($p_1V_1=p_2V_2$) kertovat kuinka kaasut käyttäytyvät paineen ja lämpötilan muuttuessa.

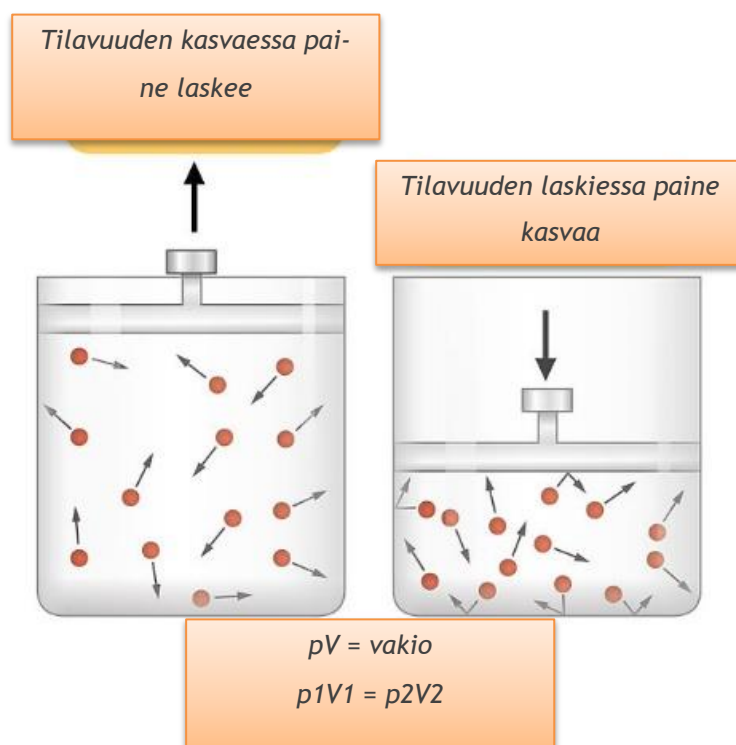
Daltonin laki auttaa ymmärtämään kaasujen lääketieteellisiä vaikutuksia paineen muuttuessa, ja Henryn laki kertoo kuinka kaasut käyttäytyvät kaasun ja nesteen rajapinnassa. (Vikman 2007, 29-31.)

1.1 Paine

Paine (p) on suure, jonka avulla mitataan pinta-alaan (A) kohdistuvaa suoraa voimaa (F), eli $P=F/A$. Merenpinnan tasolla maapallon ilmakehä painaa meitä yhden ilmakehän eli atm:n (atmospheric pressure) paineella joka vastaa 1 baarin (bar) painetta. Vesi on puolestaan tiheämpää kuin ilma, joten vedessä paine kasvaa hyvin nopeasti syvemmälle siirryttäessä. Karkeasti voidaan arvioida, että jokaista 10 m lisäystä syvyydessä kohden vedenpaine kasvaa yhden ilmakehän (atm) verran. Tämä tarkoittaa sitä, että 10 m syvyydessä sukeltajaan kohdistuu kaksi kertaa niin suuri ulkoinen paine kuin veden pinnalla, ja 50 m syvyydessä paine on jo kuusinkertainen. ATA (atmosphere absolute) on mitta-asteikko, joka kuvaa kokonaispainetta huomioiden veden ja ilmakehän yhteisvaikutuksen. Sen käyttäminen on selkeämpää epäselvyyksien välttämiseksi. Esimerkiksi 40 m syvyydessä vallitsee 5 ATA:n paine. (Vikman 2000, 32-35.)

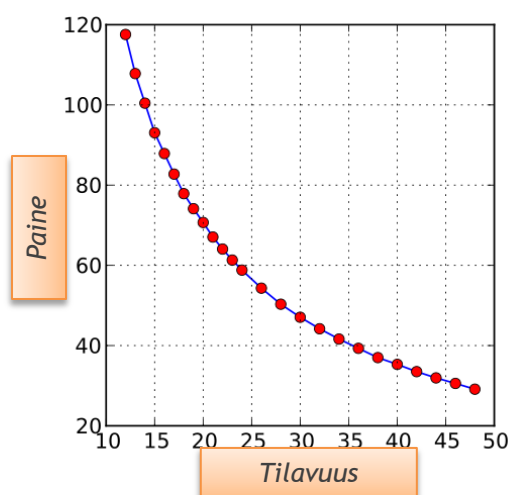
1.2 Boylen laki

Neste on kokoon puristumatonta, mutta kaasujen tilavuus muuttuu paineen muuttuessa (Kuva 1). Paineen kaksinkertaistuessa kaasujen tilavuus puolittuu. Mikäli sukeltaja vetää keuhkonsa täyteen ilmaa pinnalla, on niiden sisältämän ilmamäärän tilavuus noin 6 litraa (aikuisella miehellä), mutta 20 metrin syvyydessä saman ilmamäärän tilavuus on enää 2 litraa. Kääntäen, mikäli sukeltaja vetää keuhkonsa täyteen hengityskaasua painepullosta 20 metrin syvyydellä, ja tämän jälkeen nousee välittömästi takaisin pintaan, on hänen keuhkoissaan olevan ilmamäärän tilavuus nyt 18 litraa. Tämä luonnollisesti johtaa keuhkojen repeämiseen eli pulmonaariseen barotraumaan. Tästä tulee mahdollisia ongelmia sukeltajille ja lentäjille silloin, kun kaasut eivät pääse vapaasti liikkumaan ilmaonteloissa. (Edmonds, McKenziw, Thomas & Pennefather 2013; Jennkins 2002, 19-21.)



Kuva 1. Boylen laki (OpenStax 2014).

Kun lämpötila pysyy vakiona (kuten ihmiselimestössä), paineen kasvaessa kaasun tilavuus pienenee samassa suhteessa (Kuva 2). On tärkeää huomata, että toisin kuin voisi kuvitella, mitä lähempänä pintaa ollaan, sitä suurempi on kaasun suhteellinen tilavuuden muutos, ja sitä suurempi painevammojen riski. (Edmonds ym. 2013.)



Kuva 2. Boylen laki kuvaajana (Boyle's law 2016).

Pienemmässä paineessa, eli lähempänä pintaa, kaasujen tilavuuden muutos on suhteessa suurin. Tämä tarkoittaa sitä, että barotraumojen riski on suurin, kun sukellaan matalissa syvyyksissä. (Jama ym. 2013, 30.)

1.3 Daltonin laki

Daltonin lain mukaan kaasun paine on sen osakaasujen paineiden summa, eli kunkin seoksessa olevan kaasun osapaineen summa (Jama ym. 2013, 13).

$$P_{\text{total}} = P_1 + P_2 + \dots + P_{\text{pn}}$$

P_{total} = kaasuseoksen kokonaispaine

P_1 - P_n = yksittäisten kaasujen osapaine kaasuseoksessa

Lisäksi kaasun osapaine kyseisen kaasun prosentuaalinen pitoisuus x kaasuseoksen kokonaispaine:

$$P_x = G\% \times P_{\text{total}}$$

P_x = kaasun osapaine

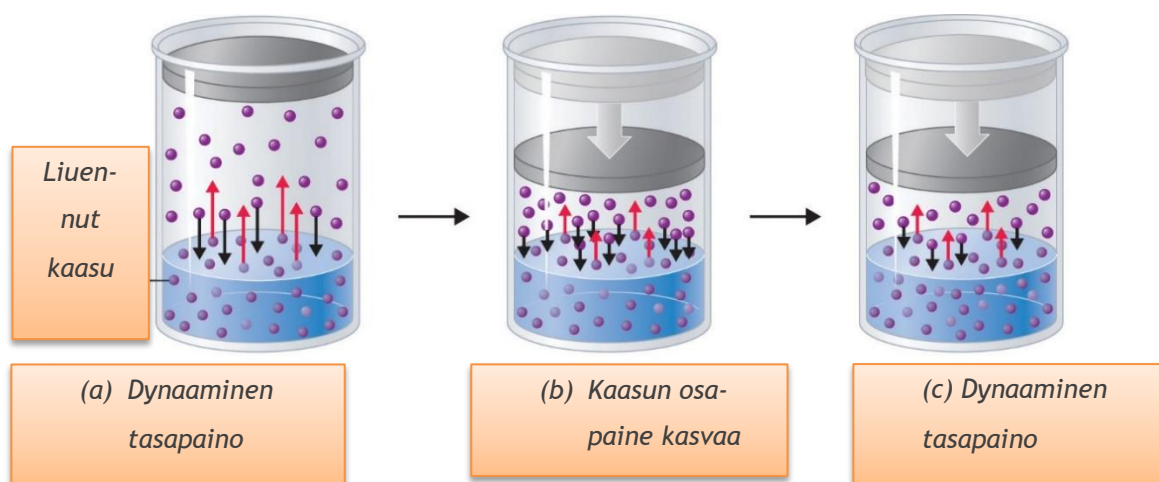
$G\%$ = kaasun tilavuus (fraktio) %:na kaasuseoksessa

Esimerkiksi ilma sisältää 21 % tilavuusprosenttia happea (O_2), typpeä (N) 78 % ja muita kaasuja yhteensä 1 %. Merenpinnan tasossa eli 1ATA:n/1 baarin paineessa osapaineet siis ovat $0,21 \times 1 \text{ bar} + 0,78 \times 1 \text{ bar} + 0,01 \times 1 \text{ bar} = 1 \text{ bar}$

Kaasuseoksen lääketieteelliset vaikutukset elimistöön määräytyvät kaasujen osapaineiden mukaan, koska elimistö reagoi ”kaasumolekyylien lukumäärään”, ei kaasujen prosentuaalisiin tilavuuksiin. Kaasuilla on yksilöllisiä toksisia vaikutuksia eri osapaineissa. (Jama 2013, 13-14.)

1.4 Henryn laki

Keuhkoissa tapahtuu kaasujenvaihto siten, että hengitysilma siirtyy vereen happea (mutta myös muita, mahdollisesti haitallisia kaasuja), ja verestä siirtyy hengitysilmaan hiilidioksidia. Henryn lain mukaisesti kaasua liukenee nesteeseen sitä enemmän, mitä korkeampi paine on. (Edmonds ym. 2013.)



Kuva 3. Henryn laki (Averill & Eldredge 2005).

Paineen kasvaessa nesteeseen liukenee enemmän kaasua (Kuva 3). Näin ollen veden alla sukeltajan vereen liukenee enemmän happea, hiilidioksidia ja kaikkia muita hengitysilman kaasuja. Henryn laki pätee myös käänteisesti, eli kun sukeltaja nousee syvyydestä kohti pintaa ja siirtyy korkeammasta paineesta matalampaan, niin hänen verestään ja kudoksista myös poistuu kaasuja, jotka siihen eivät enää liukene. Ihannetilanteessa nämä kaasut poistuvat normaalisti uloshengityksen mukana. Mutta mikäli nousu on liian nopea, alkaa kaasukuplia muodostua vereen. Ilmiötä havainnollistaa hyvin lämpimänä kesäpäivänä avattu virvoitusjuomapullo, joka helposti kuohuu yli, kun kuplia muodostuu suuria määriä nopeasti. Luonnollisestikin tällainen kuplimisilmiö ihmisen veressä ja kudoksissa tapahtuessaan on erittäin vaarallinen, ja voi johtaa niin kutsuttuun sukeltajantautiin. (Edmonds ym. 2013; Kuisma, Holmström, Nurmi, Porthan & Taskinen 2013, 600-603.)

1.5 Sukelluskaasut

Hengitysilma sisältää happea (O₂) 21 %, typpeä (N₂) 78 % ja jalokaasuja 1 % sekä hiilidioksidia (CO₂). Sukelluksen aikana sukeltajat tyypillisesti käyttävät kaasuseoksia, joissa on hapen lisäksi jotakin elimistön aineenvaihdunnassa reagoimatonta kaasua eli inerttikaasua, kuten typpeä tai heliumia. Inertit kaasut eivät hajoa aineenvaihdunnallisesti elimistössä eikä niillä ole biologisia vaikutuksia normaalipaineessa. Yleisimmin käytetty sukelluskaasu on paineilma. (Edmonds ym. 2013; Jenkins 2002, 19-21.)

1.6 Happi

Elimistön energia-aineenvaihdunta tarvitsee jatkuvasti happea ja se on välttämätön osa hengityskaasuseosta. Kaasut, joiden pO₂ on alle 0.21 baaria, ovat vähähappisia. Mikäli hengitysilman pO₂ on alle 0.16 baaria seuraa siitä levottomuutta, huimausta ja poikkeavaa väsymystä. Jos pO₂ on alle 0.1 baaria voi se johtaa tajunnantason laskuun ja lopulta kuolemaan.

Poikkeuksena ovat henkilöt, jotka ovat tottuneet esimerkiksi vuoristossa matalaan hapen osapaineeseen. (Jama ym. 2013, 18.)

Suurissa osapaineissa happi on myös myrkyllistä. Keskushermostossa toksisuus ilmenee yli 1.6 baarin osapaineessa. Oireina voi olla huimausta, korvien soimista, näkökentän kaventumista, pahoinvointia, lihas nykimistä, kouristelua ja tajunnan menetys. Kouristelu tai tajuttomuus voi tulla sukeltajalle ilman mitään ennako-oireita, jolloin seurauksena on yleensä hukkuminen. Hengityskaasun korkea happipitoisuus on keuhkoille haitallista ja se ilmenee pienemmissä osapaineissa (pO₂ 0.45-1.6 bar), joskin hitaammin, kuin neurologiset oireet. Oireina voi olla poltteen tunne rintakehällä, yskä, hengenahdistus, vitaalikapasiteetin lasku ja lopulta keuhkoödeema. (Jama ym. 2013, 18-19.)

1.7 Typpi

Typpi on kaasu, jolla ei ole biologisia vaikutuksia normaalipaineessa. Typpi saattaa kuitenkin elimistöön tavallista suurempina määrinä liuetessaan aiheuttaa päihdyttävän vaikutuksen, ns. typpinarkoosin, joka heikentää kognitiivista suorituskäkyä ja saattaa johtaa sukeltajan ottamaan turhia riskejä, toimimaan epäedullisesti hätätilanteessa, tai aiheuttaa paniikkioireita. (Edmonds ym. 2013.) Riski typpinarkoosiin on yksilöllinen ja sen ilmaantuvuus ei ole täysin ennustettavissa edes samalla sukeltajalla eri päivinä. Yli 4 ATA:n paineessa ilmaantuvuus kasvaa merkittävästi ja yli 10 ATA:n paine johtaa lähes varmasti hallusinaatioihin, tajunnantason laskuun, alentuneeseen toimintakykyyn ja lopulta hukkumiseen. (Jama ym. 2013, 16.)

1.8 Helium

Helium on typen tavoin inerttikaasu, mutta käytännössä sillä ei ole narkoottisia ominaisuuksia, koska ne ilmenevät vasta noin 43 ATA:n paineessa eli yli 400 m syvyydessä meressä. Tästä syystä tekniikkasukeltajat korvaavat syvissä sukelluksissa osan hengityskaasujen tpeestä kolmannella kaasulla eli heliumilla. Kolmen kaasun seosta kutsutaan trimix-kaasuksi. Erittäin syvillä tai pitkäkestoisilla sukelluksilla typpi voidaan korvata kokonaan heliumilla. Tällöin puhutaan heliox-kaasusta. Teoriassa sukeltajantaudin riski on pienempi heliumilla, kuin tyvellä. Heliumin tiheys on ilmaa pienempi ja se onkin helpommin hengitettävissä kovissa paineissa. Tämä helpottaa hengitystä ja pienentää hiilidioksidin tuottoa samalla vähentäen hiilidioksidin elimistöön kertymisen riskiä. (Jama ym. 2013, 17.)

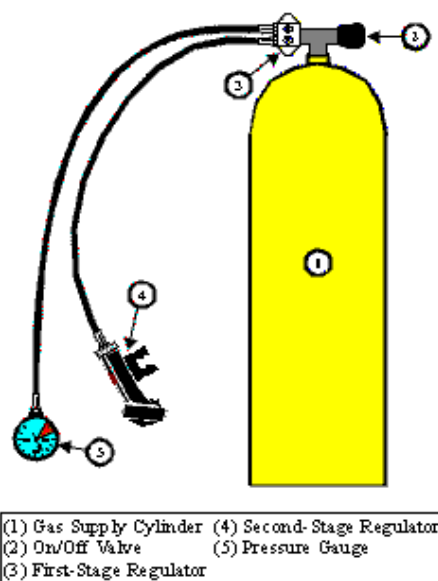
1.9 Laitesukellus

Laitesukelluksella tarkoitetaan vedenpinnan alla sukeltamista, jossa sukeltaja hengittää regulaattorin kautta paineilmaa tai jotakin muuta kaasuseosta painesäiliöstään. Sukeltajaan vaikuttaa useat fysiikan ilmiöt, kuten paine, noste, tilavuuden ja tiheyden väliset suhteet (PADI 2002, 6-21). Näiden ilmiöiden ymmärtäminen on tehnyt laitesukelluksen ihmiselle mahdolliseksi ja verrattain turvalliseksi. Ensimmäisen sukelluspuvun keksi Siebe (1836) ja sitäkin aikaisemmin veden alla on käyty ns. sukelluskelloilla. Nykymuotoisen laitesukelluksen mahdollisti Jacques Cousteau ja Emile Gagnan kehittämä SCUBA-laitteisto (self-contained underwater breathing apparatus) vuonna 1943. (Vikman 2007, 24-25).

