



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
SOSIAALI-, TERVEYS- JA LIIKUNTA-ALA

LAITESUKELLUSONNETTOMUUKSIEN SAIRAALAN ULKOPUOLINEN ENSIHOITO

Luento-aineisto ja muistivihko laitesukellusonnettomuuksien
ensihoitoon Pohjois-Savon pelastuslaitokselle

TEKIJÄT: Sami Hanhikoski
Hannu Kostilainen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	TARKOITUS JA TAVOITE.....	7
3	LAITESUKELLUS	8
4	SUKELLUSFYSIikka.....	9
4.1	Boylen laki.....	10
4.2	Daltonin laki	11
4.3	Henryn laki	11
5	ANATOMIA JA FYSILOGIA.....	13
5.1	Pään eri ontelot ja niiden merkitys	13
5.2	Keuhkojen rakenne ja rintaontelo.....	15
5.3	Kaasujen vaihtuminen ja merkitys ihmiskehossa	16
5.4	Iso ja pieni verenkierto.....	18
6	LAITESUKELLUSONNETTOMUUEDET	19
6.1	Sukeltajantauti eli dekompressiotauti (DCS).....	19
6.2	Happimyrkytys.....	21
6.3	Häkämyrkytys.....	22
6.4	Keuhkorepeämä ja ilmarinta	23
6.5	Valtimokaasuembolisaatio eli ilmakuplaveritulppa (AGE)	25
6.6	Barotraumat eli painevammat	26
6.7	Hukkuminen	28
7	LAITESUKELLUSONNETTOMUUKSIEN ENSIHOITO JA HOITOPAIKAN VALINTA.....	29
7.1	Sukellusonnettomuuksien hoidon yleiset periaatteet.....	29
7.2	Sukeltajantaudin (DCS) ja valtimokaasuembolisaation (AGE) hoito	31
7.3	Keuhkorepeämän ja ilmarinnan hoito	34
7.4	Happimyrkytyksen hoito	34
7.5	Häkämyrkytyksen hoito	35
7.6	Kouristelun hoito.....	36
7.7	Hukkununeen ja elottoman hoito	36
8	TIEDON KERÄÄMINEN JA OPINNÄYTETYÖN PROSESSI	38
9	LUENTO-AINEISTO JA MUISTIVIHKO	40
10	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	42
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT.....	45
	LIITE 1: KIRJALLISUUSKATSAUS.....	49
	LIITE 2: YLIPAINEHAPPIHOITOA TARJOAVAT LAITOKSET JA TOIMIJA T	52
	LIITE 3: LUENTO-AINEISTO	53
	LIITE 4: MUISTIVIHKO.....	58

Koulutusala Sosiaali-, terveys- ja liikunta-ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Ensihoidon koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Sami Hanhikoski & Hannu Kostilainen	
Työn nimi Laitesukellusonnettomuuksien sairaalan ulkopuolinen ensihoito	
Päiväys	12.04.2018
Sivumäärä/Liitteet	59/4
Ohjaaja(t) Jussi Vainionperä	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Pohjois-Savon pelastuslaitos/Jukka Hartikainen	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyössä tuotettiin selkeä ja johdonmukainen luento-aineisto laitesukellusonnettomuuksista ja muistivihko näissä tilanteissa toimimiseksi luento-aineiston pohjalta. Opinnäytetyön tilaajana oli Pohjois-Savon pelastuslaitos, jolla oli selkeä tarve luento-aineistolle ja muistivihkolle. Kotimainen ensihoito-alan kirjallisuus käsittelee hyvin vähän sukellusonnettomuuksia ja niiden hoitoa. Tuottamalla uutta ohjeistusta ja opastusta näissä tilanteissa toimimiseksi helpotetaan ensihoitohenkilöstön käytännön toimintaa kentällä, jota ohjaavat hoitohenkilökunnan ja potilaan turvallisuus, käytännön hoidon tehostaminen tai laadun parantaminen. Työ toteutettiin toiminnallisena opinnäytetyönä, jonka tarkoituksena oli lisätä tietoa ensihoidon ja pelastuksen henkilöstölle laitesukellusonnettomuuksista ja selkeyttää niiden syntyä, oireistoa ja ensihoitoa. Valmiin koulutusmateriaalin tavoitteena on lisätä ensihoitajien sekä muiden pelastusviranomaisten valmiutta toimia laitesukellukseen liittyvissä ongelma- ja vaaratilanteissa, sekä erilaisten laitesukellusonnettomuuksien yhteydessä ilmenevien vammojen ja oireiden hoidossa.</p> <p>Lopputuloksena opinnäytetyöstä oli seuraavanlainen: Aiheeseen perehtyneinä voimme todeta, että tällä hetkellä laitesukelluksen yhteydessä ilmenevät ongelmat vaativat vielä lisää tutkimustietoa, jotta moniulotteinen ilmiö voidaan entistä paremmin ymmärtää. Näyttöön perustuvia ensihoidon hoitolinjauksia onnettomuuksien suhteen onkin hyvin vaikea tehdä ja nykyisetkin ohjeistukset perustuvat pitkälti oletuksiin. Suurin ongelma lienee ongelmien ja hoitojen vasteen tutkiminen oikeilla potilailla, sillä eettiset kysymykset ja linjaukset hankaloittavat tämän tyyppisten tutkimusten tekoa nykypäivänä. Aihepiiristä tehdään kuitenkin koko ajan uusia tutkimuksia ja toivottavasti tulevaisuudessa pystymme paremmin ymmärtämään onnettomuuksien syntyä ja niiden hoitoa.</p> <p>Tätä opinnäytetyötä pystytään jatkossa hyödyntämään tehtäessä uusia linjauksia laitesukellusonnettomuuksien ensihoidosta, sillä se sisältää tämän hetkiset viimeisimmät saatavissa olevat tiedot erityisesti sukeltajantaudin patofysiologiasta, kuin myös muista onnettomuuksiin johtavista syistä ja hoidosta.</p> <p>Opinnäytetyön tekijöiden osalta kiinnostus aiheeseen heräsi niin omasta työelämän tehtäväkuvasta, kuin myös aiheen haasteellisuudesta. Myös aiempien opinnäytetöiden vähäisyys aiheesta herätti osaltaan innostusta työn tekemiseksi. Jatkotutkimuksia tai kehittämisaiheita tuleville opinnäytetyön tekijöille voisivat olla tässä opinnäytetyössä annettujen tietojen päivittäminen ajantasaiseksi tai valtakunnallisen ohjeen tuottaminen yhdessä ensihoidon vastuulääkärien kanssa.</p>	
Avainsanat Laitesukellus, sukellusonnettomuus, ensihoito, sukeltajantauti, sukellussairaus	

Field of Study Social Services, Health and Sports			
Degree Programme Degree Programme in Emergency Care			
Author(s) Sami Hanhikoski & Hannu Kostilainen			
Title of Thesis Scuba diving accidents and first aid outside the hospital			
Date	12.04.2018	Pages/Appendices	59/4
Supervisor(s) Jussi Vainionperä			
Client Organization/Partners Northern Savo rescue department/Jukka Hartikainen			
<p>Abstract</p> <p>The thesis produced a clear and logical lecture material about scuba diving accidents and a notebook from the lecture material to ensure that correct actions are taken in these situations. The subscriber of our thesis is the Northern Savo rescue department, who have a clear need for this type of lecture material and notebook. Domestic literature in the field of emergency care deals very little with diving accidents and their treatment. By providing new instructions and guidance in these situations, it eases the practical operation of emergency care personnel in the field, guided by the safety of the nursing staff and the patient, the effective treatment or improvement of quality. This thesis was carried out as a functional thesis and designed to add information about scuba diving accidents and clarify the origin of scuba diving accidents, resulting symptoms and first aid to paramedics and firefighters. The goal of the finished lecture material is to upgrade paramedics' and other rescue authorities' preparedness to act in scuba diving-related problems and incidents, as well as different types of trauma and scuba diving-related symptom treatment.</p> <p>The final outcome from the thesis was as follows: Now having familiarized ourselves with the subject we can state that at this moment problems that occur during scuba diving needs more researched data, so that the multidimensional phenomenon can be better understood. Fully correct treatment guidelines in emergency care for these kinds of accidents are very hard to make and the current treatment guidelines are mainly based on a hypothesis. The biggest challenge might be the research of responses to the treatment with real human patients as ethical questions and policies in today's society restrict these kinds of examinations. Nevertheless new researches are done all the time about the subject matter and hopefully in the future we can better understand the origin and treatment of these accidents.</p> <p>In the future this thesis can be used for creating new policies on first aid of scuba diving accidents, as it holds the latest available information about decompression sickness pathophysiology as well as information about the causes of these accidents and the treatment of the resulting symptoms.</p> <p>The authors' interest in the topic of this thesis arose from both the task of working life itself and the challenge of the subject. The lack of previous theses on this topic also attracted interest in this thesis. Future research or development topics for the bachelor's thesis could be updating the information provided in this thesis or the production of a national guideline with senior emergency care physicians.</p>			
Keywords Scuba diving, diving accidents, first aid, decompression sickness, decompression illness			