1.10 Virkistyssukellus

Virkistyssukelluksella tarkoitetaan sukellustoimintaa, jossa sukelluksen jokaisessa vaiheessa voidaan tehdä ns. pystynousu pintaan ilman kohtuutonta sukeltajantaudin riskiä. Sukellussyvyys ei ylitä 30 metriä, ja ehdottomana rajana pidetään 40 metrin syvyyttä. Tyypillisin sukelluskaasu on paineilma ja laitteistona yksinkertainen avoimen kierron laite (Kuva 4), jossa regulaattori päästää uloshengitysilman veteen kuplina. Myös happirikastetun nitrox-kaasun käyttö virkistyssukelluksissa on yleistynyt. Tällöin inertin kaasun, kuten typen, määrä vähenee hengityskaasuissa ja typpikuormitus sukelluksilla pienenee. (Jama ym. 2013, 5.)

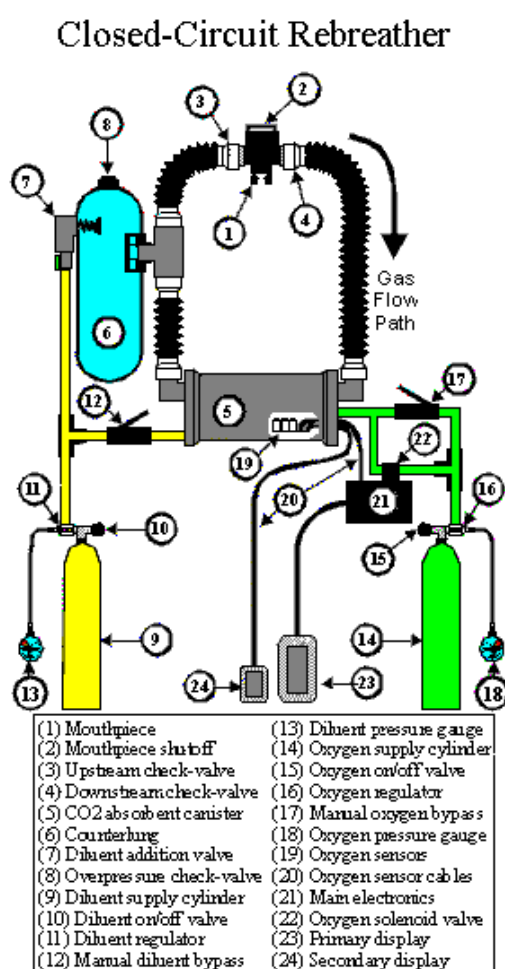
Open-circuit Scuba



Kuva 4. Avoimen kierron paineilmalaitte (Closed-circuit rebreathers 1997).

1.11 Tekniikkasukellus

Tekniikkasukelluksissa sukellaan yli 30 metrin syvyyksiin ja osa tekniikkasukelluksista tapahtuu luolissa, hyllyssä ja jään alla, jolloin suoranousu pintaan ei ole mahdollista. Lisäksi tekniikkasukelluksissa käytetään seoskaasuja, tyypillisimmin trimixiä, jossa on happea, heliumia ja typpeä. Laitteisto voi olla hyvin monimutkainen suljetun kierron laitteisto, jolla saadaan säädettyä hengityskaasun koostumusta sukelluksen eri vaiheiden mukaisesti (Kuva 5). Suljetun kierron laitteilla saadaan pidennettyä sukellusaikoja, koska uloshengityskaasut kierrätetään uudelleen hengitettäväksi. Tämä onnistuu imeyttämällä haitallinen hiilidioksidi kalkkiin ja lisäämällä aina tarvittava määrä tuoretta kaasua sisään hengitettävään seokseen. Pidentyneet sukellusajat ja syvempien vesien aiheuttama paine velvoittaa sukeltajat pitämään etappipysähdyksiä tietyissä syvyyksissä ylöspäin tultaessa, jotta inerttikaasut ehtivät poistua elimistöstä ja välttämään sukeltajantaudilta. (Jama ym. 2013, 20-21.)



Kuva 5. Suljetun kierron laitteisto (Closed-circuit rebreathers 1997).

2 Sukellusonnettomuudet

2.1 Esiintyvyys

Arvioiden mukaan Suomessa on noin 20 000-30 000 laitesukellusharrastajaa ja noin 800 ammattisukeltajaa. Sukeltaminen lisääntyy Suomessa nopeasti. Eri järjestöt kouluttavat n. 1600 uutta sukeltajaa vuodessa ja heistä n. 20 % jää aktiiviseksi. Suurin osa harrastuksesta on niin sanottua virkistysukeltamista, joka tapahtuu alle 30 m syvyydessä paineilman voimin. Tekniikkasukellus puolestaan tapahtuu syvemmällä erilaisten kaasuseosten avulla, ja sitä tekevät ammattisukeltajat sekä muutama prosentti harrastajista. Sukelluskuolemia tai -onnettomuuksia ei Suomessa virallisesti tilastoida, mutta harrastajien pitämä rekisteri antaa melko tarkan kuvan tilanteesta, (kuva 6) (Jama ym. 2013, 11).



Kuva 6. Suomalaisten sukelluskuolemat (Mattila 2015).

Kuisma ym. (2013, 600) toteavat, että suurin yksittäinen syy sukeltajien kuolemiin on hukkuminen, ja suurin syy hukkumisiin on paniikin aiheuttamat virhearviot ja hätäntynyt toiminta, esimerkiksi pyrkiminen pintaan keinolla millä hyvänsä. Paniikki on suurena osatekijänä myös ei-kuolemaan johtaneissa sukellusonnettomuuksissa. Täysin ohjeiden mukaan sukeltamiseen ei suojaa kaikilta onnettomuuksilta, sillä herkkyys dekompressiotaudille (sukeltajantaudille) ja typpinarkoosille on yksilöllistä, ja dekompressiotaudin voi saada myös täysin oikeapoisesti suoritetun sukelluksen päätteeksi. (Edmonds ym. 2013; Kuisma ym. 2013, 600-603.)

Sukeltaminen tapahtuu yleensä parisukelluksena, ja koska pari tyypillisesti sukeltaa toisiaan lähellä, ovat myös heidän sukellusprofiilinsa samankaltaiset. Tämän vuoksi, mikäli yhdellä sukeltajalla on sukelluksen jälkeen epäilyttäviä oireita, tulisi aina tutkia myös hänen parinsa,

joka on todennäköisesti saanut saman altistuksen kuin oireilevakin sukeltaja. (Edmond ym. 2013.)

2.2 Dekompressiosairaus, decompression sickness (DCS) eli sukeltajantauti

Sanatarkasti dekompressiosairaus tarkoittaa paineenalennustautia, joka johtuu Henryn lain mukaisesta fysikaalisesta ilmiöstä. DCS kehittyy, kun ihmistä ympäröivä paine laskee nopeammin, kuin elimistöön liuenneet inertit kaasut kerkeävät poistua keuhkojen kautta, jolloin kuplia alkaa kertymään verenkieroon. On siis mahdollista saada DCS vaikkapa lentokoneessa paineistuksen pettäessä. Tästä syystä sukeltajantauti onkin hieman vanhahtava ja harhaanjohtava termi, joskin sukeltaminen on yleisin syy oireiselle DCS:lle. Ranskalainen kaivosinsinööri M. Triger kuvasi vuonna 1841 ensimmäistä kertaa DCS-oireet kaivosmiehillä, jotka olivat työskennelleet paineistetussa kaivoksessa ja saivat nivelkipuja palattuaan maan pinnalle. Tauti sai nimekseen "bends" eli taipua, joka kuvasi potilaiden liikkumista nivelkipujen takia. Termi on edelleen epävirallisesti käytössä. (Malinen 2012.)

2.3 DCS:n esiintyvyys

Sukelluksen yhteydessä syntyvää dekompressiosairautta ilmenee Suomessa vuosittain 10-40 tapauksella, ja maailmanlaajuisesti sairautta esiintyy 3-4 tapausta kymmentätuhatta harrastussukellusta kohden. Lisäksi sukeltajantaudista on erotettavissa kaksi eri muotoa: lievä (1-tyyppi), jonka esiintyvyys on noin yksi kolmasosa, ja vaikea (2-tyyppi), jonka esiintyvyys vastaavasti on kaksi kolmasosaa tapauksista. (Jama 2013, 6-7.) Lentäjillä ilmenevää eli altitude decompression sickness ei juuri tavata siviili-ilmailussa. Oireet johtuvat lentokoneen paineistuksen äkillisestä pettämisestä, jolloin lentokoneessa olevat altistuvat vallitsevan korkeuden ilmanpaineelle. Tiettävästi alle 5500 metrin korkeudessa (0,5 ATA) DCS:ää ei ole raportoitu. Alipainekammiossa tehtyjen simulaatiokokeiden perusteella on todettu, että 9700 metrin korkeudessa DCS:n oireet kehittyvät n. 60 minuutin kuluessa ja 12200 metrin korkeudessa minuuteissa. (Malinen 2012.) DCS:n oireilta voidaan välttyä kokonaan, jos lentokone tuodaan takaisin merenpinnan tasolle 1 ATA:n paineeseen, mikä ei ole strategisesti ongelmallista siviili-ilmailussa. Oireiltaan altitude DCS on lievempi ja hoidoksi yleensä riittää nopea laskeutuminen sekä 100-prosenttisen hapen antaminen potilaalle. (Muehlberger, Pilmanis, Webb ja Olson 2004, 596.)

2.4 DCS patofysiologia

Tyyppi on yleisin inerttikaasu, joka aiheuttaa ongelmia ympäröivän ilmanpaineen laskiessa liian nopeasti. Normaalipaineessa rasvaliukoista tyyppiä on liuenneena elimistössämme noin yksi litra. Puolet siitä on liuenneena rasvaan ja puolet muihin kudoksiin. Vedessä 30 metrin syvyys-

dessä elimistöön voi olla liuenneena neljä litraa typpeä. Sukeltamisen kestäessä 30 minuuttia 30 metrin syvyydessä yhdistettynä nopeaan nousuun saa aikaan patologisen määrän kuplia verenkiertoon. Mitä pitempikestoinen ja/tai kovempi painealtistus on kyseessä, sitä suurempi on DCS:n kehittymisen riski. Tämä edellyttää hidasta ja hallittua pintaan nousua, jotta inertit kaasut kerkeävät poistua keuhkojen kautta. (Sipinen 2010.)

Kudosten erilainen verenkierto määrittää myös typen poistumisajan. Ihmisen rasva-, luu- ja rustokudoksessa verenkierto on hitainta ja siten typen poistuminen niistä on hidasta. Vastaa- vasti sydämessä, aivoissa ja lihaksissa verenkierto on vilkasta ja typpi poistuu näistä kudoksista nopeasti. Nämä verenkierrolliset erot selittävät myös sen, miksi DCS-oireet tulevat tyypillisesti isojen nivelten alueelle. (Malinen 2012.) Tärkein patofysiologisista mekanismeista sukeltajan tautiin on typpikuplien muodostumien yleensä kapillaarisuonien laskimopuoleisella alueella. (Jama 2013, 24) on todennut, että keuhkoverenkierto pystyy suodattamaan mikrove- risuonien eli ns. keuhkofiltterin avulla verenkierrosta pienen osan kuplista. Mikäli kuplia on enemmän kuin keuhkofiltteri pystyy käsittelemään, oireita alkaa ilmentyä. Typpikuplat aiheuttavat kapillaarisuonten tukkeutumista ja tästä johtuvaa kudosten hapenpuutetta. Syntyvät typpikuplat myös vaurioittavat verisuonien sisäpintaa ja aiheuttavat nesteen siirtymistä kudosten välitilaan, mikä aiheuttaa kudosturvotusta ja vaikeuttaa verenkiertoa entisestään sekä altistaa kiertävän verimäärän vähenemiselle. Lisäksi typpikuplat käynnistävät elimistön im- muunipuolustus- ja hyytymisjärjestelmän, jotka käsitellessään näitä kuplia, kuten muitakin elimistöön joutuneita vierasesineitä, itse asiassa vain huonontavat elimistön tilannetta. Vai- keiden DCS-oireiden taustalla on usein PFO eli avoin foramen ovale, jolloin kuplat pääsevät keuhkofiltterin ohitse suoraan isoon verenkiertoon. (Elain & Christopher 2008, 171-172.)

2.5 DCS:lle altistavat tekijät ja ennaltaehkäisy

Veden alla hengittäminen on sukeltajataudin tyypillisin aiheuttaja. Se tapahtuu tyypillisim- min laitesukelluksilla tai pintailmalaitteilla ns. kypäräsukelluksena. Varsinaisia fysiologisia riskitekijöitä on myös muutamia, jotka saattavat tehdä eron, miksi esimerkiksi samalla lailla sukeltaneista sukelluspareista vain toinen saa DCS-oireita. (Jama ym. 2013, 22-24.) Yksi DCS- oireiden riskitekijöistä on lihavuus, koska lihavamalla henkilöllä laihempaan verrattuna enemmän rasvakudosta, johon rasvaliukoisen typen on helppo varastoitua. Typen poistuminen on myös hidasta rasvakudoksesta johtuen sen hitaasta kudostenverenkierrosta. Henkilön hyvä fyysinen kunto ja liikuntasuoritukset ennen sukellusta voivat osaltaan vähentävää sukeltajan- taudin riskiä. Sitä vastoin huono fyysinen kunto ja liikunta sukelluksen jälkeen nostavat riskiä DCS:lle. (Sipinen 2010.)

Ihmisen elimistön nesteen vähyys eli kuivuminen voi altistaa myös DCS:lle johtuen hidastu- neesta perifeerisestä verenkierrosta. Kuivumistila on normaalia sukeltajilla, koska veden alla

oleminen aikaansaa lisääntyneen virtsanerityksen eli diureesin. Lisäksi absoluuttisten kuivien hengityskaasujen takia elimistö joutuu aktiivisesti itse kostuttamaan sisäänhengityskaasut. Alkoholi voi osaltaan kiihdyttää myös diureesia ja tämä voi olla yksi riskitekijä sukeltajalle. (Sipinen 2010.)

Avoin Foramen Ovale eli PFO on sikiökaudella eteisväliseinäen jäänyt aukko, jota esiintyy n. 20-40 %:lla väestöstä. Ihmiselle normaalielämässä tämä aukko on usein merkityksetön, mutta sukeltaessa aukon kautta saattaa tapahtua oikovirtaus isoon verenkiertoon, jolloin muuten keuhkofiltterin haaviin jääneet vähäpätöiset kuplat saattavat aiheuttaa vaikeaoireisen sukeltajataudin. (Sipinen 2010.)

Lentäminen altistaa ihmisen normaalia matalammalle ilmanpaineelle, koska matkustajakoneet paineistetaan vastaamaan tyypillisesti 2500 metrin korkeutta (n. 0,75 ATA) (Jama 2013, 33). Tällöin elimistössä oleva tyypikuorma saattaa alkaa uudelleen kuplia veressä. Sukelluksen jälkeen normaalisti lentämisen varoaikana pidetään vähintään 24 tuntia. Sama ilmiö voi tapahtua myös, jos sukeltaja nousee vuorelle liian aikaisin sukelluksen jälkeen. (Sipinen 2010.)

Oikein suunnitellulla ja toteutetulla sukelluksella voidaan ennaltaehkäistä onnettomuuksien syntyä. Siinä apuna ovat muun muassa sukellustaulukot, joiden perusteella sukellukset tulisi suorittaa. Taulukoissa otetaan huomioon sukelluksessa käytetty sukelluskaasu, sukellussyvyys, ja sen kesto sekä veden lämpötila, pinta-ajan edellisestä sukelluksesta ja tältä pohjalta voidaan muodostaa sukellusprofiili uudelle sukellukselle. Mitä pitempikestoinen ja syvempi sukellus on, sitä pitemmät turvapysähdykset sukeltaja joutuu tekemään veden alla. Teoriassa turvapysähdykset ovat tarpeettomia, kun sukellaan alle 30 m syvyydessä ja suoranosuus on mahdollista ilman suurta DCS:n riskiä, mutta yksilöllisten vaihtelujen ja muuttuvien olosuhteiden takia ne tulee tehdä ”kaiken varalta”. Tekniikkasukelluksessa, jossa altistumisajat paineelle ovat pitkiä ja syvyydet yli 30 m elimistöön kertyy väistämättä tyyppiä niin paljon, että sukeltajan noustessaan pintaa kohden on pakko pitää etappipysähdyksiä eli dekompressiotaukoja tietyissä syvyyksissä. Ilman hallittuja dekompressiotaukoja ja tarpeeksi hidasta nousua sukeltaja tulee suurella todennäköisyydellä saamaan sukeltajataudin. Nykyisin sukeltajan apuna ovat sukellustietokoneet ranteessa, jotka huomioivat kaikki sukellukseen liittyvät muuttujat ja ohjeistavat reaaliaikaisesti sukeltajaa jäljellä olevasta sukellusajasta, nousunopeudesta sekä tarvittavista pysähdyksistä. Lisäksi laitteiden avulla voidaan selvittää, milloin seuraava sukellus on turvallista suorittaa ja millaisella profiililla, samoin kun koska lentäminen on turvallista. Vaikka laitteet algoritmeineen ovat hyvin kehittyneitä, eivät nekään ole aukottomia ja onnettomuuksia sattuu niiden käytöstä huolimatta. Lisäksi Edmondsin (2013) mukaan 80 % DCS-tapauksista on tullut sukeltajille, jotka ovat noudattaneet sukellustaulukoita tai sukellustietokonetta kurinalaisesti.

2.6 DCS-oireet

Sukeltajataudin klassinen jaottelu on tehty perinteisesti lievään eli 1-tyyppiin ja vaikeaan eli 2-tyyppiin. Taudin ennakoivina oireina saattaa esiintyä kutinaa iholla eli ns. ”sukeltajankirppuja” ja läikkiä iholla. Molemmissa tyypeissä esiintyy myös poikkeuksellista väsymystä edeltäneen sukelluksen kuormittavuuteen nähden. Hoidon kiireellisyysarvion kannalta tämä jaottelu on edelleen käyttökelpoinen, koska 2-tyypin potilailla on kiire hoitoon, kun taas lieväoireisten hoidon aloituksella ei ole niin suurta kiirettä. (Jama 2013, 25-26.) Oireet alkavat 60 %:lla potilaista 30 minuutin kuluessa pintautumisesta ja 95 %:lla ne kehittyvät 24 tunnin kuluessa sukelluksesta. Mitä nopeammin oireet alkavat sukelluksen jälkeen, sitä vakavammasta tilanteesta on yleensä kysymys. (Elain ym. 2008) ja (Jama 2013) ovat todenneet, että erityisesti hoitamaton DCS saattaa aiheuttaa jopa vuosien päästä ilmaantuvan aseptisen osteonekroosin, eli luukuolion isojen nivelten nivelpinnoille (Elain ym. 2008, 172; Jama 2013, 27).

2.7 DCS 1-tyyppi

Lievemässä eli DCS 1-tyypissä oireina ovat muun muassa nivelkivut eli ”bends”. Kyseisessä tyyppissä mahdollisia iho-oireita voivat olla kutina, laikut ja turvotus. Nivelkivut esiintyvät erityisesti eniten kuormitetuissa paikoissa kuten olka- ja lonkkanivelissä. Oireita voi olla myös pienemmissä nivelissä ja selässä. Kivun taustalla on sekä iskemiaa eli hapen puutetta sekä kuplien paikallisesti aiheuttamaa ärsytystä kudoksille. (Jama 2013, 26.)

2.8 DCS 2-tyyppi

Kaikki neurologiset-, verenkierrölliset- ja hengitykselliset oireet luokitellaan vakavaan 2-tyyppiin. Keuhko-oireet ovat seurausta kohonneesta keuhkoverenkierron vastuksesta, jonka suuri kuplamuodostus aiheuttaa keuhkovaltimoihin. Osa näistä tyypikuplista voi päästä suureen verenkiertoon oikovirtausten tai PFO:n kautta, jolloin neurologiset- ja kardiologiset oireet ovat mahdollisia henkilöllä. Vakavissa keuhko-oireissa eli ”chokes-oireissa” todetaan veren happisaturaation laskua, keuhkoturvotusta sekä sydämen minuuttitilavuuden laskua, joka voi kehittyä sydänperäiseksi sokiksi. (Elain ym. 2008, 171-173.)

Neurologiset oireet ovat yleensä selkäydinperäisiä liike- ja tuntohermojen vaurioita. Näihin liittyy myös selkä- ja vatsakipu sekä virtsaumpea. Lihasheikkoudet ja alaraajahalvaus ovat myös mahdollisia, mutta kaularankatason neliraajahalvaus on sukeltajilla harvinainen. DCS 2-tyypin aivoperäisiä oireita ovat muistivaikeudet, puheentuoton häiriöt, näköhäiriöt, motorinen kömpelyys, halvausoireet ja harvinaisissa tapauksissa tajuttomuus sekä kouristelut. (Elain ym. 2008, 172-173.) Sydänoireina DCS 2 -tyypissä voi ilmetä sydänlihaksen hapenpuutetta tai

sydänlihaksen kuoliota, mikäli kuplat ovat tukkineet sepelvaltimoja. Lisäksi rytmihäiriöt ja vajaatoiminta aina sydänpysähdykseen asti ovat mahdollisia (Kuisma ym. 2013, 600).

2.9 DCS:n hoito

Olennaista on tunnistaa vaikeat tautimuodot, koska ainoa tehokas hoito on painekammiossa toteutettava ylipainehappihoito, eli Hyperbaric oxygen therapy (HBOT). DCS-oireisen potilaan uudelleenpaineistaminen eli rekompresio tulee tehdä aina painekammiossa eikä sukeltamalla takaisin veden alle, mikä voisi teoriassa korvata kyseisen hoidon. Potilaan tarkkaileminen veden alla on käytännössä mahdotonta ja oireiden pahentuessa on riskinä hänen hukkumisensa. DCS 2 -tyypin potilailla on kiire painekammiohoitoon, sitä vastoin lieväoireiset potilaat voidaan kuljettaa oman alueensa sairaalan yhteispäivystykseen, josta heidät tarvittaessa ohjataan HBOT-hoitoon, tyypillisimmin Turun yliopistolliseen sairaalaan. (Kuisma ym. 2013, 600-602.)

Ensihoidon näkökulmasta tulee huolehtia potilaan peruselintoiminnoista, ja tutkimukset kohdistetaan hengitykseen, verenkiertoon ja tajuntaan. Kaikille laitesukellusonnettomuuden uhreille aloitetaan happihoito mahdollisimman korkealla happipitoisuudella. Tällä nopeutetaan typen poistumista potilaan elimistöstä ja estetään uuden typen imeytymistä elimistöön. Varhain aloitettu happihoito parantaa myös ylipainehappihoidon tuloksia. Lisäksi kaikille potilaille avataan suoniyhteys ja tiputetaan Ringer-liuosta 10 ml/kg 30 minuutin aikana, koska laitesukellus aiheuttaa aina immersion ja kylmädiureesin kautta potilaille kuivumista, joka puolestaan huonontaa kudosverenkiertoa ja tyypikaasukuplien poistumista. Tällainen potilas tulee kuljettaa aina selinmakuulla vaakatasossa, jonka on todettu olevan paras tyypikaasukuplien poistumisen kannalta. Potilaan tajunnantason ollessa alentunut tulee hänet kuljettaa kylkiasennossa, ja hengitysvaikeuksista kärsivät potilaat puoli-istuvassa asennossa mikäli potilaan verenpaine on sen sallii. Mikäli potilaalle pitää asettaa hengityspotki henkitorveen eli potilas intuboidaan, tulee putken kuffi täyttää Ringerillä, koska kaikki ilmatilat painuvat kasaan painekammiossa. (Mäkijärvi, Harjola, Päivä, Valli & Vaula 2016, 40-42.)

3 Barotraumat

Paineen vaihtelut vaikuttavat potilaan kaikkiin ilmatäytteisiin onkaloihin ja aiheuttavat ongelmia, jos paine ei pääse vapaasti tasaantumaan vallitsevan ulkopuolisen paineen tasolle. Painevammat eli barotraumat voivat kehittyä joko ylipaineen tai alipaineen seurauksena. Tärkeimmät alaluokat barotraumoissa ovat keuhkorepeämät ja KNK-ongelmat eli korva-, nenä- ja kurkkuongelmat, mutta painevammoja voi syntyä myös huonosti paikattuihin hampaisiin ja suolistoon. Sukeltajan omista varusteista johtuen voi syntyä esimerkiksi verenpurkaumia sil-

miin jos, maskin sisällä oleva ilma puristuu kasaan, eikä sukeltaja tasaa painetta puhaltamalla lisää ilmaa nenän kautta maskiin. (Sipinen & Suvilehto 2013.)

3.1 Keuhkorepeämät

Keuhkorepeämä tapahtuu yleensä pintaan nousun aikana tai välittömästi sen jälkeen. Jos oireet ovat syntyneet viiveellä on kysymyksessä todennäköisemmin sukeltajantauti eikä keuhkorepeämä. Keuhkorepeämä syntyy, kun laajeneva ilma keuhkoissa ei pääse vapaasti purkautumaan hengitysteistä ulos. Taudin syntyminen pääsääntöisesti vaatii sitä, että ihminen on hengittänyt ilmaa pinnan alla esimerkiksi sukelluslaitteilla tai uponneen auton ilmataskusta. (Sipinen & Suvilehto 2013). Jaman ym. (2013) mukaan on myös mahdollista saada keuhkorepeämä vapaasukelluksessa, jos käytetään erittäin voimakasta Valsalvan manööverä eli ilman puhaltamista voimakkaasti pitäen samalla nenää kiinni ja suuta suljettuna tai pakotetaan ilmaa keuhkoihin nielemistekniikalla. Syynä voi olla hengityksen pidättäminen, infektio tai sen jälkitilana oleva arpi, rakenteellinen heikkous, keuhkolaaientuma tai hoitamaton astma. Koska kaasun suhteellinen tilavuus muuttuu rajuimmin lähellä pintaa, on keuhkorepeämä mahdollista saada vedessä jo metrin syvyydessä. Keuhkorepeämän vaarallisin ja valitettavasti yleisin muoto on valtimokaasuembolia eli AGE (arteria gaseous emboli). Muita keuhkorepeämän muotoja ovat pneumothorax (ilmarinta) ja mediastinaaliemfyseema eli välikarsinan ilmapöhö. Pneumothorax ei itsessään ole vaarallinen, ellei tilanne kehity jänniteilmarinnaksi (tensiopneumothorax). Keuhkorepeämästä johtuvan ilmarinnan hoito ei poikkea normaalin pneumothoraxin hoidosta. HBOT:tä tarvitseville pneumothorax-potilaille tulee asettaa keuhkopussiin imukatetri eli pleuradreeni aina ennen ylipainehappihoidon aloitusta. Mediastinaaliemfyseemassa eli välikarsinan ilmapöhdössä ilmaa pääsee purkautumaan rikkoutuneesta keuhkokudoksesta henki- ja ruokatorven ympärille. Kliinisissä tutkimuksissa potilaalla voidaan todeta krepitaatiota eli ritinää rintakehän yläosassa sekä kaulan paksuuntumista. Lievä hengenahdistus ja kipu potilaan rintakehällä voi olla myös mahdollista. Hoidoksi riittää yleensä elintoimintojen seuranta, mutta ylipainehappihoidolla saadaan oireet nopeasti hoidettua, mikäli tälle tulee tarvetta. Keuhkorepeämien eri muodot voivat esiintyä myös yhtäaikaisesti, ja potilaalla voi olla myös sukeltajantaudin oireita. (Jama ym. 2013, 30-31; Sipinen & Suvilehto 2013.)

3.2 Valtimokaasuembolia, AGE

Mikäli keuhkorepeämässä muodostuu yhteys myös keuhkolaskimoon, se johtaa kaasujen pääsemiseen suoraan isoon verenkiertoon. Seurauksena on sepel- ja aivovaltimoiden täyttyminen kaasuilla ja yleensä siitä on pintauduttaessa seurauksena välitön tajuttomuus sekä nopea kuolema. Selvinneiden potilaiden oireina ovat olleet vaikea syanoosi eli ihon sinertävyys sekä hengitysvaikeus. Tämän lisäksi on kuvattu myös verisen vaahdon yskimistä ja eriasteisia neu-

rologisia oireita. Ainut pelastava hoito on välitön uudelleenpaineistus eli rekompresio painekammiossa, mutta käytännössä tämä ei ole koskaan mahdollista. Potilaan elvytystä voidaan myös kokeilla tajuttomana pintaautuvan sukeltajan kohdalla, koska kliinisesti ei voida varmuudella sanoa onko kyseessä esimerkiksi hoidettava tensiopneumothorax, mediastinaaliemfyseema vai DCS, vai kaikkien edellä mainittujen yhdistelmä. (Jama ym. 2013, 31-32; Sipinen & Suvilehto 2013.)

4 Ylipainehappihoito

Ylipainehappihoito eli HBOT (hyperbaric oxygen therapy) toteutetaan painekammiossa. Potilas hengittää tiiviillä maskilla yleensä 100-prosenttista happea, mutta itse kammiot on täytetty normaalilla huoneilmalla. Kammiossa vallitseva ylipaine valitaan hoidettavan taudin mukaan, mutta yleensä paine on 1,8 ATA:a merenpinnan tasoa korkeampi eli 2,8 ATA:a. Hoidon tarkoituksena on DCS- ja AGE-tapauksissa puristaa kasaan eli komprimoida kaasukuplat takaisin nesteeseen. Rekompresiossa oireinen sukeltaja paineistetaan vähintään 18 metrin syvyyttä vastaavaan paineeseen ja tehdään vaadittavat etappipysähdykset uudelleen, jotta inerteillä kaasuilla on mahdollisuus poistua keuhkojen kautta hallitusti. Samalla hengitetty 100-prosenttinen happi estää uuden tyypin liukenemistä ja maksimoi potilaan elimistössä kudosten hapensaannin. Tällä mekanismilla HBOT on myös tehokas hoito yli vuorokaudenkin päästä aloitettuna, sillä se moninkertaistaa kudosten happipitoisuuden ja auttaa näin korjaamaan iskeemisiä vaurioita. Ylipainehappihoidon teho häikämyrkytyksissä, sokeritaudista johtuvissa haavoissa, kuoliota aiheuttavissa pehmytkudostulehduksissa, kaasukuolioissa ja leikkausten jälkeisissä kudosten hapenpuutteissa perustuu juurikin HBOT:n kykyyn elvyttää iskeemisiä eli vähähappisia alueita, vaikka kudosten verenkierto alueella olisi heikko. (Sipinen & Suvilehto 2013.)

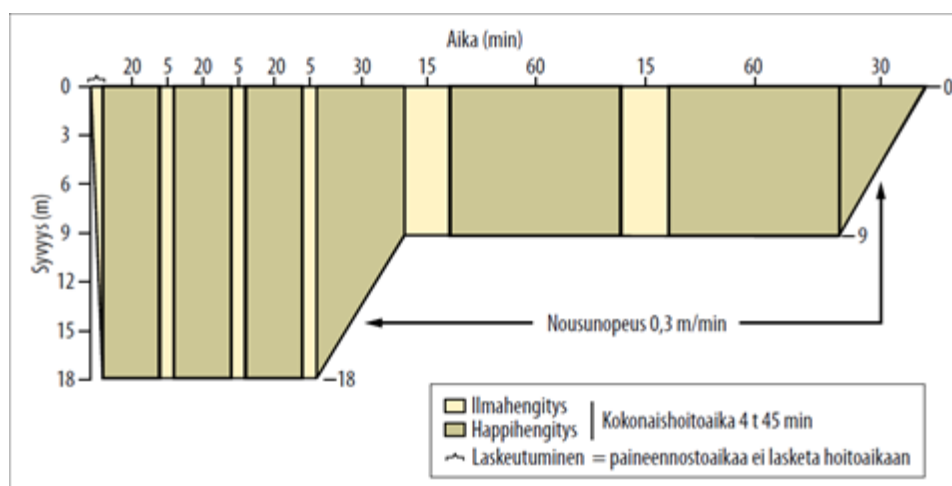
4.1 Ylipainehappihoidon toteutus

Ensihoidon näkökulmasta primäärisesti HBOT:n piiriin ohjautuvat vaikeat sukeltajantautitapaukset ja vaikeat häikämyrkytykset. Päätöksen tekee päivystävä ensihoitolääkäri yhdessä Turun yliopistollisen keskussairaalan teho-osaston lääkärin kanssa. Turun yliopistollisen sairaalan (TYKS) teho-osastolla on Suomen ainoa painekammio, jossa voidaan hoitaa tehohoitoa vaativia potilaita, ja se päivystää välittömässä valmiudessa 24 h vuorokaudessa. DCS 1 -tyypin potilaat voidaan lähettää oman alueensa sairaalaan, josta ohjelmoidaan potilaan jatkohoidot HBOT:n piiriin, mikäli Tyksin lääkäri katsoo sen tarpeelliseksi. Mahdollisen helikopterikuljetuksen tulee tapahtua DCS-tapauksissa alle 300 metrin korkeudella, jotta alentunut ilmanpaine ei pahentaisi potilaan oireita. (Kuisma ym. 2013, 602-603.) Vaihtoehtoinen hoitopaikka on yksityisen Terveystalo Oyj:n Tampereen yksikkö, joka päivystää 24 h vuorokaudessa 2 tunnin varoitussajalla. Puolustusvoimien ja Helsingin ja uudenmaan sairaanhoitopiirin (HUS) edustajilla on

ollut keväällä 2016 neuvottelut erityisesti kiireettömästä ylipainehappihoidosta. Puolustusvoimien Sukelluslääketieteen keskuksessa Upinniemessä on toistaiseksi hoidettu Puolustusvoimien omat DCS-tapaukset, mutta erityisesti virka-aikana se kykenee tarjoamaan palveluja myös siviilipuolelle. Sen lisäksi Oulun pelastuslaitoksella ja Kuopion pelastusopistolla on siirrettävät painekammiot, joissa hoito voidaan aloittaa. (Mäkijärvi ym. 2016, 41-42.)