1 JOHDANTO

Tilastojen mukaan Suomessa tapahtuu vuosittain 0–5 kuolemaan johtavaa sukellusonnettomuutta. (Jama 2008, 17; Kuisma, Holmström, Nurmi, Porthan & Taskinen 2015, 598.) Lopullista onnettomuuksien määrää on vaikea arvioida ensihoidon kannalta, sillä pienimmät onnettomuudet eivät yleensä päädy ensihoito-tehtäväksi asti. Tämä johtuu todennäköisesti sukeltajien omasta hyvästä ammattitaidosta toimia näissä tilanteissa. Lievissä oireissa kokeneet sukeltajat hakeutuvatkin herkästi lääkärin vastaanotolle. Tästä huolimatta sukeltajantaudin saa Suomessa noin 20–40 sukeltajaa vuodessa. (Jama 2008, 17; Kuisma ym. 2015, 598.) Ensihoitoa näissä tilanteissa oletettavasti tarvitaan vakavammissa tapauksissa, joissa sukeltajien oma ammattitaito ei riitä oireiden tai vamman hoitoon.

Käsitteellä ”sukellusonnettomuus” voidaan tarkoittaa monia asioita. Tavallisesti sillä tarkoitetaan sukeltajantaudin eri ilmenemismuotoja tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta veden alla. Käsite pitää sisällään myös lievemmat laitesukeltajan veden alla kohtaamat ongelmat, kuten esimerkiksi korvien tai nenän onteloiden painevauriot. (Jama 2008, 32.) Pääasiallisesti onnettomuudet kuitenkin aiheutuvat muista, kuin lääketieteellisistä syistä. Sukellusonnettomuus tapahtuuakin yleensä vallitsevista olosuhteista tai sukeltajasta itsestään johtuvista syistä. Prosentuaalisesti jopa 80 % sukellusonnettomuuksista on niin sanottu ”inhimillinen tekijä” taustalla vaikuttamassa onnettomuuden syntyyn. Harvinaisempina vaikuttajana onnettomuuksien synnyssä ovat puhtaat laiteviat. Sukellusonnettomuudessa sukeltajalle syntyy elimistön vaurioita tai oireita joko välittömästi tai viiveellä, joiden seurauksesta sukeltaja voi menettää pahimmillaan henkensä. (Suvilehto & Räisänen-Sokolowski 2016.)

Ensihoitoa on äkillisesti sairastuneen tai loukkaantuneen potilaan kiireellisen hoidon antaminen ja tarvittaessa potilaan kuljettaminen sairaalaan. Ensihoitopalvelu ja siihen liittyvä sairaanhoito ovat osa terveydenhuoltoa ja sen päivystystoimintaa. (Kuisma ym. 2015, 15; Sosiaali- ja terveysministeriö 2017.) Näin ollen ensihoidon tehtävänä voidaan ajatella lähtökohtaisesti olevan äkillisesti sairastuneiden tai vammautuneiden potilaiden hoito niin, että he selviävät hengissä sairaalaan asti (Kuisma ym. 2015, 512). Ensiavusta ensihoito erottuu sen suorittajien saaman koulutuksen ja käytettävissä olevien hoitovälineiden osalta. Ensihoito on myös osa lääkinnällistä pelastustoimintaa. Sukellusonnettomuuksien hoito on osa sairaalaan ulkopuolella tapahtuvaa ensihoitoa, mikäli sukeltaja ei hakeudu omatoimisesti sairaalaan.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään laitesukellusonnettomuuksia sekä sitä, kuinka sukeltaminen vaikuttaa ihmiseen ja elintoimintoihin, mitä ongelmia laitesukeltaja veden alla voi kohdata ja kuinka niitä tulisi ensihoidossa hoitaa. Anatomiaa ja fysiologiaa käsitellään niiltä osin, mitä lukijan tulisi tietää laitesukellusonnettomuuksien syntymekanismien ymmärtämiseksi. Tuottamamme teksti pohjautuu ensihoito- ja sukellusalan kirjallisuudesta saatuun tietoon, lehtiartikkeleiden sekä ulkomaisten tutkimusten johtopäätöksiin ja tiivistelmiin aiheesta. Kirjallisuuden pohjalta tuotetaan lukijalle mahdollisimman luotettavaa tietoa aiheesta, jota voidaan hyödyntää jatkossa koulutettaessa

ensihoito- sekä pelastusviranomaisia. Ammattilaisten käyttöön tuotetut tiedot ja ohjeistukset sukeltamiseen liittyvistä ongelmakohdista, sekä sukellusonnettomuuksien hoidosta, parantavat viranomaisten välistä yhteistyötä ja potilaan hoitoa. Riittävällä tiedonannolla eli oppimismateriaaleja tarjoamalla, koulutuksia pitämällä, luennoimalla ja toimintaohjeita tarjoamalla voidaan mahdollisesti pelastaa ihmishenkiä tositilanteen sattuessa. Ensihoito-alan kirjallisuus käsitteleeekin hyvin vähän sukellusonnettomuuksia ja niiden hoitoa. Tuottamamme luento-aineisto ja muistivihko pystyvät tarjoamaan ensihoidon kentälle lisää arvokasta tietoa sukellusonnettomuuksissa toimimiseksi ja antamaan lisää tietoa sekä erityisesti ymmärrystä sukellusonnettomuuksien syntymekanismeista sekä mahdollisista hoitopaikoista.

2 TARKOITUS JA TAVOITE

Opinnäytetyön tilaajana on Pohjois-Savon pelastuslaitos. Pohjois-Savon pelastuslaitoksella suoritettavassa ensihoidossa noudatetaan Terveysportin ensihoito-opasta. Sukellusonnettomuuksien ensihoidosta kyseisessä oppaassa on linjattu näin: Potilaalle aloitetaan 100 % hapen anto, järjestetään kuljetus ylipainekammiohoitoon ja epäselvissä tilanteissa pyydetään hoito-ohjetta ensihoitolääkäriltä. Muut oireet ja komplikaatiot, kuten paineilmarinta, hypotermia, kouristelu, tajuttomuus tai elottomuus, hoidetaan ensihoito-oppaan hoito-ohjeen mukaisesti. (Metsävainio 2017.)

Tämän työn tarkoituksena on tuottaa selkeä ja johdonmukainen luento-aineisto laitesukellusonnettomuuksista ja muistivihko näissä tilanteissa toimimiseksi. Työ on toteutettu toiminnallisena opinnäytetyönä ja sen tavoitteena on selkeyttää ensihoidon ja pelastuksen henkilöstölle laitesukellusonnettomuuksia, niiden syntyä, oireistoa ja ensihoitoa. Toiminnallinen opinnäytetyö tavoittelee ammatillisessa kentässä käytännön toiminnan ohjeistamista, opastamista, toiminnan järjestämistä tai järjeistämistä (Vilka ja Airaksinen 2004, 9). Käytännössä tämä tarkoittaa ammatilliseen käytäntöön suunnattua ohjetta tai opastusta, joka tässä opinnäytetyössä on tuotettu luento-aineisto ja muistivihko. Lyhyesti sanottuna tarkoituksena on tuottaa tiivistettyä tietoa aiheesta muille hyötykäyttöön. Ensihoidon työpaikkakoulutuksia pelastuslaitoksella järjestetään työntekijöille työvuorojen lomassa sekä erikseen määriteltynä koulutuspäivinä, joita on Pohjois-Savon pelastuslaitoksella vuosittain 1–3 kappaletta. Sukellusonnettomuuksien ensihoito on harvoin aiheena koulutuksissa johtuen niiden vähäisestä määrästä ensihoito- ja pelastustyössä.

Valmiin koulutusmateriaalin tavoitteena on lisätä ensihoitajien sekä muiden pelastusviranomaisten tietoisuutta laitesukellukseen liittyvistä ongelmista ja vaaratilanteista, sekä erilaisten sukellusonnettomuuksien yhteydessä ilmenevien vammojen ja oireiden hoidosta. Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoite ei ollut kuitenkaan käsitellä kaikkia sukellusonnettomuustyyppisiä, vaan lähtökohtana ongelmien valintaan käytettiin ajatusta ensihoidon perustehtävästä sekä tilastotietoa vuosittaisista sukellusonnettomuuksien määrästä ja niissä ilmenneistä ongelmista. Myös omia ajatuksia mahdollisista pelastus- ja viranomaissukellusten yhteydessä tapahtuvista odottamattomista tilanteista käytettiin tukena käsiteltyjen onnettomuustapausten valinnassa.

3 LAITESUKELLUS

Yleisesti laitesukeltamisella tarkoitetaan veden alla sukeltamista siihen soveltuvan hengityslaitteen avulla. Hengityslaitte koostuu useammasta osasta, joista mainittavia ovat paineilmapullot, letkusto, paineenalentaja ja hengityskaasun annostelija. Hengityslaitte sisältää paineilmaa tai muuta sukellukseen soveltuvaa hengityskaasua. Käytettävän kaasun valintaan vaikuttaa sukeltajan koulutustaso ja sukellussyvyys. Laitesukeltaminen voidaan jakaa useampaan eri alalajiin, kuten esimerkiksi virkistyssukeltamiseen ja niin edelleen. (Vikman 2007, 3 & 161.)

Laitesukeltamisessa käytetään yleisesti kolmea eri kaasua; paineilmaa, nitroxia ja trimixiä. Paineilma on normaalia hengitysilmaa, joka on paineistettu paineilmapulloon. Paineilmaa käytetään usein virkistyssukelluksilla alle 30 metriin, sekä pelastus- ja viranomaisukelluksessa. Nitrox on lisääntynyt pelastusviranomaisten käytössä ja sitä käytetään myös harrastussukelluksilla, jotka vaativat pidemmän alttiinaolo-ajan. Nitroxissa happea lisätään paineilmaan, jolloin typen prosentuaalinen määrä hengityskaasussa pienenee. Paineilmapullot merkitään yksinkertaisella merkinnällä, jos niissä on muuta kuin paineilmaa. Esimerkiksi EAN32-merkintä (enriched air nitrox) paineilmapullossa tarkoittaa, että kaasuseoksessa on 32 % happea. Trimix on kolmen kaasun seos, jossa normaaliin ilmaan on lisätty tietyssä suhteessa happea ja heliumia. Esimerkiksi trimix 20/30 tarkoittaa seosta, jossa on 20 % happea, 30 % heliumia ja loput typpeä. Trimix on yleisesti tekniikkasukeltajien käytössä oleva hengityskaasu. Ensihoidon kannalta huomioitavaa on, että sukellusonnettomuus voi tapahtua sukeltaessa seoskaasuilla. Seoskaasuilla sukeltaessa sukellussyvyyydet ja -ajat ovat usein huomattavasti pidempiä kuin normaalissa virkistyssukeltamisessa ja riskien määrä eri ongelmien syntyyn sitä myöden kasvaa. Käytetty hengityskaasu ei varsinaisesti vaikuta potilaan hoitoon, mutta voi antaa viitteitä onnettomuuden synnystä. Se on myös tärkeä lisätieto jatkohoidon kannalta. (Suojoki, Tuunainen ja Kauppinen 2008, 7; Raymond ja Cooper 2017; Metsävainio 2017.)

4 SUKELLUSFYSIKKA

Sukeltaessaan ihminen on tekemisissä normaalista poikkeavien ympäristöolosuhteiden kanssa. Erityisesti veden aiheuttama paine vaikuttaa monin tavoin sukeltajan elimistöön ja kaasujen käyttäytymiseen paineenvaihteluiden ja tilavuuden muutosten alla. Sukellusfysiikassa tarkastellaan niitä ympäristön lainalaisuuksia, jotka ovat tärkeitä sukeltajalle. (Vikman 2007, 29.) Sukellusonnettomuuksien teoreettisia perusteita on vaikea ymmärtää tietämättä, mitä sukeltajan elimistössä tapahtuu submersiossa eli veden alle mentäessä. (Sipinen 2010, 436; Kuisma ym. 2015, 592.)

Paineella tarkoitetaan johonkin pintaan kohdistuvaa kohtisuoraa voimaa pinta-alayksikköä kohti. Sukelluksen yhteydessä paineen yksikkönä käytetään yleisesti baria (bar). Ilmakehän aiheuttama paine syntyy ilmakehän massasta, joka koostuu ilmakehän korkuisesta ilmapatsaasta. Tämän ilmapatsaan pohjan pinta-ala on yksi neliometri ja painaa 10 000 kg. Tämä saa aikaan meren pinnalla paineen, jonka suuruus on noin yksi bar. Merenpinnalta ylöspäin mentäessä ilmakehän massan vaikutus ympäröivään paineeseen on päinvastainen, eli ilman tiheyden pienentyessä myös ympäröivä paine pienenee, esimerkiksi kiivettäessä vuoristoon. (Vikman 2007, 29.)

Veden paineen aiheuttaa luonnollisesti veden massa. Ilmaan verrattaessa vesi on lähes 800 kertaa tiheämpää kuin ilma. Vesipatsas, jonka pohjan pinta-ala on yksi neliometri ja 10 metriä korkea, painaa vastaavasti 10 000 kg. Tämä aiheuttaa ilmakehää vastaavan paineen, eli yhden barin. Ilmakehän aiheuttama paine lisää veden alla vallitsevaa painetta. Sukellettaessa on siis huomioitava niin ilmapatsaan kuin vesipatsaankin aiheuttama paine. Kokonaispaine koostuu ilmakehän ja veden alaisen paineen summasta. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kokonaispaine veden alla 10 metrin syvyydessä on kaksi baria. (Vikman 2007, 29 & 32.)

Kokonaispaine veden alla kasvaa siis aina yhden barin kymmentä metriä kohden. Kaasuihin tämä paineenvaihtelu vaikuttaa seuraavalla tavalla: Paineen kasvaessa kaasut puristuvat kasaan, eli niiden tilavuus pienenee ja tiheys kasvaa. Paineen alentuessa tapahtumaketju on päinvastainen, eli tilavuus kasvaa ja tiheys pienenee. Näin ollen ihmisen kehossa olevat ilmaontelot, kuten korvat, keuhkot, pään ontelot ja suolet, voivat paineen vaihdellessa aiheuttaa sukeltajalle erilaisia ongelmia sukelluksen yhteydessä. Sukeltajalle tärkeintä on saada onteloiden paine tasaantumaan ympäröivän paineen suuruiseksi, välttääkseen ongelmia veden alla. Konkreettisesti normaalissa elämässä paineen vaihtelun vaikutukset voi huomata, esimerkiksi lentokoneen laskeutuessa tai noustessa, korvien lukkiutuessa paineen vaihtelun seurauksena. Korvien lukkiutumisen purku näissä tilanteissa tapahtuu nenä- ja korvaonteloiden paineentasauksella pitämällä sieraimet kiinni sormilla ja puhaltamalla ilmaa ulos, jolloin paine tasaantuu ympäröivän paineen mukaiseksi aukaisten korvat. Erityistä varovaisuutta laitesukeltamisessa tulee kuitenkin noudattaa nousun yhteydessä ympäröivän kokonaispaineen alentuessa, jolloin keuhkoissa oleva ilma laajenee. Tästä syystä laitesukeltaja ei saa koskaan pidättää hengitystään nousun aikana. (Vikman 2007, 63–64 & 72.)