Absoluuttisia kontraindikaatioita HBOT:lle on hoitamaton pneumothorax ja relatiivisia eräät syöpälääkkeet ja Antabus® lääke (Disulfiraami Antabus lienee Suomen yleisimmin käytetty lääke alkoholismien hoidossa), joiden sivuvaikutuksia ylipainehappihoito saattaa pahentaa. Samoin ahtaanpaikankammo ja vaikea poskionteloiden tulehdus tai tukkoinen ylähengitystieinfektio ovat suhteellisia vasta-aiheita. Keuhkojen röntgenkuvaus on perusteltua DCS 2 -tyypin potilailta ennen hoidon aloitusta, jotta poissuljetaan pneumothorax. (Edmond ym. 2013, 144-146; Kuisma ym. 2013, 600-603)

Painekammiohoidon aikana kammiossa on vähintään yksi hoitaja potilaan kanssa. Hoito toteutetaan yleensä Yhdysvaltain laivaston rekompressiotaulukko USNavy-hoito-ohjeen mukaisesti, jossa hoito kestää neljä tuntia ja 45 minuuttia (Kuva 7). Hoidon aikana potilas hengittää 100-prosenttista happea maskilla tai ventilaattorilla, mutta aika ajoin pidetään 5 - 15 minuutin niin sanottuja ilmataukoja, joissa hengityskaasuksi vaihdetaan huoneilma, jotta vältetään happimyrkytykseltä. Hoitoja jatketaan päivittäin, kunnes oireet ovat täysin poissa tai oireissa ei enää tapahdu paranemista. (Jama ym. 2013, 28-29; Sipinen & Suvilehto 2013.)

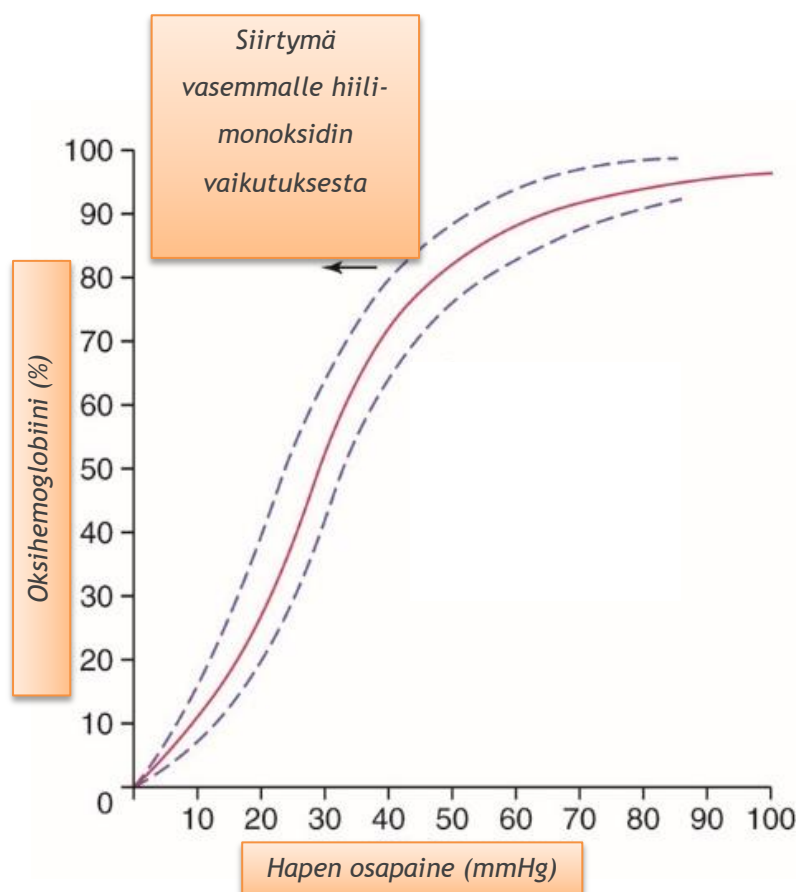


Kuva 2. Yhdysvaltain laivaston hoitotaulukko 6 (Sipinen 2010).

5 Häkämyrkytykset

5.1 Häkämyrkytyksen syntyminen

Häkä eli hiilimonoksidi on epätäydellisen palamisen seurauksena syntyvä myrkyllinen kaasu, joka suurissa pitoisuuksissa (yli 0,2 % hengitysilmassa) johtaa nopeasti verenkiertolamaan ja kuolemaan. Häkä syrjäyttää hapen hemoglobiinista, sekä aiheuttaa hapen dissosiaatiokäyrän siirtymisen voimakkaasti vasemmalle (Kuva 8), minkä seurauksena hapen luovutus verestä kudoksiin heikkenee merkittävästi.



Kuva 8. Hapen dissosiaatiokäyrä (OpenStax 2014)

Hiilimonoksidi (CO) siirtää käyrää vasemmalle, jolloin samassa hapen osapaineessa suurempi osa hapesta on hemoglobiiniin sitoutuneena (suurempi oksihemoglobiinin määrä). Tällöin, vaikka veressä olisi tarpeeksi happea, ei hemoglobiini luovuta sitä kudoksille yhtä tehokkaasti. Lopputuloksena kudokset alkavat kärsiä hapenpuutteesta. Lisäksi häkä sitoutuu erilaisiin elimistön entsyymeihin ja estää soluhengitystä ja muuta solujen metaboliaa. Hiilimonoksidille altistutaan yleensä tulipaloissa, mutta myös suljetussa tilassa polttoaineella käytettävien koneiden käytön yhteydessä. Tämä on sukellusonnettomuuksien kannalta sikäli merkityksellistä, että sukeltajien painekaasupulloja täytetään usein polttoaineella käyville kompressoreilla ja lisäksi tiloissa, joihin saattaa olla pääsy myös autojen pakokaasuilla. Näin ollen on mahdollista, joskin jossain määrin epätodennäköistä, että sukeltaja saa häkämyrkytyksen varomatto-

masti täytettyjen kaasupullojen kautta (häkä on kaasuna hajuton, joten sen läsnäoloa ei voi aistia). (Kentala ja Perttilä 2003, 23.)

Ensimmäinen ja keskeisin häkämyrkytyksen oire on päänsärky, joka pahenee myrkytyksen vaikeutuessa. Muita oireita ovat pahoinvointi, näköhäiriöt, huimaus, tajunnan tason lasku ja hengitystaajuuden ja sykkeen kohoaminen. Tajunnan menetys tapahtuu, kun hemoglobiinin häkäpitoisuus on noin 50 %, ja kuolema seuraa 60 % pitoisuudesta (Kentala ja Perttilä 2003, 23.) Veren karboksihemoglobiinin pitoisuus ei välttämättä korreloi oireiden vakavuuden kanssa. Toipuneilla potilailla saattaa ilmentyä pitkällä aikavälillä neurologisia oireita. Näitä oireita voivat olla esimerkiksi mielialamuutokset, muistamattomuus, puhevaikeudet, kouristukset ja virtsan karkailu. (Kentala ja Perttilä 2003, 23.)

5.2 Häkämyrkytysten ensihoito

Vuosittain häkämyrkytykseen menehtyy Suomessa noin sata ihmistä. Näistä tapauksista noin neljäsosa on itsemurhia. Myrkytyksestä toipuneilla noin viidesosalla ilmenee pidemmän ajanjakson jälkeen neurologisia oireita, kuten dementian ja Parkinsonin taudin kaltaisia oireita. (Perttilä 2012, 30.)

Puhtaan hapen antaminen häkämyrkytyspotilaille on ensisijainen ensihoito häkämyrkytyksissä. Hemoglobiiniin sitoutuneen hiilimonoksidin puoliintumisaika elimistössä ilmaa hengitettäessä on 4-5 tuntia, mutta puhdasta happea hengitettäessä aika putoaa noin 40 minuuttiin. Tehokkain keino nopeuttaa hiilimonoksidin eliminoitumista elimistöstä on ylipainehappihoito, jolla karboksihemoglobiinin puoliintumisaika on vain noin 20 minuuttia (Kentala ja Perttilä 2003, 23.) Lisäksi hoito varmistaa välittömästi kudoksen riittävän hapensaannin ja auttaa palauttamaan soluhengityksen (Perttilä 2012, 30).

Ylipainehappihoidon käyttämisestä häkämyrkytyksissä on jonkin verran ristiriitaisia tutkimustuloksia, ja näyttöä sen toimivuudesta on pidetty puutteellisena. Ongelmana on se, että kontrolloituja tutkimuksia on hyvin vähän, sillä eettisistä syistä vaikean häkämyrkytyksen uhreilta ei voida koemielessä evätä ylipainehappihoitoa. Yhteenvetona voidaan todeta, että vaikeissa häkämyrkytyksissä ylipainehappihoidon tehoa puoltavia tutkimuksia on olemassa riittävästi, jotta sitä voidaan rutiininomaisena hoitona suositella häkämyrkytyspotilaille. Sen sijaan lievemmissä myrkytystapauksissa selkeää näyttöä ylipainehappihoidon tehon puolesta ei ole, ja tulisi tapauskohtaisesti arvioida, kannattaako hoidon antaminen, kun otetaan huomioon hoidon aloittamisen viive ja kustannukset (Perttilä, 2012, 30.) On epäselvää, kuinka pitkän viiveen jälkeen hoidon aloittaminen kannattaa, mutta todennäköisesti ylipainehappihoidosta on hyötyä, mikäli altistumisesta on kulunut alle 24 tuntia (Kentala ja Perttilä 2003, 23).

6 Tutkimusmenetelmät

Koska kyseessä on toiminnallinen opinnäytetyö, työhöme ei liity varsinaista selvityksen eli tutkimuksen tutkimusongelmaa. Toiminnallisen opinnäytetyön tueksi riittää suppea selvitys, jolla kartoitetaan aiheeseen liittyvää asiaongelmaa. Asiaongelma voi olla kohderyhmän määrittämistä tai jonkin puuttuvan tiedon määrittämistä toiminnallisen osuuden tueksi. Suuntaa antavaa tietoa pidetään yleensä riittävänä, kun puhutaan toiminnallisesta opinnäytetyöstä. Kun halutaan tilastollisesti ilmoitettavaa numeraalista tietoa, on hyvä valita toiminnallisen opinnäytetyön tueksi määrällisen tutkimusmenetelmän keinoja. (Vilka & Airaksinen 2003, 58.)

Aihealueen teoreettiseen sisältöön tulee paneutua hyvin, jotta opinnäytetyön tekijöillä on selvä käsitys mitä ja miksi selvityksessä kysytään. Tärkeintä on miettiä mitä halutaan mitata, keneltä ja miksi. Itse kyselylomake tulisi laatia vastaajien näkökulmasta. Kyselylomakkeen rinnalle tulee laatia saatekirje, joka oikein laadittuna lisää uskottavuutta ja vastausmotivaatiota. Siitä tulisi selvittää, kuinka kyselyyn tulee vastata, mitä tarkoitusta vasten selvitys tehdään, ketkä ovat kohderyhmää, mihin vastauksia tullaan käyttämään, ketkä selvitystä tekevät ja heidän yhteystietonsa sekä oppilaitoksen nimi ja ulkopuolinen toimeksiantaja. (Vilka & Airaksinen 2003, 59.) Suppean selvityksen avulla saadaan toiminnallisessa opinnäytetyössä suuntaa antavaa tietoa aiheesta päätöksenteon tueksi tai kerättyä kirjallisuudesta puuttuvaa lähdetietoa. Selvityksellä kerätty tieto ei tästä syystä ole tilastollisesti merkittävää. Tästä huolimatta on toiminnallisen opinnäytetyön suppeakin aineisto analysoitava. Vastaukset tulee muuttaa havainnoitavaan muotoon ja ne tulee luokitella. Analysointi onnistuu toiminnallisessa opinnäytetyössä ilman tietokoneen analysointiohjelmaakin. (Vilka & Airaksinen 2003, 62.)

6.1 Koulutustilaisuus

Koulutusta suunnitellessa aloimme pohtia, mikä on koulutuksen tavoitteellisuus. Lähestyimme asiaa työntekijöiden omasta näkökulmasta ajatuksella, mitä lisätietoa olemme kokeneet tarvitsevamme aiheesta, ja toisaalta mitä tavoitteita koulutusta pyytäneellä työnantajalla on ollut opinnäytetyön suhteen. Työnantajan toiveena oli saada yhtenäinen toimintamalli ja hoito-ohje aiheesta. Opinnäytetyön tekijöinä pyrimme saamaan riittävän laajat teoreettiset pohjatiedot sukellusfysiikasta ja häikämyrkytyksistä, minkä pohjalta lähdimme laatimaan kirjallista koulutusmateriaalia. Keski-Uudenmaan pelastuslaitoksella on järjestetty työvuorokoulutuksia säännöllisesti, mutta ei ole mitattu sitä, kuinka merkittävänä oma henkilökunta on kokenut koulutukset. Tästä syystä haluttiin myös tarkastella henkilökunnan kokemuksia koulutuksesta ja päätettiin mitata niitä koulutuksen jälkeisellä kyselylomakkeella. Oppimisen mittaamiseen ainoa toimiva tapa on käyttää määrällisen tutkimusmenetelmän keinoja. Numeraali-

sesti on mahdollista selvittää, onko koulutettavat kokeneet oppineensa jotakin koulutustilaisuudesta. (Vilka & Airaksinen 2003, 58.)

Kyselykaavaketta suunniteltaessa tuli aikataulullisesti melko kiire, koska koulutuksen toteuttamisen ajankohta tarkentui hyvin nopeasti. Lomaketta suunniteltaessa otettiin huomioon vastaajien kiinnostus vastata kyselyyn. Lomakkeessa tulee olla myös lyhyt ja selkeä muoto niin, että vastaajilla säilyisi motivaatio vastata ajatuksella kyselyyn. (Kyselylomakkeen laatiminen 2010.) Normaalisti hyvän tieteellisen kyselylomakkeen täyttöön ei saisi mennä kuin 15-20 minuuttia (Kyselylomakkeen laatiminen 2010).

6.2 Koulutustilaisuuden suunnittelu

Koulutustilaisuudet järjestettiin Keski-Uudenmaan pelastuslaitoksen pelastuskeskuksen isossa luentosalissa joulukuussa 2015. Osallistujina olivat Keski-Uudenmaan pelastuslaitoksen operatiivisessa ensihoitotyössä työskentelevä henkilökunta. Koulutettavia oli 90 henkilöä. Koulutus pohjana heillä oli, joko pelastaja-, lähihoitaja- ja sairaanhoitaja AMK- tai ensihoitaja AMK-tutkinto. Ammattinimikkeinä kyseisillä henkilöillä voi olla esim. kenttäjohtaja, ensihoitaja, sairaankuljettaja tai palomies-sairauksikuljettaja. Koulutustilaisuus oli suunniteltu kestämään 90 minuuttia, jonka päätteeksi oli varattu noin kymmenen minuuttia kyselylomakkeen täyttöä varten.

Koulutusmateriaalina toimi PowerPoint-esitys, joka koulutustilaisuuden jälkeen annettiin Keski-Uudenmaan pelastuslaitoksen käyttöön. Koulutuksen tarkoituksena oli kertoa painekammiohoidon käyttöaiheita ensihoitotyössä ja painekammiohoidon järjestämisen mahdollisuuksia akuuttitilanteissa.

Koulutustilaisuutta varten laadittiin kyselykaavake kartoittamaan koulutuksen merkitystä. Kyselykaavakkeen tarkoituksena oli kartoittaa koulutukseen osallistuvien aikaisempi tietojen taso painekammiohoidosta ja koulutuksen merkitystä tietotasoon. Kyselykaavakkeen kysymykset olivat yksiselitteisiä, eikä vastaajia voinut identifioida millään tavalla. Kyselyssä toimimme myös valtakunnallisen terveydenhuollon eettisen neuvottelukunnan antamien ohjeiden mukaisesti (ETENE). Tutkimuseettisen neuvottelukunnan eettiset ohjeet (2002) määrittelevät hyvän tieteellisen julkaisun. Tarkoituksena on ehkäistä tutkimusvilpejä. Tutkimusvilpeillä voisi olla epäedullisia seurauksia tieteen kehitykselle. ETENE on valtakunnallinen terveydenhuollon eettinen neuvottelukunta. ETENE ohjeistaa vastuullisuuteen ja eettisissä ohjeissaan toteaaakin että ”Tutkimuksen keskeinen periaate on ihmisarvon loukkaamattomuus”. Työssä pyrittiin noudattamaan hyvää tieteellistä käytäntöä. Työn luotettavuutta ja laadukkuutta pyrittiin lisäämään käyttämällä riittävästi eri lähteitä.