Normaalitilassa ihminen hengittää ilmaa, joka koostuu pääasiassa kahden kaasun eli typen (78 %) ja hapen (21 %) seoksesta. Ilmassa on myös vähäisiä määriä (yhteensä noin 1 %) jalokaasuja, vesihöyryä, hiilidioksidia ja muita kaasuja. Happi on kaikelle elämälle välttämätön kaasu, mutta tyyppiä ihmisen elimistö ei käytä aineenvaihdunnassaan. Typpi liukenee vereen ja kudoksiin paineen lisääntyessä eli sukeltaessa syvemmälle ja vapautuu paineen alentuessa eli noustessa veden pintaa kohti (Vikman 2007, 31). Mikäli nousu on liian nopeaa, typpikaasu kupliintuu vereen ja kudoksiin. Tästä seurauksena on sukeltajantauti, jota käsitellään tarkemmin tässä teksti kokonaisuudessa myöhemmin. Kaasujen käyttäytymiseen sukelluksen aikana vaikuttavat eri fysiikan lainalaisuudet, joita kaasulait selittävät. Sukeltajan on syytä tuntee näistä laeista keskeisimmät ymmärtääkseen paineen merkityksen sukeltamisessa ja mitä ominaisuuksia kaasut saavat veden alle mentäessä eli submersiossa (Vikman 2007, 36).

Paineen vaikutus ei muuta nesteiden tilavuutta tai tiheyttä. Ihmisen kudokset ovat verrattavissa nesteeseen ja siksi ne eivät puristu kasaan ympäröivän paineen kasvaessa. Ihminen ei siis tunne ympäröivää painetta. (Vikman 2007, 29 & 35.) Veden tiheys on kuitenkin suurempi kuin ilman, jonka vuoksi vesi johtaa hyvin lämpöä. Siksi sukelluspuvun materiaalin ja ominaisuuksien valinnalla on suuri merkitys sukeltajan lämpötilouden kannalta, erityisesti sukeltaessa pohjoisissa vesissä. Lämmön vaikutus sukeltajan toimintakykyyn on merkittävä ja jo itsessään veden tiheyden aiheuttama liikkumisen hidastuminen, puhumattakaan kylmyyden aiheuttamasta kankeudesta ja elintoimintojen hidastumisesta, luo haasteita sukeltajalle. Lämpötila vaikuttaa osittain myös kaasujen ominaisuuksiin.

Vedessä sukeltajaan kohdistuu kohottava voima eli noste. Tämä voima on sama kuin sukeltajan syrjäyttämän vesimäärän paino. Sukeltajan syrjäyttäessä enemmän vettä, kuin oman painonsa verran, hän kelluu. (Vikman 2007, 31; Tapiovaara 2007.) Tätä voimaa sukeltaja pyrkii kompensoimaan erilaisin sukeltajaan kiinnitettävien painoin, kuten esimerkiksi lyijyvyyön tai tasapainotusliivin avulla. Sukeltaja pyrkii neutraaliin kelluvuuteen sopivalla painotuksella. (Vikman 2007, 32.) Nosteen ollessa yhtä suuri suhteessa sukeltajan painoon sukeltaja kykenee suoriutumaan sukelluksesta hallitusti määrittämällä itse sukelluksen lasku- ja nousunopeudet.

4.1 Boylen laki

Kuten edellä mainittiin, kaasujen tilavuuteen ja tiheyteen vaikuttaa ympäröivän paineen suuruus. Sukelluksen yhteydessä tätä vaihtelua voidaan kuvata Boylen lailla seuraavasti: Jos tietyn kaasumäärän lämpötila pysyy muuttumattomana, niin paineen ja tilavuuden tulo pysyy vakiona. Toisin sanoen esimerkiksi joustavaseinäisen kaasutäytteen pallon tilavuus veden pinnalla on 10 litraa ympäröivän paineen ollessa 1 bar. 30 metrin syvyydessä pallon tilavuus kuitenkin muuttuu ympäröivän paineen kasvaessa. Tällöin saman kyseisen pallon tilavuus on 2,5 litraa ympäröivän paineen ollessa 4 baria. Teoriassa tämä tarkoittaa sukelluksen yhteydessä keuhkojen tilavuuden pienenemistä ympäröivän paineen kasvaessa eli sukeltaessa syvemmälle. (Vikman 2007, 36.) Laitesukelluksessa paineilmalaitte kuitenkin kompensoi keuhkojen tilavuuden lähes ennalleen antaessaan ulkoisen paineen suuruista hengityskaasua paineilmapullosta, joten todellisuudessa

sukeltajan keuhkokapasiteetti ei muutu vaan palautuu ennalleen paine-eron tasoittuessa. (Suvilehto & Räisänen-Sokolowski 2016.)

Sukeltajan on hyödyllistä tietää, kuinka paljon kaasua hänen paineilmapullonsa sisältää sukellusajan arvioimiseksi ja kuinka paljon kaasua hän kuluttaa sukelluksen aikana kussakin syvyydessä. Näihin laskutoimituksiin voidaan käyttää samoja Boylen lain sovelluksia, kuin edellä on mainittu. Näiden laskutoimitusten ymmärtäminen ja osaaminen ei kuitenkaan ole oleellista tämän opinnäytetyön tarkoituksen ja tavoitteen kannalta, joten niiden käsittely on jätetty pois opinnäytetyöstä. Tärkeintä ensihoitajalle on ymmärtää ympäröivän paineen vaikutus kaasun tilavuuteen ja sen muutoksiin, erityisesti ali- ja ylipainevammojen syntymekanismien ymmärtämiseksi. (Vikman 2007, 36–39.)

4.2 Daltonin laki

Sukelluksessa käytettävät hengityskaasut koostuvat aina useamman kaasun seoksesta, eikä esimerkiksi yli 6 metrin sukellusta suoriteta ikinä puhdasta happea hengittäen. Syy tähän löytyy kaasujen osapaineista, joita Daltonin laki selittää. Kaasuseoksissa, kuten esimerkiksi ilmassa, yksittäisten kaasujen paineet ilmaistaan osapaineilla. Osapaineella tarkoitetaan sitä osaa kaasuseoksen paineesta, jonka tietty yksittäinen kaasu aiheuttaa. Osapaineen suuruus määräytyykin kunkin yksittäisen kaasun suhteellisen tilavuusosan mukaisesti. Jos kaasun tilavuusosuus kaasuseoksessa on 21%, niin kaasun osapaine on 21% kaasuseoksen kokonaispaineesta. (Vikman 2007, 44.)

Eri kaasut, tietyn osapaineen ylittäessään, aiheuttavat riskejä sukeltajalle muuttuessaan myrkylliseksi hengittää. Laitesukeltamisessa hengityskaasun valinnalla on suuri merkitys sukellusta suunniteltaessa. Hengityskaasun valinta määrittää pitkälti sukelluksen maksimaalisen syvyyden. Esimerkiksi typpi omaa korkeassa paineessa narkoottisia eli nukuttavia vaikutuksia ihmiseen, joten sen suuri pitoisuus käytettävässä hengityskaasussa ei ole suotavaa syvissä sukelluksissa. Usein typpi korvataan hengityskaasussa jollakin muulla jalokaasulla, kuten esimerkiksi heliumilla sen vähäisemmän narkoottisen vaikutuksen vuoksi. Typen tavoin myös happi korkeassa paineessa aiheuttaa sukeltajalle ongelmia, sillä hapen osapaineen ylittäessä 1,4 baria sen toksiset vaikutukset alkavat ilmaantua. Tämä osapaine puhtaalla hapella saavutetaan jo 4 metrin syvyydessä, kun taas paineilmaa hengitettäessä vasta 56,7 metrin syvyydessä. Lyhyesti sanottuna kaasun vaikutus ihmiseen määräytyy kaasun osapaineen mukaan. (Vikman 2007, 36 & 44.)

4.3 Henryn laki

Kaasut liukenevat aina tietyssä määrin nesteisiin riippuen niin kaasun ja nesteen ominaisuuksista, kuin vallitsevasta paineesta. Mitä suurempi vapaan kaasun osapaine on nesteeseen liunneen kaasun osapaineeseen verrattuna, sitä nopeammin kaasua liukenee nesteeseen, suuremmasta pitoisuudesta pienempään. Tätä tapahtumaa nimitetään diffuusioksi, jossa paine-erot pyrkivät tasoittumaan saavuttaakseen tilan, jossa yksittäisen kaasun liikkuminen nesteeseen ja sieltä pois olisi tasapainossa. Huomioitavaa kuitenkin on, että paine ei varsinaisesti itsessään aiheuta kaasun

liikkumista, vaan paine-ero on diffuusion aiheuttava voima. Myöskään muiden liuenneiden kaasujen määrä ei vaikuta yksittäisen kaasun liikkumiseen. Esimerkiksi happi sitoutuu ihmisen elimistössä hemoglobiinin lisäksi osittain myös vereen diffuusion avulla, potilasta hapetettaessa. Happi kulkee veressä liuenneena 1,5 % ja hemoglobiiniin sitoutuneena 98,5 %. Kaasumäärä nesteessä on kuitenkin paljon pienempi tilavuusyksikköä kohti, kuin vapaassa kaasussa eli alveolaari ilmassa. Nesteiden välillä diffuusio reaktio tapahtuu samoja lainalaisuuksia noudattaen, kuten edellä kerrottu. Esimerkiksi, jos yksittäisen kaasun osapaine kudoksessa on pienempi kuin verenkierrossa oleva kaasun osapaine, siirtyy kaasua kapillaarin, eli hiussuonen seinämän läpi kudokseen, kunnes osapaineiden paine-ero on tasoittunut. (Vikman 2007, 50; Sand, ym. 2007, 369.)

Sukeltajaan kyseiset fysiikan lainalaisuudet kohdistuvat kaasujen osapaineiden vaihtelusta sukellussyvyyksien mukaisesti. Näin ollen liuenneiden kaasujen määrä on suoraan verrannollinen sukellussyvyyteen. Mitä syvemmälle sukeltaja laskeutuu, sitä enemmän hengitettävän kaasuseoksen kaasut liukenevat sukeltajan verenkiertoon ja kudoksiin, vapaiden kaasujen osapaineiden kasvaessa. Liunneen kaasun määrään vaikuttaa sukelluksen syvyyden lisäksi myös sukellusajan pituus, sekä käytetty kaasuseos. Nousun aikana ympäröivän paineen alentuessa reaktio on päinvastainen ja nesteeseen liennutta kaasua vapautuu, joka ilmenee kaasukuplina. Tämä kaasulaki on yksi keskeisin fysiikan kaasulaeista sukeltajataudin synnyn ymmärtämiseksi. Liian nopea sukeltajan nousu pintaa kohti siis aiheuttaa nesteeseen liunneen kaasun hallitsemattoman kuplimisen elimistössä, jonka seurauksena elimistöön muodostuu verenkiertoa tukkivia ja solujen normaalia toimintaa häiritseviä kaasukuplia. (Vikman 2007, 50.)

5 ANATOMIA JA FYSIOLOGIA

Immersio eli veden ympäröimäksi joutuminen ja submersio eli veden alle päätyminen vaikuttavat monin tavoin elimistön homeostaasiin, eli tasapainoon yhdessä kylmän veden kanssa. Hydrostaattinen, eli veden oman painon aiheuttama paine puristaa sukeltajan kehoa, joka ilmenee autonomisen eli tahdosta riippumattoman hermoston säätelyn muutoksina. Esimerkiksi verenkierto sentralisoituu eli keskittyy ja keuhkovaltimopaine ja keskiverenpaine nousevat. (Jama 2008, 18; Kuisma ym. 2015, 594; Suvilehto ja Räisänen-Sokolowski 2016.)

Immersiossa ja submersiossa veden hydrostaattisen paineen johdosta lisääntynyt keuhkoverenkierron verimäärä ja sydämen esikuorman eli sydämeen palaavan laskimoveren määrän kasvu saa aikaan baroreseptoreiden eli verenpaineen vaihtelua mittaavan reseptorin aktivoitumisen. Tämä aiheuttaa eteisperäisen natriureettisen eli virtsaneritystä lisäävän hormonin erityksen lisääntymisen ja antidiureettisen eli virtsaneritystä vähentävän hormonin erityksen vähenemisen. Tämä aiheuttaa nesteen poistumista elimistöstä eli diureesia verentungoksen näyttäytyessä elimistölle hypervolemiana eli epänormaalin suurena veren määränä. Ilmiötä kutsutaan nimellä immersiodiureesi, joka on hyvin tuttu ilmiö uimareille ja sukeltajille. (Jama 2008, 18; Sipinen 2010, 436.)

Kylmyys itsessään immersion lisäksi kiihdyttää virtsaneritystä, aiheuttamalla perifeeristen eli ääreisverenkierron suonten vasokonstriktion eli supistumisen. Yhdessä immersiodiureesin kanssa, diureettinen vaikutus sukeltajaan on hyvin merkittävä. Keskeisen verenkierron kuormittuminen yhdessä sydämen jälkikuorman eli pumppaustoiminnan vastuksen kasvun ja akuutin sydämen vajaatoiminnan yhteydessä, voi sukeltajalle aiheuttaa pahimillaan niin sanotun immersiokeuhkopöhön. Kylmyys lisää myös huomattavasti riskiä henkeä uhkaavien rytmihäiriöiden ilmenemiselle voimakkaan katekoliamiinien eli elimistön toimintaa kiihdyttävien hermosto viestiaineiden (adrenaliini, noradrenaliini, jne.) erittymisen vuoksi. (Jama 2008, 18; Kuisma ym. 2015, 594.)

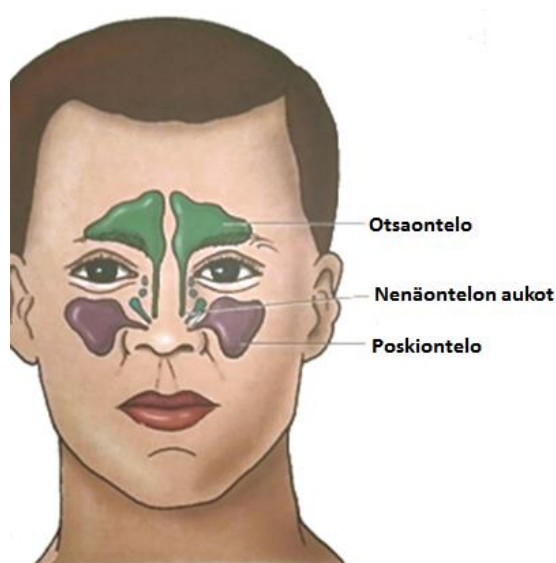
5.1 Pään eri ontelot ja niiden merkitys

Ihmisen kehossa on ilman täyttämiä onteloita, joihin ympäröivä paine vaikuttaa (Vikman 2007, 63). Näistä suurin osa sijaitsee eräissä kallon luissa, joista monet ovat yhteydessä nenäonteloon tai nieluun. (Kuva 1.) Tärkeimpiä näistä ovat kuitenkin korvan eri ontelot, kuten esimerkiksi välikorvaontelo joka on yhdistyneenä nieluun korvatorven välityksellä. Tämä on tärkein reitti sukeltajalla painenvaihteluiden tasaamiseksi korvassa. Normaalitilassa tämä kapea käytävä on sulkeutuneena, mutta nieltäessä tai haukoteltaessa tämä kanava aukeaa, jolloin paine-ero tasoittuu. Välikorvan korvakäytävästä erottaa tärykalvo. (Sand ym. 2007, 160.)

Sisäkorva, jossa tasapainoelin sijaitsee, on kokonaan ohimoluun sisällä. Se on kuitenkin yhteydessä välikorvaan kahden kalvon peittämän aukon välityksellä. Tästä syystä tärykalvon puhkeamiset sukeltaessa ja paineentasausongelmat välikorvaontelossa vaikuttavat myös sisäkorvan tasapainoelimen toimintaan. Sukeltaessa erityisesti Suomen sameissa vesissä näköaistin merkitys tasapainon säätelyssä häviää lähes olemattomaksi. Sukeltajan tasapainon säilyttäminen jää tästä syystä pitkälti tasapainoelimen tehtäväksi. Sisäkorvan vaurioituminen tai altistuminen voimakkailla paineenvaihteluille voi aiheuttaa voimakasta oireilua ja näin edistää sukellusonnettomuuksien syntyä. (Sand ym. 2007, 160.)