6.3 Koulutuksen toteuttaminen

Koulutustilaisuuksia järjestettiin kaksi, jotta kaikki Keski-Uudenmaan pelastuslaitoksen vuoro-työntekijät saivat mahdollisuuden osallistua koulutukseen. Koulutuspäiviksi oli valittu sellaiset päivät, että jokaisella työntekijällä oli työvuoron ulkopuolella ainakin yksi mahdollisuus osallistua koulutukseen. Koulutus oli osana Keski-Uudenmaan pelastuslaitoksen operatiivisen henkilökunnan vuorokoulutusta. Koulutustilaisuudet olivat identtisiä keskenään, joten tässä kuvailemme niitä kuin yhtenä kokonaisuutena.

Yleensä koulutuspäivä alkoi noin tuntia ennen varsinaisen koulutustilaisuuden alkua. Tutkijat järjestivät luentotilan koulutustilaisuuteen sopivaksi ja testattiin, että tietotekniikka toimii. Koulutettavat saapuivat myös ajallaan paikalle ja ennen tilaisuuden alkua kävi selville, että joukossa on muutamia sukeltajia, jolle aiheet ovat toki ennestään tuttuja. He odottivat tilaisuuden antia. Koulutus käytiin läpi PowerPoint -esityksen mukaisessa järjestyksessä ja esityksen aikana oli lupa vapaasti kommentoida ja kysellä. Aktiivisimmin asiaa kommentoivat he, joilla asiasta oli aiempaa keskimääräistä enemmän tietoa. Kysymykset olivat asiallisia ja joiltain osin keskustelua herätti myös melko syväle ulottuva patofysiologian osuus. Osalle olisi riittänyt vähemmän teoriaa ja enemmän suoraviivaista oireenmukaista hoitoa opastava koulutus. Tilaisuutta hieman häiritsi pelastusaseman operatiivinen toiminta, hälytyskuulutukset kuuluivat luentosaliin ja työvuorossa olevat joutuivat ajoittain lähtemään hälytystehtäviin ja toisaalta hälytystehtävistä palaavat työntekijät palasivat aikanaan luentosaliin. Toisaalta nämä häiriötekijät ovat pelastuslaitoksen ympäristössä niin tuttuja, etteivät ne juurikaan tilaisuutta häirinneet. Koulutuksen kävi kuuntelemassa yhteensä 58 operatiivisen osaston työntekijää. Tilaisuuteen osallistumattomille annettiin tehtäväksi opiskella käsitellyt asiat omatoimisesti. Koulutuksen päätteeksi jaettiin kyselylomakkeet, joista saatiin täytettyinä takaisin 41 lomaketta.

6.4 Tulokset

Koulutustilaisuuden jälkeen koulutukseen osallistujia pyydettiin vastaamaan kyselykaavakkeeseen. Kyselykaavakkeen avulla halusimme selvittää täyttyikö tavoite, joka koulutukselle oli asetettu. Tavoitteena oli tarjota riittävän laaja teoreettinen tieto sukellusfysiikasta ja häämyrkytyksistä sekä niihin liittyvistä hoitoprotokollista. Tuloksia hyödyntämällä työelämäyhteistyökumppani voi ratkaista aiheeseen liittyvän jatkokoulutuksen tarpeen.

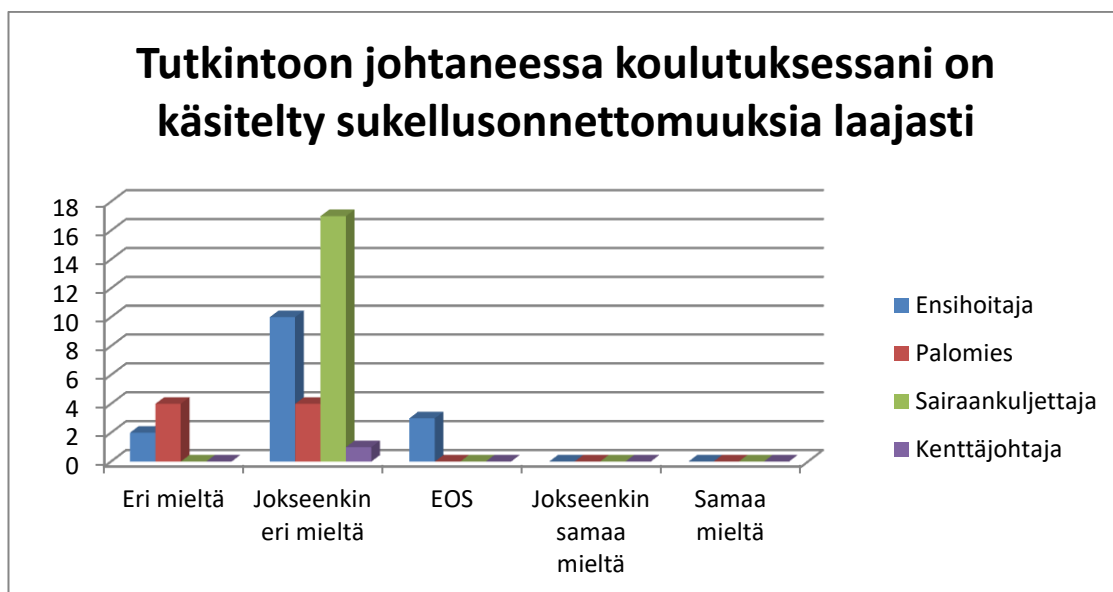
Kyselykaavakkeen kysymykset oli suunniteltu niin, että vastaajan oli helppo vain rastittaa vastaus. Kysymykset jaoteltiin siten, että neljä kysymystä selvittivät koulutukseen osallistuneen peruskoulutukseen ja omaehtoiseen koulutukseen liittyvää pohjatietoa aiheesta ja toiset neljä kysymystä selvittivät koettiin koulutuksesta olleen hyötyä vastaavissa aiheissa.

Kyselykaavakkeista saadut vastaukset ovat luettavissa pylväsdiagrammeina sekä tekstinä. Jokainen kysymys on käsitelty omana kaaviona ja tekstinä. Vastaukset on esitetty ammattiryhmittäin.

Kyselykaavakkeeseen vastasi koulutuksen jälkeen neljäkymmentäyksi koulutettavaa. Heistä yksi oli kenttäjohtaja, viisitoista ensihoitajaa, seitsemäntoista perustason sairaankuljettajaa sekä kahdeksan palomiestä. Heidän työkokemuksensa vaihteli alle yhdestä vuodesta kahteenkymmeneen vuoteen. Kokonaisuutena kyselystä kävi ilmi, että vastaajista huomattavan suuri osa eli noin 70 % koki omaavansa melko heikot tiedot ja taidot häikämyrkytysten hoidosta että sukellusonnettomuuksien hoidosta. Samoin oli nähtävissä, että ammattiin valmistavassa koulutuksessa oli koettu saadun melko heikot tietotasot, koska 75 % vastaajista ilmoitti olevansa täysin tai jokseenkin eri mieltä väitteeseen, jossa tutkintoon johtaneessa koulutuksessa olisi saanut hyvät pohjatiedot aiheeseen. Jatkokoulutuksiakaan asian tiimoilta ei ole pidetty. Sukellusonnettomuuksista muutama palomies eli seitsemän prosenttia vastaajista koki omaavansa hyvät tiedot ja taidot. Tämän voidaan olettaa johtuvan siitä, että kyseisessä ammattikunnassa toimii muutama ammattisukeltaja. Vastauksissa oli havaittavissa selkeästi se, että kolmeen ensimmäiseen kysymykseen oli jaksettu perehtyä. Kysymykset oli luettu ja vastauksia oli mietitty huolella. Neljännessä kysymyksestä eteenpäin vastaukset oli kyselykaavakkeissa laitettu sen enempiä miettimättä. Oletettavaa on, että vastaukset on laitettu kaavakkeeseen jopa lukematta ensin kysymystä lainkaan. Tämän huomasi esimerkiksi siitä, että ennen koulutustilaisuutta tietotaito oli arvioitu paremmaksi kuin koulutuksen jälkeen. Koulutus ei voi vähentää tietoa.

6.5 Selvityksen tulokset

Kysymykseen ”Tutkintoon johtaneessa koulutuksessani on käsitelty sukellusonnettomuuksia laajasti” vastaajia oli 41 eli 71 % osallistujista (Kuvio 1). Suurin osa vastauksista sijoittuu kohtaan ”jokseenkin eri mieltä” eli vastaajat kokevat, että tutkintoon johtava koulutus ei valmentanut heitä sukellusonnettomuuksien hoitoon. Jokseenkin eri mieltä olivat sairaankuljettajista 17, ensihoitajista 11, palomiehistä kolme ja kenttäjohtajista yksi vastaaja. Täysin eri mieltä olivat palomiehistä kolme vastaajaa ja ensihoitajista yksi vastaaja. Ensihoitajista kolme ei osannut sanoa oliko tutkintoon johtaneessa koulutuksessa käsitelty aihetta laajasti.



Kuvio 1. Tutkintoon johtaneessa koulutuksessa on käsitelty sukellusonnettomuuksia laajasti

Kysymykseen ”Pakollisissa jatkokoulutuksissa on käsitelty sukellusonnettomuuksia laajasti” vastaajia oli yhteensä 41, eli 71 % osallistujista (Kuvio 2). Suurin osa vastauksista sijoittuu kohtaan ”jokseenkin eri mieltä” eli vastaajat kokevat ettei ammattiuran aikana saatu jatkokoulutus ole valmentanut heitä sukellusonnettomuuksien hoitoon. Jokseenkin eri mieltä olivat sairaankuljettajista 16, ensihoitajista 12, palomiehistä neljä ja kenttäjohtajista yksi vastaaja. Täysin eri mieltä olivat palomiehistä neljä vastaajaa ja ensihoitajista kaksi vastaajaa. Ensihoitajista yksi ei osannut sanoa oliko tutkintoon johtaneessa koulutuksessa käsitelty aihetta laajasti.



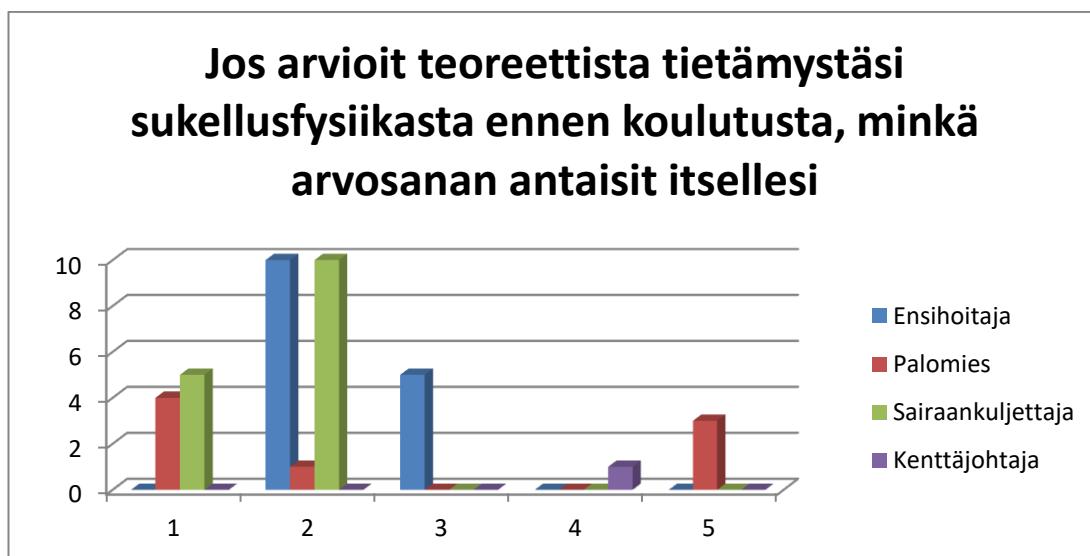
Kuvio 2. Pakollisissa jatkokoulutuksissa on käsitelty sukellusonnettomuuksia laajasti

Kysymykseen ”Olen vapaaehtoisesti opiskellut sukellusonnettomuuksia laajasti” vastaajia oli 41 eli 71 % osallistujista (Kuvio 3). Suurin osa vastauksista sijoittuu kohtaan ”jokseenkin eri mieltä” eli vastaajat kokevat, etteivät ole vapaaehtoisesti opiskelleet sukellusonnettomuuksia laajasti. Jokseenkin eri mieltä olivat Sairaankuljettajista 15 vastaajaa, ensihoitajista 10 vastaajaa ja palomiestä kolme vastaajaa. Täysin eri mieltä olivat ensihoitajista kolme vastaajaa ja sairaankuljettajista kaksi vastaajaa. Ainoa kyselyyn osallistunut kenttäjohtaja oli jokseenkin samaa mieltä ja täysin samaa mieltä oli kolme palomiestä. Ensihoitajista yksi ja palomiestä yksi ei osannut sanoa onko opiskellut vapaaehtoisesti sukellusonnettomuuksia laajasti.



Kuvio 3. Olen vapaaehtoisesti opiskellut sukellusonnettomuuksia laajasti

Kysymykseen ”Jos arvioit teoreettista tietämystäsi sukellusfysiikasta ennen koulutusta, minkä arvosanan antaisit itsellesi” vastaajia oli 41 eli 71 % osallistujista (Kuvio 4). Suurin osa vastaajista antaisi itselleen arvosanaksi kaksi sukellusfysiikan tietämyksestään ennen koulutusta. Arvosanan kaksi antaisi ensihoitajista 10 ja sairaankuljettajista 10 vastaajaa. Arvosanan yksi antaisi palomiestä neljä ja sairaankuljettajista viisi vastaajaa. Arvosanan kolme antaisi ensihoitajista viisi vastaajaa. Arvosanan viisi antaisi palomiestä kolme vastaajaa ja arvosanan neljä antaisi ainoa kyselyyn vastannut kenttäjohtaja.



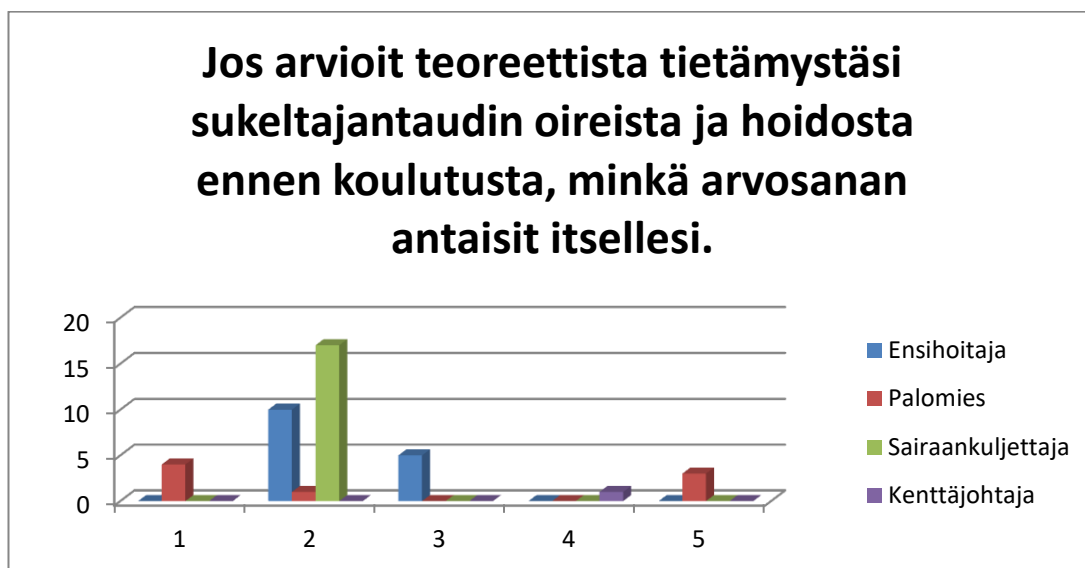
Kuvio 4. Jos arvioit teoreettista tietämystäsi sukellusfysiikasta ennen koulutusta, minkä arvosanan antaisit itsellesi

Kysymykseen ”Jos arvioit teoreettista tietämystäsi sukellusfysiikasta koulutuksen jälkeen, minkä arvosanan antaisit itsellesi” vastaajia oli 41 eli 71 % osallistujista (Kuvio 5). Suurin osa vastaajista antaisi itselleen arvosanaksi kolme sukellusfysiikan tietämyksestään pidetyn koulutuksen jälkeen. Arvosanan kolme antaisi ensihoitajista 11, sairaankuljettajista kuusi ja palomiehistä viisi vastaajaa. Arvosanan kaksi antaisi palomiehistä neljä ja sairaankuljettajista viisi vastaajaa. Arvosanan neljä antaisi sairaankuljettajista kolme vastaajaa ja yksi kenttäjohtaja. Arvosanan viisi antaisi palomiehistä kolme vastaajaa.