Nenäontelon päätarkoituksena on sitä peittävien limakalvojen kautta lämmittää ja kostuttaa sisäänhengitettävää ilmaa veden pinnalla. Limakalvojen pinnalla olevat värekarvat suodattavat myös normaalissa ilmassa olevia epäpuhtauksia. Tämä esikäsittely on tärkeä, sillä se suojaa keuhkoja infektioilta, jäähtymiseltä ja kuivumiselta. Hengitettäessä regulaattorin kautta paineellista ilmaa suuontelon kautta sukeltaessa, tämä edellä mainittu ilman esikäsittely on estynyt. Sukeltaessa hengitettävä kaasuseos on hyvin kuivaa ja lämpötilaltaan kylmempää, kuin normaali ulkoilma. Tämä laskee sukeltajan ruumiinlämpöä ja lisää kylmyydestä johtuvaa diureesia, sekä hidastaa verenkiertoa ja näin kaasujen poistumista elimistöstä. Astmaa sairastavilla henkilöillä kuiva ja kylmä hengityskaasu saattaa aiheuttaa myös astmakohtauksen ja terveillä henkilöillä astma tyyppistä oireistoa. (Sand ym. 2007, 357; Jama 2008, 36.)

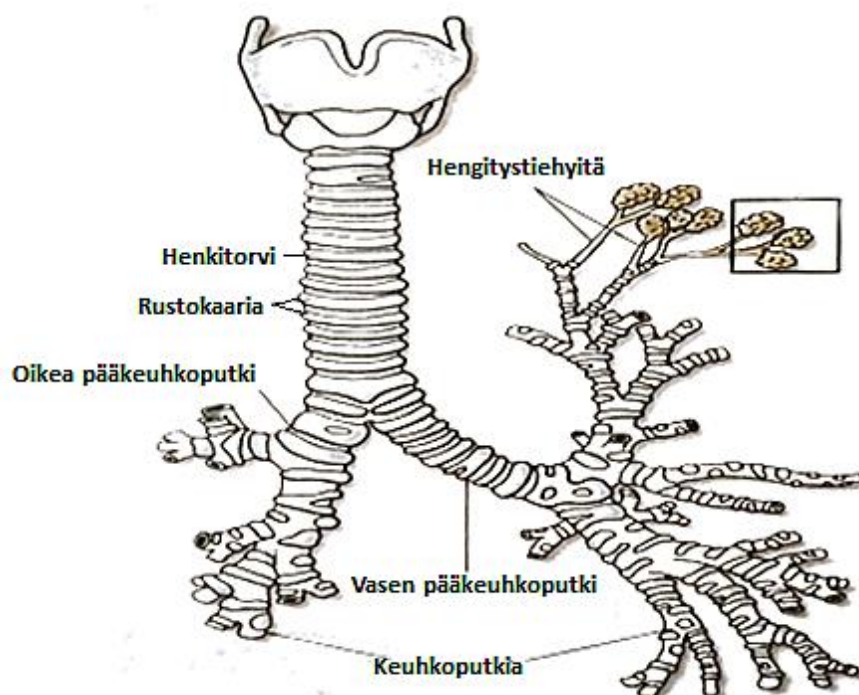
Nenäonteloon yhdistyy lisäksi muutamia muita onteloita, nenäontelon sivuseinämien pienten aukkojen kautta. Näistä käytetään yleisnimitystä nenän sivuontelot. Merkityksellisimmät näistä ovat otsaluussa sijaitseva otsaontelo ja yläleukaluussa sijaitsevat poskiontelot. (Sand ym. 2007, 357.) Näillä onteloilla ei ole varsinaisesti todettu olevan merkitystä hengityksen tai sukellusonnettomuuksien synnyn kannalta, mutta vaativat paineentasauksen onnistumisen samalla tavoin kuin korvanontelot. Epäonnistuneen paineentasauksen seurauksena sukeltajalla voi esiintyä epämukavaa paineen tunnetta näiden onteloiden alueella ja sukelluksen jälkeistä nenäverenvuotoa.



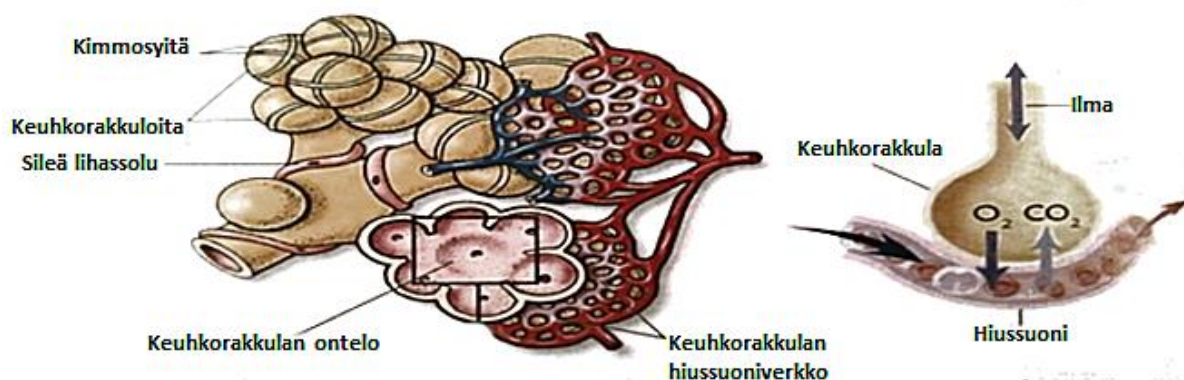
KUVA 1. Sivuntuonteloiden sijainti otsaluussa ja yläleuanluussa (Sand ym. 2007, 357).

5.2 Keuhkojen rakenne ja rintaontelo

Keuhkot jaotellaan kuuluvaksi ihmisen hengityselimistöön alahengitysteihin, jotka sijaitsevat ihmisessä rintakehän sisällä eli rintaontelossa. Muita alahengitysteihin kuuluvia osia ovat kurkunpää, henkitorvi ja keuhkoputket, jotka ovat seinämiltään tuettuja rustokudoksilla. Keuhkoputkien jatkuessa ja haarautuessa edelleen keuhkokudoksen sisälle niiden tuettu rustoinen rakenne häviää, jolloin niiden nimitys muuttuu ilmatiehyiksi. (Kuva 2.) Osa ihmisessä tapahtuvasta kaasujenvaihdosta tapahtuu näissä ilmatiehyissä eli hengitystiehyissä. Hengitystiehyet päättyvät viinirypäleterttua muistuttaviin keuhkorakkulasäkkeihin, joiden seinämät muodostuvat pallomaisista, ohutseinäisistä keuhkorakkuloista eli alveoleista. (Kuva 3.) Näitä viinirypäleterttua muistuttavia rakenteita ympäröi runsaasti verenkiertoa sisältävä hiusuoniverkosto. Keuhkorakkuloissa olevan ilman ja hiusuonissa kulkevan veren erottaa toisistaan vain ohut seinämä, joka koostuu keuhkorakkulan yhdenkertaisesta levyepiteelistä, hiusuonen seinämän endoteelisoluista sekä niiden välissä sijaitsevasta yhteisestä tyvikalvosta. Kaasujenvaihto keuhkoissa tapahtuu juuri tämän kyseisen kalvon läpi. Kaasujen vaihtumiseen tämän kalvon läpi vaikuttaa myös keuhkoissa olevien epiteelisolujen erittämä surfaktantti, joka pienentää kalvon pintajännitettä ja näin helpottaen kaasujen vaihtumista keuhkoissa. Yhdessä valtavan diffuusiopinta-alan (75–80 m²) ja lyhyen diffuusiomatkan ansiosta happi ja muut kaasut siirtyvät tehokkaasti ja nopeasti alveoli-ilmasta hiusuonien vereen ja päinvastoin. (Sand ym. 2007, 359–360.)



KUVA 2. Henkitorvi, oikea pääkeuhkoputki ja vasen pääkeuhkoputki, jossa näkyvät keuhkoputket ja keuhkorakkulasäkkeihin päättyvät hengitystiehyet (Sand ym. 2007, 360).



KUVA 3. Keuhkorakkuloita, joita ympäröivät hiussuoniverkko ja kimmosyyt (Sand ym. 2007, 360).

Keuhkoja ympäröi keuhkopussi eli pleura. Se on kaksilehtinen rakenne, joka ympäröi lähes koko keuhkokudosta lukuun ottamatta keuhkojen tyveä, josta keuhkoputket kulkevat keuhkoihin. Kaksiosaisena rakenteena keuhkopussin lehdet jaetaan sisusmyötäiseen eli viskeraaliseen lehteen ja seinän myötäiseen eli parietaaliseen lehteen. Viskeraalinen lehti on keuhkon pintaa peittävä keuhkopussin osa ja parietaalinen lehti on rintakehän sisäseinämää peittävä keuhkopussin osa. Näiden kahden lehden väliin jäävää pientä tilaa kutsutaan keuhkopussi- eli pleuraonteloksi, joka sisältää ohuen nestekerroksen kudosten välistä voitelua ja lehtien kiinni pysymistä varten hengitysvaihtojen aikana. Rakenne on verrattavissa sydänpussionteloon ja vatsaonteloon. (Sand ym. 2007, 361 & 363.)

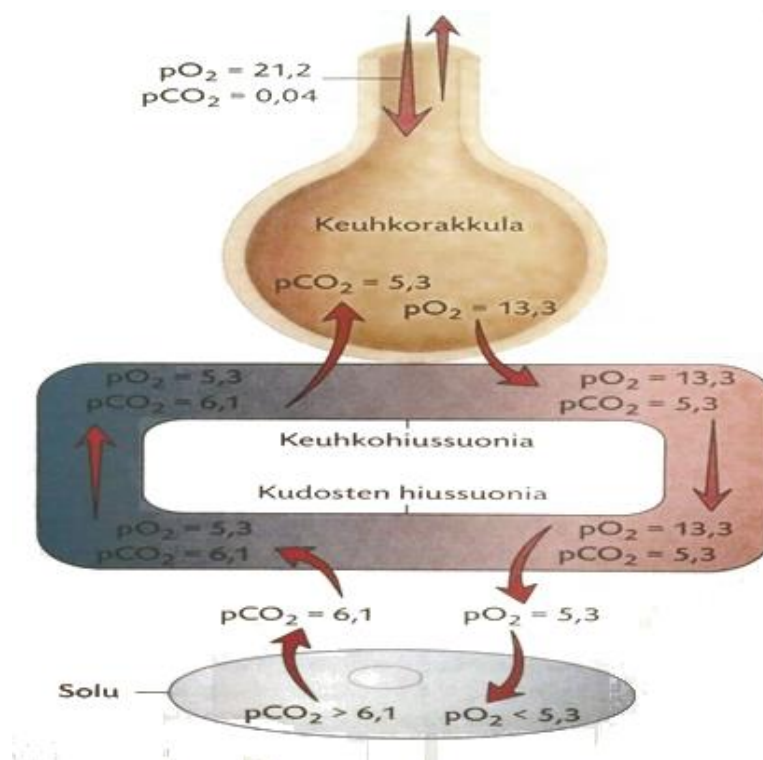
5.3 Kaasujen vaihtuminen ja merkitys ihmiskehossa

Kaasujen ominaisuudet ja vaikutus ihmiskehossa riippuvat pitkälti kaasujen osapaineista. (Kuva 4.) Sukeltajaa ympäröivän paineen noustessa, myös kaasujen osapaineet kasvavat elimistössä. Tärkeimpinä merkitsevinä kaasuina, joita ihmisestä tutkitaan, ovat happi ja hiilidioksidi. Käsitlemme kuitenkin työssämme myös typpeä ja heliumia, koska niiden vaikutukset lisääntyvät kaasun osapaineen kasvaessa. Hengityskaasujen vaihto tapahtuu diffuusiona keuhkojen alveolien ja hiusverisuonten välillä (Sand ym. 2007, 369). Henryn lain mukaan kaasut liukenevat nesteeseen sitä nopeammin, mitä pienempi nesteeseen liunneen kaasun osapaine on suhteessa vapaan kaasun osapaineeseen. Diffuusio tapahtuu samalla mekanismilla veren ja solujen välillä.

Hiilidioksidia syntyy solujen aineenvaihdunnassa. Hiilidioksidi on tärkein normaalioloissa hengitystä säätelevä tekijä, vaikuttaessaan ydinjatkeessa sijaitsevaan hengityskeskukseen. Hiilidioksidin osapaineen pienikin muutos valtimoveressä vaikuttaa merkittävästi keuhkotuuletukseen säätelyyn. (Sand ym. 2007, 374.) Myös valtimoveren hapen osapaineen lasku aktivoi hengityskeskusta. Merkittävästi hapen osapaine alkaa kuitenkin vaikuttamaan ihmiseen vasta sen alentuessa valtimoveressä alle 8,0 kPa, jolloin hemoglobiinin happikylläisyys eli happisaturaatioarvo on alle 90 %. Tämä aiheuttaa hengityskeskusten aktivoitumisen ja tätä kautta keuhkotuuletuksen lisääntymisen. Oleellisesti keuhkotuuletus elimistössä lisääntyy kuitenkin vasta valtimoveren happiosapaineen laskiessa alle 60 % normaaliarvosta. (Sand ym. 2007, 369–376; Vikman 2007, 77.)

Vaikka happi on välttämätön kaasu solujen toiminnalle, tietyn osapainerajan ylittäessään sen toksiset eli myrkylliset vaikutukset alkavat ilmaantua. Tämä tapahtuu sukeltajaa ympäröivän paineen kasvaessa, hapen prosentuaalisen osuuden kasvaessa hengityskaasussa tai näiden tekijöiden yhteisvaikutuksesta. Tämä voi pahimmillaan johtaa sukellusonnettomuuteen sukeltajassa ilmenevien hengityselimistö- ja keskushermosto-oireiden vuoksi.