Kuvio 5. Jos arvioit teoreettista tietämystäsi sukellusfysiikasta koulutuksen jälkeen, minkä arvosanan antaisit itsellesi

Kysymykseen ” Jos arvioit teoreettista tietämystäsi sukeltajantaudin oireista ja hoidosta ennen koulutusta, minkä arvosanan antaisit itsellesi” vastaajia oli 41 eli 71 % osallistujista (Kuvio 6). Suurin osa vastaajista antaisi itselleen arvosanaksi kaksi tietämyksestään sukeltajantaudin oireista ja hoidosta ennen koulutusta. Arvosanan kaksi antaisi ensihoitajista yhdeksän, sairaankuljettajista 16 ja palomiestä yksi vastaajaa. Arvosanan kolme antaisi ensihoitajista viisi vastaajaa. Arvosanan yksi antaisi palomiestä neljä vastaajaa. Arvosanan viisi antaisi palomiestä kolme vastaajaa. Arvosanan neljä antaisi yksi kenttäjohtaja.



Kuvio 6. Jos arvioit teoreettista tietämystäsi sukeltajantaudin oireista ja hoidosta ennen koulutusta, minkä arvosanan antaisit itsellesi

Kysymykseen ”Jos arvioit teoreettista tietämystäsi sukeltajantaudin oireista ja hoidosta koulutuksen jälkeen, minkä arvosanan antaisit itsellesi” vastaajia oli 41 eli 71 % osallistujista (Kuvio 7). Suurin osa vastaajista antaisi itselleen arvosanaksi kaksi tietämyksestään sukeltajantaudin oireista ja hoidosta koulutuksen jälkeen. Arvosanan kaksi antaisi ensihoitajista yhdeksän ja sairaankuljettajista kuusi vastaajaa. Arvosanan kolme antaisi sairaankuljettajista kuusi ja palomiestä viisi vastaajaa. Arvosanan yksi antaisi ensihoitajista viisi vastaajaa. Arvosanan neljä antaisi sairaankuljettajista kolme ja yksi kenttäjohtaja. Arvosanan viisi antaisi kolme palomiestä.



Kuvio 7. Jos arvioit teoreettista tietämystäsi sukeltajantaudin oireista ja hoidosta koulutuksen jälkeen, minkä arvosanan antaisit itsellesi

Kysymykseen ”Jos arvioit teoreettista tietämystäsi barotraumoista ennen koulutusta, minkä arvosanan antaisit itsellesi” vastaajia oli 41 eli 71 % osallistujista (Kuvio 8). Suurin osa vastaajista antaisi itselleen arvosanaksi kaksi tietämyksestään barotraumoista ennen koulutusta. Arvosanan kaksi antaisi ensihoitajista 13, sairaankuljettajista 10 ja palomiehistä yksi vastaajaa. Arvosanan yksi antaisi ensihoitajista kaksi, palomiehistä neljä ja sairaankuljettajista viisi vastaajaa. Arvosanan viisi antaisi palomiehistä kolme vastaajaa. Arvosanan neljä antaisi yksi kenttäjohtaja.



Kuvio 8. Jos arvioit teoreettista tietämystäsi barotraumoista ennen koulutusta, minkä arvosanan antaisit itsellesi

Kysymykseen ”Jos arvioit teoreettista tietämystäsi barotraumoista koulutuksen jälkeen, minkä arvosanan antaisit itsellesi” vastaajia oli 41 eli 71 % osallistujista (Kuvio 9). Suurin osa vastaajista antaisi itselleen arvosanaksi kaksi tietämyksestään barotraumoista koulutuksen jälkeen. Arvosanan kaksi antaisi ensihoitajista kuusi ja sairaankuljettajista 10 vastaajaa. Arvosanan kolme antaisi ensihoitajista yhdeksän ja palomiestä viisi vastaajaa. Arvosanan yksi antaisi sairaankuljettajista viisi vastaajaa. Arvosanan neljä antaisi yksi kenttäjohtaja. Arvosanan viisi antaisi kolme palomiestä.



Kuvio 9. Jos arvioit teoreettista tietämystäsi barotraumoista koulutuksen jälkeen, minkä arvosanan antaisit itsellesi

6.6 Arviointi

Itsearviointien tulokset kysymyksiin sukellusfysiikan teoreettisesta tietämyksestä ennen ja jälkeen koulutuksen. Ennen koulutusta ensihoitajat arvioivat osaamistaan siten, että arvosanan kaksi antoi 10 ja arvosanan kolme antoi viisi koulutukseen osallistunutta. Koulutuksen jälkeen arvosanan kolme antoi 11 koulutukseen osallistunutta. Ensihoitajien ammattiryhmässä koulutuksen jälkeen arvioinnissa ei ollut lainkaan hajontaa. Kaikki kokivat oppineensa yhden arvosanan verran. Palomiestä ennen koulutusta arvosanan yksi antoi neljä ja arvosanan viisi antoi kolme koulutukseen osallistunutta. Koulutuksen jälkeen numeron kolme antoi viisi, numeron kaksi antoi neljä ja numeron viisi antoi kolme osallistunutta. Palomiesten ammattiryhmässä koulutuksen antia on mahdoton luotettavasti arvioida, koska osa vastaajista on arvioinut osaamisensa ainoastaan koulutuksen jälkeen. Sairaankuljettajista ennen koulutusta arvosanan yksi antoi viisi osallistunutta, arvosanan kaksi antoi 10. Koulutuksen jälkeen numeron kaksi antoi viisi, arvosanan kolme antoi kuusi, ja numeron neljä antoi kolme osallistunutta.

Sairaankuljettajien ammattiryhmässä viisi osallistujaa arvioi osaamisensa täysin samaksi kuin ennen koulutusta, muut arvioivat koulutuksen olleen selvästi opettavaista. Näin siksi koska ennen koulutusta korkein arvioitu arvosana oli kaksi ja koulutuksen jälkeen neljä. Kenttäjohtajista arvioinnin antoi vain yksi, ja hän arvioi osaamistaan numerolla neljä sekä ennen että jälkeen koulutuksen.

Itsearviointin tulokset kysymyksiin sukeltajataudin teoreettisesta tietämyksestä ennen ja jälkeen koulutuksen. Ennen koulutusta ensihoitajat arvioivat osaamistaan siten, että arvosanan kaksi antoi yhdeksän ja arvosanan kolme antoi viisi koulutukseen osallistunutta. Koulutuksen jälkeen arvosanan yksi antoi viisi, arvosanan kaksi antoi yhdeksän ja arvosanan neljä antoi kolme koulutukseen osallistunutta. Ensihoitajien ammattiryhmässä koulutuksen opetuksellista antia on mahdoton arvioida luotettavasti, koska arviointivastauksissa osaamistaso on lukujen mukaan laskenut. Palomiestä ennen koulutusta arvosanan yksi antoi neljä, arvosanan kaksi antoi yksi ja arvosanan viisi antoi kolme koulutukseen osallistunutta. Koulutuksen jälkeen numeron kolme antoi viisi osallistunutta. Palomiesten ammattiryhmässä opetuksen anti on hyvin selkeä. Vastauksen antaneista jokainen arvioi parhaalla mahdollisella arvosanalla osaamisensa koulutuksen jälkeen. Toki luotettavuus kärsii, koska osa vastaajista vastasi arviointiin vain ennen koulutusta, mutta ei jälkeen koulutuksen. Sairaankuljettajista ennen koulutusta arvosanan kaksi antoi 16 osallistunutta. Koulutuksen jälkeen arvosanan kaksi antoi kuusi ja arvosanan kolme antoi 6 osallistunutta. Sairaankuljettajien ammattiryhmässä itsearviointi oli varsin tasaveroista ennen koulutusta. Koulutuksen jälkeen osa vastaajista koki, ettei ole oppinut mitään uutta. He, jotka arvioivat oppineensa, nostivat arvosanaansa yhdellä. Kenttäjohtajista arvioinnin antoi vain yksi, ja hän arvioi osaamistaan numerolla neljä sekä ennen että jälkeen koulutuksen.

Itsearviointin tulokset kysymyksiin barotraumojen tietämyksestä ennen ja jälkeen koulutuksen. Ennen koulutusta ensihoitajat arvioivat osaamistaan siten, että arvosanan yksi antoi kaksi ja arvosanan kaksi antoi 13 koulutukseen osallistunutta. Koulutuksen jälkeen arvosanan kaksi antoi kuusi ja arvosanan kolme antoi yhdeksän koulutukseen osallistunutta. Ensihoitajien ammattiryhmässä koulutus koettiin hyödylliseksi ja kaikki annetut arvosanat nousivat koulutuksen jälkeen. Palomiestä ennen koulutusta arvosanan yksi antoi neljä, arvosanan kaksi antoi yksi ja arvosanan viisi antoi kolme koulutukseen osallistunutta. Koulutuksen jälkeen numeron kolme antoi viisi ja numeron viisi antoi kolme osallistunutta. Palomiesten ammattiryhmässä koulutus nosti jokaisen itselleen antamaa arvosanaa niin että arvosanaa yksi ei koulutuksen jälkeen antanut itselleen enää kukaan. Sairaankuljettajista ennen koulutusta arvosanan yksi antoi viisi osallistunutta ja arvosanan kaksi antoi 10 osallistunutta. Koulutuksen jälkeen annetut arvosanat pysyivät täysin samoina. Sairaankuljettajien ammattiryhmässä koettiin, ettei koulutus vaikuttanut arvosanoihin mitenkään, joten arvosanat pysyivät samoina. Kenttäjohta-

jista arvioinnin antoi vain yksi, ja hän arvioi osaamistaan numerolla neljä sekä ennen että jälkeen koulutuksen.

7 Pohdinta

Sukelluksesta ja siihen liittyvistä merkittävistä tekijöistä muun muassa sukellusfysiikasta ja sukeltajantaudista ja sen hoidosta löytyy runsaasti tietoa. Laitesukellus ja siihen liittyvät onnettomuudet ovat onneksi Suomessa harvinaisia. Tämä selittää sen, miksi terveyden- ja sairaanhuollon koulutuksessa aiheita käsitellään melko vähän jos lainkaan. Pelastusopistossa aiheesta opetetaan ihan jo sen tosiasian pakosta, että osa pelastajista toimii pelastussukeltajina.

Aiheesta ei aikaisemmin ole järjestetty Keski-Uudenmaan Pelastuslaitoksella koulutusta. Järjestämämme koulutuksen ja siitä saamamme palautteen perusteella koulutukselle on tarvetta. Koulutuksen laatiminen niin, että se palvelee useita eri ammattiryhmiä, on haasteellista. Palomiehillä teorian ja käytännön tietotaitoa voi olla runsaasti, kun taas sairaankuljettajilla tietotaitoa asiasta ei ole lainkaan. Jatkossa olisikin ehkä hyödyllistä järjestää koulutusta eri ammattiryhmille tai tietotason mukaan.

Potilasturvallisuus on usein esillä medioissa ja ammatillisissa koulutuksissa. Toistamalla samaa hoitoprotokollaa riittävän usein, saadaan ammattitaito pysymään riittävällä tasolla. Sukellusonnettomuuksien kohdalla erityisen haasteen tuo äärimmäisen harvoin tapahtuvat sukellusonnettomuudet. Vielä harvemmin sukellusonnettomuudessa olleen potilaan kohtaaminen sattuu yksittäisen työntekijän kohdalle. Toisaalta myös niin, että tapaturman ollessa harvinaisen, koulutustilaisuuksissa usein keskitytään aiheisiin, jotka koskettavat ammattikuntaa lähes viikoittain.

Suuntaus on yhä enenemässä määrin siihen, että jokaisen ammattilaisen oletetaan kouluttavat itseään jatkuvasti omalla ajallaan työn ulkopuolella. Koulutuksessamme käsittelemämme aihe on yksi niistä, jotka varmastikin vastaisuudessakin jäävät työntekijän omalle vastuulle lisäkoulutuksen ollessa kyseessä. Erityisesti ensihoito- ja pelastusalalla tämän soisi olevan ammattilaisten mielenkiinnon kohde, jotta ammattitaitoa saadaan pidettyä yllä.

Koulutustilaisuuden järjestäminen oli mielenkiintoinen projekti. Koulutukselle oli tarvetta ja pienen tutkimuksemme valossa voimme todeta suurimman osan hyötyneen koulutuksesta. Tällaisia projektimuotoisia koulutuksia voisikin jatkossa ajatella järjestettävän yhä enenemässä määrin yhteistyössä oppilaitosten ja palveluntarjoajien kesken.

Lähteet

- Anatomy & Physiology 2014. OpenStax. Viitattu: 3.9.2015.
<http://cnx.org/contents/FPtK1z mh@6.27:u67b9E14@6/The-Process-of-Breathing>.
- Anttila, M. 2015. Kuolemaan johtaneet sukellusonnettomuudet. Viitattu: 10.6.2015.
<http://www.sukellus.info/sukelluskuolemat.shtml>
- Boyle's law. 2016. Wikipedia. Viitattu: 5.1.2016.
https://en.wikipedia.org/wiki/Boyle%27s_law
- Closed-circuit rebreathers. Bishop Museum. 1997. Viitattu: 3.6.2015.
<http://www.bishopmuseum.org/research/treks/palautz97/rb.html>
- Edmonds, C., Thomas, B., McKenzie, B. & Pennefather, J. Diving Medicine for Scuba Divers. 2012. Viitattu: 20.7.2015. http://divingmedicine.info/Book_DMfSD_2013.pdf
- Terveystieteiden tutkimuskeskus. Yhteinen arvopohja, yhteiset tavoitteet ja periaatteet. 2001. ETENE. Viitattu: 4.8.2015.
<http://etene.fi/documents/1429646/1559098/ETENE-julkaisu-ja+1+Terveystieteiden+tutkimuskeskus+yhteinen+arvopohja,+yhteiset+tavoitteet+ja+periaatteet.pdf/4de20e99-c65a-4002-9e98-79a4941b4468>
- Elain, J & Christopher, S. (toim.) 2008. The Travel and tropical medicine manual. 4. painos. Philadelphia: Saunders Elsevier.
- Jama, T., Lauritsalo, S., Sipinen, S. & Suvilehto, J. ADALS-kurssi. 2013. Helsinki: Suomen sukelluslääketieteen yhdistys.
- Jenkins S. PADI Open Water Dive Manual. 2005. 5. painos. Lontoo: Atlantics books.
- Kentala, E. & Perttilä, J. Ylipainehappihoito häikämyrkytyksen hoidossa. Suom Lääkärilehti 2003;58(24).
- Kuisma, M., Holmström, P., Nurmi, J., Porthan, K., Taskinen, T. 2013. Ensihoito. Helsinki: Sanoma Pro.
- Kyselylomakkeen laatiminen 2010. Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto. Luettu: 12.9.2015
<http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kyselylomake/laatiminen.html#vastausohjeet>
- Malinen, A. 2012. Lentäjän sukeltajantauti. Viitattu: 10.1.2016.
http://www.trafi.fi/filebank/a/1350386640/8ad9253f05a8f8cf4dbd5f587fdf3896/10454-Esitys_Lentajan_sukeltajantauti.pdf
- Muehlberger, P., Olson, J., Pilmanis, A. & Webb, J. 2004. Altitude decompression sickness symptom resolution during descent to ground level. Aviation Space and Environmental Medicine 6/2004, 596.
- Mäkijärvi, M., Harjola, V-P., Päivä, H., Valli, J. & Vaula, E. (toim.) 2016. Akuuttihoidon opas. Helsinki: Duodecim.
- Perttilä, J. Vieläkö ylipainehappihoito on käypä hoito häikämyrkytykseen? Tehohoito. 2012;30(2).
- Sipinen, S. 2010. Sukeltajantauti. Viitattu: 3.3.2016.
http://www.duodecimlehti.fi/web/guest/arkisto?p_p_id=Article_WAR_DL6_Articleportlet&p_p_action=1&p_p_state=maximized&viewType=viewArticle&tunnus=duo98634

Sipinen, S. & Suvilehto, J. 2013. Sukelluslääketiede. Viitattu: 3.2.2016.
http://www.terveysportti.fi/dtk/ltk/koti?p_artikkeli=ykt00455&p_haku=sukellusl%C3%A4%C3%A4ketiede

Vikman, T. Sukellus. 2007. 7. painos. Helsinki: Sukeltajaliitto.

Vilka, H. & Airaksinen, T. 2003. Toiminnallinen opinnäytetyö. Helsinki: Tammi.

Kuvat

- Kuva 1. Boylen laki. **Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.**
- Kuva 2. Boylen laki kuvaajana. **Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.**
- Kuva 3. Henryn laki. **Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.**
- Kuva 4. Avoimen kierron paineilmalaitte. **Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.**
- Kuva 5. Suljetun kierron laitteisto. **Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.**
- Kuva 6. Suomalaisten sukelluskuolemat. **Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.**
- Kuva 7. Yhdysvaltain laivasto hoitotaulukko 6. 23
- Kuva 8. Hapen dissosiaatiokäyrä. **Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.**

Taulukot

Kuvio 1. Tutkintoon johtaneessa koulutuksessani on käsitelty sukellusonnettomuuksia laajasti	30
Kuvio 2. Pakollisissa jatkokoulutuksissa on käsitelty sukellusonnettomuuksia laajasti	30
Kuvio 3. Olen vapaaehtoisesti opiskellut sukellusonnettomuuksia laajasti	31
Kuvio 4. Jos arvioit teoreettista tietämystäsi sukellusfysiikasta ennen koulutusta, minkä arvosanan antaisit itsellesi	32
Kuvio 5. Jos arvioit teoreettista tietämystäsi sukellusfysiikasta koulutuksen jälkeen, minkä arvosanan antaisit itsellesi	32
Kuvio 6. Jos arvioit teoreettista tietämystäsi sukeltajantaudin oireista ja hoidosta ennen koulutusta, minkä arvosanan antaisit itsellesi	33
Kuvio 7. Jos arvioit teoreettista tietämystäsi sukeltajantaudin oireista ja hoidosta koulutuksen jälkeen, minkä arvosanan antaisit itsellesi	34
Kuvio 8. Jos arvioit teoreettista tietämystäsi barotraumoista ennen koulutusta, minkä arvosanan antaisit itsellesi	34
Kuvio 9. Jos arvioit teoreettista tietämystäsi barotraumoista koulutuksen jälkeen, minkä arvosanan antaisit itsellesi	35

Liitteet

Liite 1. Saatekirje.....	43
Liite 2. Kyselylomake	44
Liite 3. Koulutusmateriaali.....	46

Liite 1. Saatekirje

Hyvä vastaanottaja!

Olemme Laurean sairaanhoitaja AMK loppuvaiheen opiskelijoita ja tarkoituksenamme on valmistua syksyllä 2015. Olemme tehneet koulutuspaketin Keski-Uudenmaan pelastuslaitoksen ja HUS ensihoidon Hyvinkään operatiiviselle henkilökunnalle sukellus- ja savukaasuonnettomuuksista osana opinnäytetyötämme. Opinnäytetyön aihe on työelämälähtöinen ja sen valikoitumiseen ovat vaikuttaneet Hyvinkään ensihoidon vastuulääkäri ja Keski-Uudenmaan pelastuslaitoksen lääkintäesimiehet.

Osana opinnäytetyötämme arvioimme koulutusaiheen tarpeellisuutta, henkilöstön aikaisempia tietoja aiheesta ja sitä, kuinka olemme onnistuneet koulutuksessa. Aineisto kerätään tätä opinnäytetyötä varten kehitetyllä kyselylomakkeella. Vastaajiksi valikoituu satunnaistetusti noin 25% koulutuksen käyneistä.

Opinnäytetyömme ohjaajana toimii FT, yliopettaja Jorma Jokela (jorma.jokela@laurea.fi). Opinnäytetyömme työelämän ohjaajana toimii Keski-Uudenmaan pelastuslaitoksen ensihoidon kenttäjohtaja Janek Andersson (janek.andersson@ku-pelastus.fi).

Kyselylomakkeen täyttämiseen menee noin 10 min. Vastaaminen voi olla hyödyllistä ensihoidon jatkokoulutuksia suunniteltaessa. Vastaaminen on vapaaehtoista ja vastaajien henkilöllisyys säilyy tuntemattomana koko prosessin ajan. Kyselyt palautetaan suljetussa kirjekuoressa paloasemien ensihoitotoimistoissa oleviin palutuslaatikoihin.

Kiitos yhteistyöstä!

Ronnie Malin, 0451232593, ronnie.malin@ku-pelastus.fi

Tommi Penttilä, 0405036755, tommi.penttila@ku-pelastus.fi

Selvitys Keski-Uudenmaan pelastuslaitoksen ja HUS Hyvinkään ensihoidon henkilöstölle jotka ovat osallistuneet sukellus- ja paloakaasuonnettomuus koulutukseen.

Liite 2. Kyselylomake

Valitse vaihtoehdoista mielestäsi oikea tai kirjoita vastaus sille varattuun tilaan.

1. Ammattinimike

- Kenttäjohtaja
- Ensihoitaja (hoitotaso)
- Sairaankuljettaja (perustaso)
- Palomies-sairaankuljettaja

2. Työkokemus vuosina _____

3. Tutkintoon johtaneessa koulutuksessani on käsitelty sukellusonnettomuuksia laajasti

Täysin eri mieltä

Täysin samaa mieltä

1

2

3

4

5

4. Pakollisissa jatkokoulutuksissa on käsitelty sukellusonnettomuuksia laajasti

Täysin eri mieltä

Täysin samaa mieltä

1

2

3

4

5

5. Olen vapaaehtoisesti opiskellut sukellusonnettomuuksista laajasti

Täysin eri mieltä

Täysin samaa mieltä

1

2

3

4

5

6. Jos arvoit teoreettista tietämystäsi sukellusfysiikasta ennen koulutusta, minkä arvosanan antaisit itsellesi 1-5

1

2

3

4

5

- 7.** Jos arvioit teoreettista tietämystäsi sukellusfysiikasta koulutuksen jälkeen, minkä arvosanan antaisit itsellesi 1-5

1 2 3 4 5

- 8.** Jos arvioit teoreettista tietämystäsi sukeltajantaudin oireista ja hoidosta ennen koulutusta, minkä arvosanan antaisit itsellesi 1-5

1 2 3 4 5

- 9.** Jos arvioit teoreettista tietämystäsi sukeltajantaudin oireista ja hoidosta koulutuksen jälkeen, minkä arvosanan antaisit itsellesi 1-5

1 2 3 4 5

- 10.** Jos arvioit teoreettista tietämystäsi barotraumoista ennen koulutusta, minkä arvosanan antaisit itsellesi 1-5

1 2 3 4 5

- 11.** Jos arvioit teoreettista tietämystäsi barotraumoista koulutuksen jälkeen, minkä arvosanan antaisit itsellesi 1-5

1 2 3 4



HBO-hoidon indikaatiot ensihoidossa

Opinnäytetyö
Laurea, Hyvinkää
Hoitotyön koulutusohjelma
Ronnie Malin
Tommi Penttilä

KÄYTTÖ RAJOITETTU
Suojaustaso IV

JulkL (621/1999) 24.1 §:n JLK1 k
L (LK1/ LK2) LK3 §:n LK4 k

Koulutuksen tavoitteet

- Orientoitua sukellus fysiikkaan
- Oppia sukeltajantaudin patofysiologia, oireet ja hoito
- Barotraumojen tunnistus ja hoito
- Häkämyrkytyksen tunnistaminen ja hoito
- Tietää painekammiohoidon indikaatiot ensihoidon näkökulmasta

Sukellus fysiikan alkeet

- Helpottaa ymmärtämään mitä elimistössä tapahtuu paineen muuttuessa
- Antaa käsityksen kaasujen kliinisistä ominaisuuksista eri paineissa



Paine (P)

- Mittaa pinta-alaan (A) kohdistuvaa voimaa (F). $P=F/A$
- Merenpinnan tasolla ilmakehä painaa meitä n. 1 BAR paineella eli 1 atm (atmospheric pressure)
- ATA (atmosphere absolute) asteikko kuvaa kokonaispainetta joka muodostuu ilman ja veden yhteispaineesta

Selvyiden vuoksi puhumme vain ATAsta



Paine (P)

- Paine kasvaa 1 ilmakehän verran jokaista 10 metriä kohden vettä

ESIMERKKI:

- n.5500m korkeudessa on puolestaan $\frac{1}{2}$ ATA:n paine
- 0m syvyydessä on 1 ATA:n paine
- 10m syvyydessä on 2 ATA:n paine
- 20m syvyydessä on 3 ATA:n paine jne...



Boylen laki

- Neste on kokoonpuristumaton, mutta kaasujen tilavuus muuttuu paineen vaihtuessa.
- Boylen lain mukaan **paineen kasvaessa kaasun tilavuus pienenee** (puristuu kasaan) **ja päinvastoin.**
- Ongelmia voi tulla sukeltajalle/ lentäjälle silloin jos elimistön kaasut eivät pääse siirtymään vapaasti.

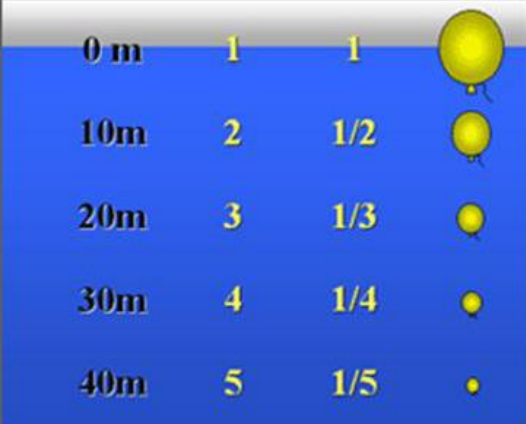


Boylen laki

Tilavuusvaihtelu on suurinta lähellä pintaa.

Painevauriot ovatkin mahdollisia uima-allas syvyyksissä.

Depth	ATM	Air Volume
0 m	1	1
10m	2	1/2
20m	3	1/3
30m	4	1/4
40m	5	1/5



KUVA:<http://www.idc-guide.com/wp-content/uploads/2015/01/boyles-law-air-pressure.jpg>



Daltonin laki

- Kaasuseoksen kokonaispaine on sen osakaasujen paineiden summa
- Elimistö reagoi osapaineisiin (kaasumolekyylien lukumäärään), ei tilavuuksiin tai prosenteihin

Ilma koostuu: 78% typpeä, 21% happea ja 1% muita kaasuja = $(0.78+0.21+0.01) \times 1\text{bar}$ (merenpinnan tasolla) = 1 bar



Daltonin laki

Mikä on O₂:n osapaine esimerkeissä

- Intuboitu potilas saa 100% O₂ (1.0 FiO₂) merenpinnantasolla

$$pO_2 = 1.0 \times 1 \text{ (ATA)} = 1.0 \text{ bar}$$

- Sukeltaja on 66m syvyydessä paineilmalla (0.21 FiO₂)

$$pO_2 = 0.21 \times 7.6 \text{ (ATA)} = 1.6 \text{ bar}$$

Teoriassa se vastaisi siis 160% hapen hengittämistä joka on toksisuuden raja



Henryn laki

- Kaasut liukenee nesteeseen
- Liukenevan kaasun määrä riippuu paineesta ja altistumisajasta
- Paineen laskiessa vapautuu liuenneet kaasut takaisin kaasumuotoon
- Kun kaasun osapaine on nesteessä sama, kuin alveolissa olevan kaasun puhutaan "saturaatiosta" jolloin kaasua ei enää liukene nesteeseen



Henryn laki

Esimerkkejä:

- Limupullossa oleva CO₂ on liuennut
- Jos pullon avaa: kaasua alkaa muodostumaan kunnes se vastaa huoneen osapainetta
- Jos pullon avaa nopeasti: kaasua vapautuu nesteeseen äkillisesti ja se kuohuu = sukeltajantauti



Sukeltajan kaasut, Typpi N₂

- Elimistö ei hyödynnä sitä, ei biologisia vaikutuksia normaalipaineessa = inerttikaasu
- Narkoottinen korkeissa osapaineissa
 - Paineilmalla jo >30m (> 4 ATA)
- Typpinarkoosi muistuttaa humalaa ja altistaa virhearvioinnille
 - Paineilmalla >90m (>10 ATA) lähes varmasti hallusinaatioita ja GCS↓ = hukkuminen



Sukeltajan kaasut, Happi O₂

- On aina välttämätön osa kaasuseosta

HYPOKSIA:

- Kaasu jonka pO₂ < 0.21 bar on hypoksinen kaasu
- pO₂ < 0.16 bar → levottomuus, huimaus
- pO₂ < 0.1 bar → GCS ↓ ad kuolema
 - Vastaa nopeaa nousua 5,5km korkeuteen ilman sopeutumista



Sukeltajan kaasut, Happi O₂

HYPEROKSIA

- O₂ on toksista suuressa osapaineessa
- pO₂ > 1.6 bar (vastaa sukellusta 66m paineilmalla) voi aiheuttaa:
 - Huimausta, lihas nykinää, näkökentän kaventumista, pahoinvointia, korvien soimista, kouristelua ja tajuttomuutta.
- Tajuttomuus/kouristelu voi tulla ilman ennakko-oireita → hukkuminen



Sukeltajan kaasut, Helium He

- Helium on toksista vasta yli 400m syvyydessä (>43 ATA paineessa)
- Syvissä tekniikkasukelluksissa typpi korvataan osittain (trmix) tai kokonaan (heliox) heliumilla jotta vältytään typpinarkoosilta
- Helium on ilmaa ohuempaa ja se on helpommin hengitettävää kovassa paineessa



Sukellustekniikat

Virkistyssukellus

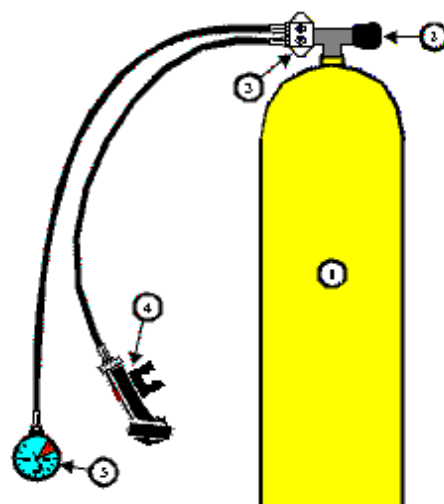
- Sukellussyvyys ei ylitä 30m (-40m)
- Suoranousu pintaan on mahdollista koska vain ilman suurta riskiä sukeltajantaudista
- Kaasuna yleensä ilma, joskus happirikastettu ilma (nitrox), etuna typen kertymisen minimointi ja sukeltajantauti riskin minimointi



Sukellustekniikat

- Tyypillisesti laitesukelluksessa käytetty avoimen kierron laite

Open-circuit Scuba



KUVA: <http://www.bishopmuseum.org/research/treks/palautz97/oc.gif>

(1) Gas Supply Cylinder (4) Second-Stage Regulator
(2) On/Off Valve (5) Pressure Gauge
(3) First-Stage Regulator



Sukellustekniikat

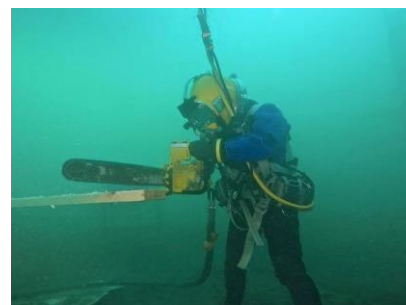
Tekniikkasukellus

- Sukelletaan yli 30m syvyyteen tai suora pintautuminen ei mahdollista esim. jään alla, luolassa tai hyllyssä.

Pintailmasukellus

- Kypäräsukelluksia jota käytetään lähinnä työ sukelluksissa

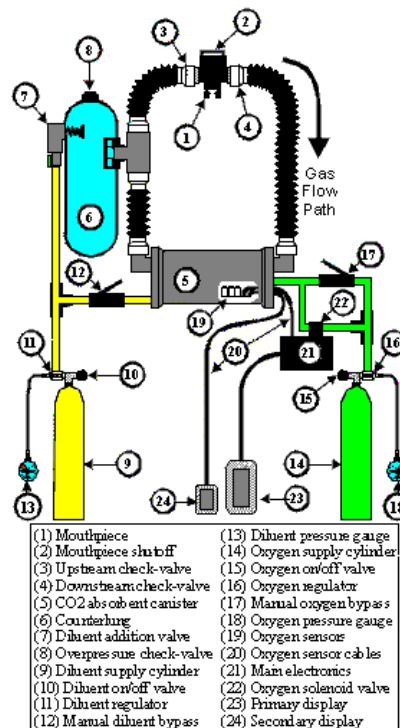
KUVA: http://www.divesafe.com/sites/default/files/imagecache/Gallery_Photo/chain%20saw.jpg



Sukellustekniikat

- Tekniikkasukelluksissa käytetty suljetun kierron laite
- Käytössä useita kaasuja joita laite sekoittaa tarpeen mukaan
- Uloshengityksen CO₂ imeytetään kalkkiin ja uudelleen hengitetään

Closed-Circuit Rebreather



Sukeltajantauti, DCS

- DCS = **D**ecompression **s**ickness eli dekompressiotauti = alipainetauti
- DCS = Jos kudoksiin liuenneiden inerttien kaasujen (pääasiassa N₂) määrä ylittää niiden poistumisnopeuden keuhkojen kautta syntyy verenkiertoon kuplia eli dekompressiotauti

Sukeltajantauti, DCS

- Tyypillisimmin DCS liitetään liian nopeaan nousuun laitesukelluksissa
 - Laiminlyöty sukellustaulukkoa eikä ole pidetty etappipysähdyksiä tai toistuvia sukelluksia liian tiuhaan jolloin edellisen sukelluksen kaasukuormaa elimistössä
- Yksilöllinen ja päiväkohtainen vaihtelu on mahdollista, 80% DCS potilaista on noudattanut sukellustietokonetta ja sairastunut silti



Sukeltajantauti, DCS

Patofysiologiaa

- Perfuusiohäiriöitä kuplien aiheuttamien mekaanisen esteen takia
- Trombosyyttien aggregaatio kuplien pinnalle aktivoiden myös hyytymisjärjestelmää muualla kehossa
- Kudosvaurioita kuplien venyttäessä kudoksia ja rikkoessa kapillaarisuonia -> turvotuksia , verivolyyymi ↓



Sukeltajantauti, DCS

Altistavia tekijöitä

- **Kylmyys** (hidastunut periferinen verenkierto)
- **Kuivuminen** (vedessä oleminen kiihdyttää diureesia, ns. immersio diureesi)
- **Ylipaino** (rasvassa hidas verenkierto, etapit eivät riitä)
- **Fyysinen rasitus, ikä, alko, sairaudet**
 - *foramen ovale* on synnynnäinen reikä eteisten välillä n.20% väestöstä. Kuplat eivät jää tällöin keuhkojen haaviin vaan ohjautuu aivoihin ja koronaareihin



Sukeltajantauti, DCS

Oireet

- Poikkeuksellinen väsymys kaikilla

Jaetaan 2 luokkaan oireiden pohjalta

- **1-tyyppi** /lievä
 - Nivelkivut, laikut ja kutina iholla
- **2-tyyppi** / vaikea
 - Keskushermosto ja muut vaikeat oireet



Sukeltajantauti, DCS



- Yleensä torson alueella paikantuvia läikkiä

KUVA: http://www.sssnetwork.com/wp-content/uploads/2014/11/SAM_0009.jpg



Sukeltajantauti, DCS

1-tyyppi / lievä

- Tunnetaan nimellä "bends" eli taipua joka kuvaa potilaiden tapaa liikkua nivelkipujen takia
- Tavallisesti kuormitetuissa nivelissä eli lonkka- ja olkanivelissä, mahdollisesti pienemmissäkin nivelissä ja selässä



Sukeltajantauti, DCS

2-tyyppi / vaikea

- Hengitysvaikeudet "chokes" ovat seuraus laskimopuolen obstruktiosta
 - SpO₂ ↓ , pöhö ad kardiogeeninen shokki
- Osa kuplista läpäisee keuhkot shunttien tai foramen ovalen kautta päästen arteriapuolelle.
 - Tukoksia koronaareihin, aivovaltimoihin ja vaurioita selkäyttimeen



Sukeltajantauti, DCS

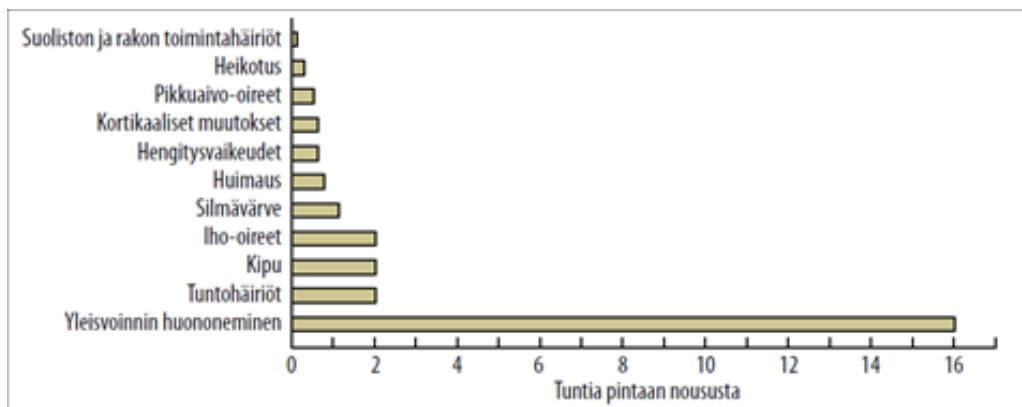
2-tyyppi / vaikea

- Neurologisista oireista motoriset ja sensoriset spinaalioireet yleisimpiä
- Aivoperäisistä oireista tajunnan, näön ja kuulo/tasapainoelinten häiriöt

Mitä nopeammin oireet alkavat
pintautumisesta, sitä vaikeampi DCS



Sukeltajantauti, DCS



Oireiden ja löydösten ilmaantuminen tunneissa pintaan noususta



kuva: <http://www.terveysportti.fi/xmedia/duo/duo98634b.png>

Sukeltajantauti, DCS

Lentäjän DCS

- Harvinaisia siviili-ilmailussa
- Taustalla yleensä paineistuksen pettäminen jolloin altistutaan äkilliselle paineen alennukselle.
- Ilmaantumisaika DCS:lle:
 - 60min 9700m korkeudessa
 - 30min 10600m korkeudessa
 - Minuutteja 12200m korkeudessa



Sukeltajantauti, DCS

- Käytännössä siviilikone tuodaan välittömästi alas paineistuksen pettäessä eikä oireita kerkeä kehittymään.
- Oireet korjautuvat usein paineen jälleen kasvaessa ATA1 tasolle.
- Joillakin oireet vasta tuntien päästä
- Lieväoireisempia vs. sukeltajat
- n.10% tarvitsee painekammiohoitoa



Sukeltajantauti, DCS

DCS KUP-alueella?

- Lentokenttä: kyseessä yleensä liian aikainen lento laitesukelluksen jälkeen. (Lentokielto min. 24h)
- Myöhemmin ilmenevät tai pahenevat oireet laitesukeltajilla
- Vaikea sukeltajantauti alueemme vesistöissä tai puhtaasti lentäjän-DCS ovat epätodennäköisiä



Sukeltajantauti, DCS

HOITON HAKEUTUMINEN

- Usein hoitoon hakeutuminen viivästyy, kun ei uskota DCS:n olevan mahdollista
- Sukeltajat hakeutuvat tyypillisesti itsenäisesti hoitoon ilman ensihoidon panosta
- Hoitoon mukaan sukellustietokone ja päiväkirja josta selviää anamneesi!



Sukeltajantauti, DCS

ENSIHOITO

- Tyyppi 1 (iho-, nivel/lihasoireita)
 - 100% happi (nopeuttaa typen poistumista)
 - Nesteytys 500ml/30min p.o tai i.v
 - Makuuasento (verenkierto jakaantuu tasaisesti = tyyppi poistuu nopeammin)
 - Käypähoitona painekammiohoito, konsultoi EH-lääkärinä tai TYKS-tehoa
 - Jos lieviä oireita jo pitkään niin kuljetus omaan sairaalaan josta ohjelmoidaan jatkohoidot / kuljetukset.



Sukeltajantauti, DCS

ENSI HOITO

- TYYPPI-2 (vaikeat oireet)
 - ABCD, EKG
 - 100% happi
 - RAC 10ml/kg ensimmäiseen 30min
 - Makuuasento
 - EH-lääkärin konsultaatio hoitolinjasta
 - Vasoaktiivinenlääkitys tavittaessa
 - CPAP hoitoon varautuminen
 - Pneumo- ja tensiopneumothx mahdollisia



Sukeltajantauti, DCS

...JATKUU

- Mikäli potilas intuboidaan niin cuffiin NaCl 0,9 (neste ei puristu painekammiossa)
- Nopea kuljetus TYKS:n teholle jossa 24/7 painekammio
- Helikopterilla mikäli matka >2h
- Heparini,ASA yms. Adjuvantti-hoidoista ei osoitettua hyötyä



Ylipainehappihoito, HBOT



TYKS:n painekammio

KUVA: http://www.finnanest.fi/files/valtonen_ylipainehappihoidon_laaketieteellinen_kaytt.pdf



Ylipainehappihoito, HBOT



PV, Upinniemen painekammio

KUVA: Ronnie Malin



Ylipainehappihoito, HBOT

Hyperbaric Oxygen Therapy, HBOT

- Komprimoi kuplat pieniksi ja liuottaa ne takaisin nesteisiin (tukokset aukeaa)
- 10-13 kertaistaa kudosten happiosapaineen
- Nopeuttaa typen/heliumin/hään poistumista
- Käyttökelpoista myös tietyissä infektioissa ja meluvammoissa

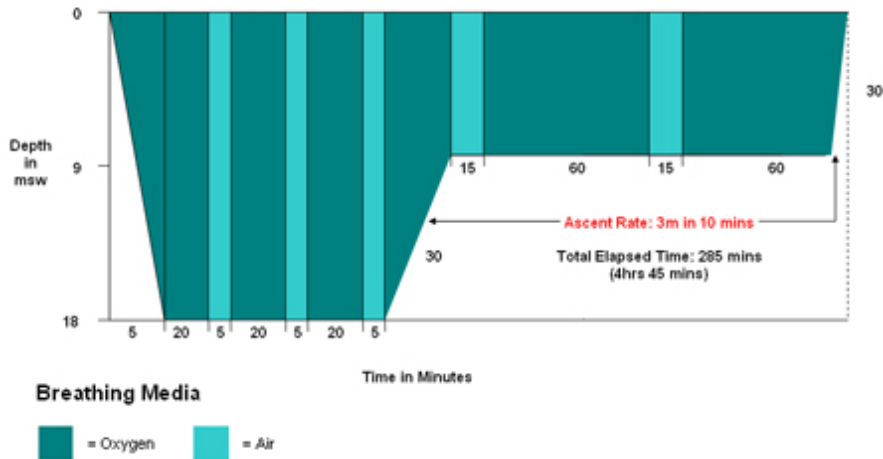


Ylipainehappihoito, HBOT

- Hoito kannattaa lieviinkin oireisiin tuntien jopa päivien päästä
 - Myöhemmin vaikutus perustuu kudosiskemian parantamiseen, ei kupliin.
- DCS:n hoito on yleensä n.4,5h:n mittainen rekompresio "18m syvyyteen"
 - HBO-hoitoja jatketaan päivittäin kunnes potilas oireeton tai hoidoilla ei enää saada vastetta oireisiin.



Ylipainehappihoito, HBOT



U.S Navy 6 hoitotaulukko DCS hoitoon

- Potilas hengittää 100% O₂ , ajoittain pidetään ilmataukoja O₂ myrkytyksen estämiseksi

Barotraumat

- Painevammat eli barotraumat (BT) syntyvät, kun kaasut eivät pääse liikkumaan vapaasti niiden laajentuessa tai puristuessa kasaan.
- Keuhkorepeämät vaarallisimpia, mutta vaarattomammat KNK (korva/nenä/kurkku) ongelmat hyvin tavallisia sukeltajilla

Barotraumat, Keuhkorepeämä

- Mahdollisia aina jos on hengitetty paineistettua ilmaa veden alla ja uloshengitystä pidätetään noustessa
 - Laitesukellus
 - Uponnut auto
 - Suusta-suuhun esim. uimahallissa
- Mahdollista saada jo 1m syvyydessä



Barotraumat, Keuhkorepeämä

Mahdollisia seurauksia riippuen mistä kohtaa keuhko repeää:

- Pneumothorax
 - Hoito kuten normaali pneumothoraxissa
- Mediastinaaliemfyseema
 - Ilmaa välikarsinassa. Oireet: Kaula paksuuntuu, ihon krepitaatio, RIKI/HEVA. Ei hengenvaarallista -> HBOT tai seuranta
- Ilmaembolia, AGE (arteria gaseous embol)



Barotraumat, Ilmaembolia AGE

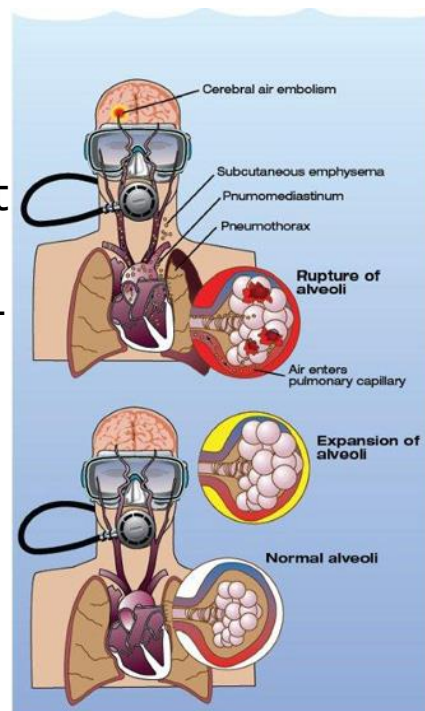
Keuhkorepeämän vaarallisin ja yleisin muoto.

- Alveolien repeytymisen seurauksena ilmaa pääsee keuhkolaskimoiden kautta isoon verenkiertoon
- Kuplat aivoihin ja sepelvaltimoihin aiheuttaen aivo-sydäninfarktin



Barotraumat, Ilmaembolia AGE

- Boylen lain mukaan:
Esim. 20m syvyydessä sukeltaja täydet keuhkot n. 6L sisältävät kasaan puristunutta ilmaa n.18L



KUVA:http://www.danintranet.org/media/adimg/5275_m.jpg



Barotraumat, Ilmaembolia AGE

OIREET

- Oireet alkavat heti pintauduttua
 - Yleensä ensioireena tajuttomuus
 - Jos tajuissaan: shokki, veriyskös, HEVA
- Tyypillisesti johtaa kuolemaan kaikista hoidoista huolimatta, kun aivovaltimot täyttyvät ilmalla
 - Välitön HBOT on pelastavahoito, mutta käytännössä mahdotonta siviilipuolella



Barotraumat, KNK

- Alaspäin mentäessä ilmaonteloihin syntyy alipaine ja ne ovatkin ylipainevammoja yleisempiä.
- Imuvaikutus johtaa kudoksen turvotukseen ja verenvuotoihin.
 - Yleisin: Välikorvan paineentasaus ei esim. flunssan takia onnistu. OIREET:
 - Tinnitus / kuulon alenema
 - Kipu
 - Mahdollinen tärykalvon repeämä -> vettä korvaan -> nystagmus / huimaus



Barotraumat, KNK

...MUITA

- Sivuontelon BT
 - Kipua, nenäverenvuotoa
- Huonosti paikattujen hampaiden hajoaminen (ilmaa paikan alla)
- Varuste ongelma. Esim. maskin sisällä olevaa painetta ei tasata -> silmien verenpurkaus



YHTEYSTIEDOT HBO-hoitoon

- TYKS, 24h
 - Ainut jossa tehohoito valmius. p.(02) 313 1950
- Terveystalo Tampere, 24h (2h varallaolo)
 - Lievät tyypin-1 DCS. p.050 465 6302
- Sotilaslääketieteen keskus, Upinniemi.
Virka-aikana (varauksin). , p.0299 576151
 - 20.10.2015: Neuvottelut HUS:n kanssa käynnissä laajemmasta päivystysvalmiudesta. Nyt palvelee varauksin tyypin-1 DCS tapauksissa myös siviilipuolta.



Häkämyrkytys

Häkä

- Hajuton, mauton, väritön ja ilmaa kevyempi kaasu.
- yleisin kaasumyrkytysten aiheuttaja.
- Korkeilla pitoisuuksilla johtaa nopeasti verenkiertolamaan ja kuolemaan.

Patofysiologiaa

- Pitoisuus ilmakehässä 0,001%,
- Myrkytysoireita 0,01% pitoisuuksissa
- Kuolema 0,2% pitoisuuksissa
- Sitoutuu hemoglobiiniin happea helpommin
- Estää hapen luovuttamista kudoksiin
- Sitoutuu myös suoraan elimistöön eli CoHb ei kerro kaikkea! Huomioi myös kliininen tila!



Altistuminen

- Pakokaasuitsemurhat
- Tulipalot
- Puulämmitys
- Suljetun tilan polttomoottorikäyttö
- Huomioi puulämmitteisen suljetun tilan epäselvä tajuttomuus. CO2 hälytin helpottaa!!



Oireet

- Päänsärky
- Väsymys
- Pahoinvointi
- Näköhäiriöt



Oireet

- Huimaus
- Tajunnantason lasku
- Hyperventilaatio
- Takykardia
- !!Klassisena pidetty kirsikanpunainen iho on todellisuudessa harvinainen!!



Oireiden ilmeneminen

- 10-20% CO-Hb pitoisuuksilla oireita Sydän-keuhkosairailta
- 20-40% lievät oireet
- 40-50% vakavat oireet, tajuttomuus
- 60% kuolema



Hoito

- Normaali ABCDE
- Tajuttomalle ilmatienvarmistus
- Happihoito
- Paineammio



Happihoito

- 100% hapen antaminen nopeuttaa karboksihemoglobiinin puoliintumisaikaa n. 5 tunnista 50 minuuttin.
- O₂ aloitetaan mikäli CO-hb > 10-15%
- Hoitoa jatketaan sairaalassa tunteja.



Painekammio

- Painekammiohoidon hyödyllisyydestä on esitetty eriäviäkin mielipiteitä. Nykytiedon mukaisesti kuitenkin vaikeissa häikämyrkytyksissä nopeasti aloitetulla painekammiohoidolla voidaan vähentää neurologisia vaurioita.



Milloin kammioon

- Potilas on tai on ollut tajuton
- Päässäryn lisäksi muita neurologisia oireita
- Vaikeita kardio-vaskulaarisia oireita
- CO-Hb >40% vaikkei olisi muita oireita
- Raskaanaolevalla CO-Hb >20%



Kontraindikaatiot

- Absoluuttinen: Hoitamaton ilmarinta
- Relatiivisia, eli operaattori päättää tapauskohtaisesti:
ylähengitystieinfektiot, COPD-
emfyseema, kuumeilu, tietyt thx- ja
korvaleikkaukset,
kouristeluherkkyys,
ahtaanpaikankammo ja muutamat
lääkitykset.