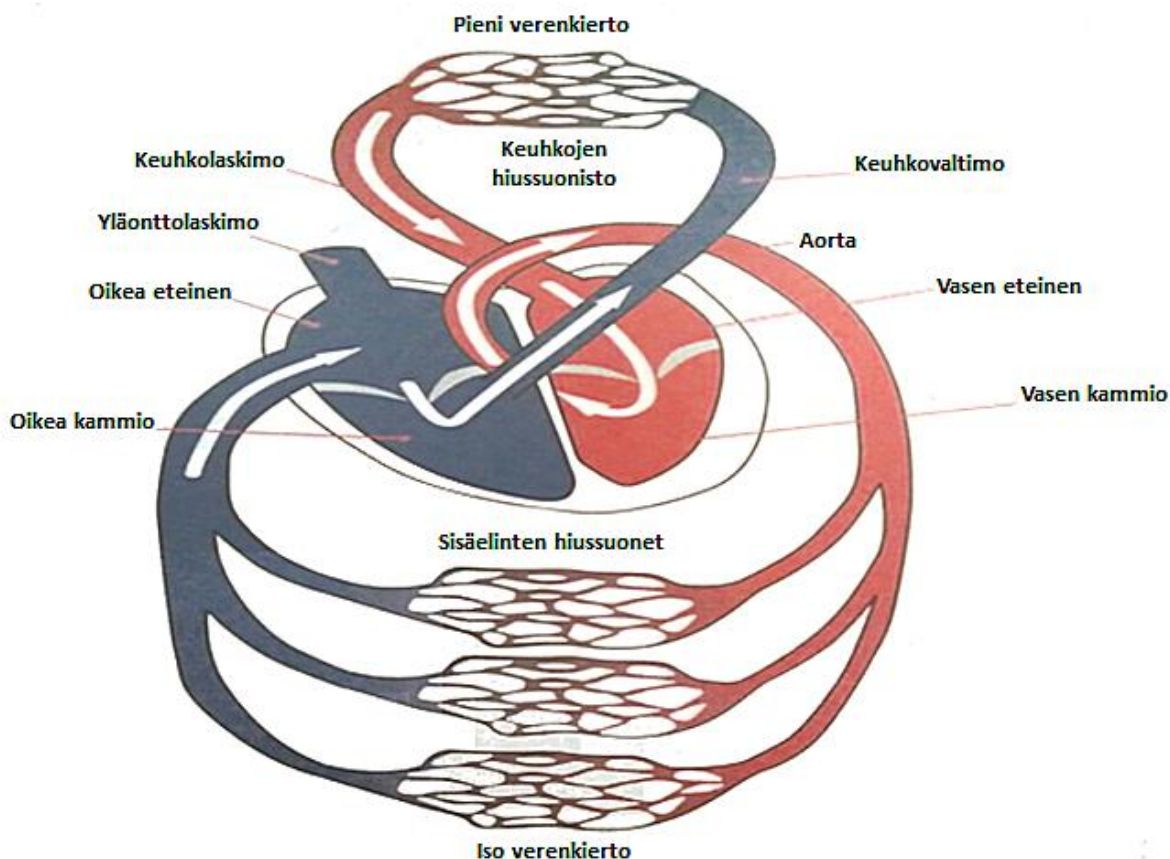
Muiden sukelluksessa käytettävien inerttien eli aineenvaihduntaan osallistumattomien kaasujen, kuten typen ja heliumin, osapaineiden raja-arvoja on vaikea määrittää niiden vaihtelevien yksilöllisten vaikutusten vuoksi. Typpi kuitenkin vaikuttaa korkeassa paineessa ihmiseen huumaavasti ja tätä tilaa kutsutaan typpinarkoosiksi, kansankielellä syvyshumalaksi. Nimi syvyshumala kuvaa tilaa hyvin, sillä sukeltaja kokee tuolloin humalatilaa kaltaisia oireita. Yleisimpiä oireita ovat hyvänolon tuntemukset, sekavuus ja päättely- sekä keskittymiskyvyn heikkeneminen. Oireet kuitenkin vähenevät heti ympäröivän paineen laskiessa. Myös heliumilla on samantyyppisiä narkoottisia vaikutuksia kuin typpellä, mutta niiden ilmaantuminen on hitaampaa verrattain typpeen. Kaikkiin sukeltajiin typen ja heliumin narkoottiset vaikutukset alkavat kuitenkin vaikuttaa viimeistään 60–70 metrin sukellussyvyyksissä. Osaltaan myös hiilidioksidin määrä elimistössä sekä sukeltajan sen hetkinen terveydentila vaikuttavat näiden kaasujen aiheuttaman narkoosin esiintymiseen. (Vikman 2007, 94.) Yleisesti kaasujen haittavaikutuksia alkaa esiintyä kuitenkin jo 30 metrin sukellussyvyyksissä. Itsessään näiden inerttien kaasujen haittavaikutukset eivät ole sukeltajalle vaarallisia, mutta niiden seurauksena tehdyt virhearviot sukelluksen aikana voivat johtaa vaaratilanteisiin ja jopa sukellusonnettomuuden syntyyn. (Nurmi 2001, 263; Kuokkanen & Suvilehto 2002, 2773.)



KUVA 4. Hapen ja hiilidioksidin osapaineet keuhkorakkuloissa, keuhkoihiussuonissa, kudosten hiussuonissa ja soluissa (Sand, ym. 2007, 370).

5.4 Iso ja pieni verenkierto

Ison verenkierron tehtävänä on kuljettaa happea ja muita kaasuja kudoksiin ja sieltä pois. Kaikki kaasujen vaihtuminen veren ja kudosten välillä tapahtuu diffuusioreaktion kautta kaasujen osapaineiden perusteella, kuten edellä on mainittu. Pienen verenkierron eli keuhkoverenkierron tehtävä on tältä osin merkittävin. (Kuva 5.) Sen tehtävänä on suodattaa pois elimistölle epäedulliset kaasut keuhkojen hiussuonten kautta uloshengitys ilmaan ja korvata ne elimistölle tarpeellisella kaasulla eli hapella. Kaasujen vaihtumista, niin isossa kuin pienessä verenkierrossa, voivat vaikeuttaa erilaiset elimistössä tapahtuvat reaktiot sukelluksen yhteydessä. Esimerkkinä tästä on immersioista ja kylmyydestä aiheutuva diureesi ja tätä kautta sukeltajan kuivuminen. Dehydroituneen sukeltajan kudosten verenkierto on heikkoa, mikä lisää kudosten happivajetta sekä hidastaa inertin kaasun poistumista niistä. (Kuokkanen 2002, 2771; Sand ym. 2007, 268.)



KUVA 5. Iso ja pieni verenkierto kaavamaisesti esitettynä. Runsashappinen veri on merkitty punaisella ja vähähappinen sinisellä (Vikman 2007, 82).

6 LAITESUKELLUSONNETTOMUUDET

Seuraavissa osioissa käsitellään vakavimpia laitesukeltajan kohtaamia ongelmia. Niiden valinta on tapahtunut opinnäytetyön tekijöiden oman harkinnan sekä oppikirjoissa esiteltyjen ongelmien ja onnettomuuksien mukaisesti. Opinnäytetyössä esiintyvien onnettomuustyyppien on ajateltu olevan sellaisia, joissa ammattitaitoinenkin sukeltaja joutuu turvautumaan terveydenhuollon ammattilaisen tarjoamaan ensihoitoon. Lievemmat ongelmat usein myös jäävät huomaamatta tapahtumapaikalla ja potilas saattaa hakeutua myöhemmin itsenäisesti hoitoon.

6.1 Sukeltajantauti eli dekompressiotauti (DCS)

Sukeltajantauti eli dekompressiotauti (DCS) aiheutuu sukeltajaa ympäröivän paineen pienenemisestä liian nopean nousun yhteydessä. Tämän seurauksena sukeltajan verenkierrassa tai kudoksissa oleva tyyppi ei ehdi poistua elimistöstä riittävän nopeasti ja seurauksena on kaasun kupliminen, mikä aiheuttaa sukeltajalle monia ongelmia ja oireita vaikeusasteesta riippuen. (Besserau, Genotelle, Brun, Aboab, Antona, Chenaitia, Huon ja Annane 2012, 170-173; Kuisma ym. 2015, 599.) Tätä reaktiota voidaan havainnollistaa karkeasti esimerkiksi nopeasti avatulla virvoitusjuomapullolla, jossa paineen äkillinen alentuminen saa aikaan veteen liuenneen kaasun eli hiilidioksidin vapautumisen kuplina (Kuokkanen 2002, 2770).

Eri kudokset ottavat vastaan ja luovuttavat kaasuja sitä nopeammin, mitä vilkkaampi verenkierto niissä on (Sipinen 2010, 436). Esimerkiksi rasvakudoksen verenkierto on hitaampaa verrattuna lihaskudoksen verenkiertoon. Sukeltajilla, joilla on runsaasti rasvakudosta, on suurempi riski saada sukeltajantauti verrattuna rasvakudokseltaan kevyempiin sukeltajiin. Tätä edesauttaa myös typen ominaisuus imeytyä helpommin rasvakudokseen sen rasvaliukoisuutensa vuoksi. Myös muut tekijät, kuten sukelluksen aikainen voimakas ponnistelu ja kylmyys lisäävät inerttikaasujen liukenemistä elimistöön. Tästä voimme päätellä, että sukeltajantaudin syntymekanismi on hyvin monimuotoinen, eikä sukeltajantaudin syntymistä voida välttämättä estää pelkästään noudattamalla oikeaa nousu nopeutta ja dekompressiota eli etappipysähdystä. (Vikman 2007, 131 & 136; Sipinen 2010, 435–442.)

Typeä, joka on sukeltajantaudin synnyssä pääasemassa, on 30 metrin sukellussyvyudessa jopa nelinkertainen määrä elimistössä suhteutettuna normaaliin olotilaan veden pinnalla. Vanhimman teorian eli Haldanen teorian mukaan minkään kaasun osapaine ei saa kudoksessa ylittää ulkoisen paineen arvoa kaksinkertaisesti. Myöhemmin näitä raja-arvoja on pystytty tarkentamaan typelle 1,58-1,1 baria ja heliumille 1,5-1,0 baria riippuen kudostyyppistä, jossa kaasu sijaitsee. Jokaisen kudoksen kyky sietää kaasun ylipainetta on siis erilainen. Paineen vaikutuksen alaisena kaasujen liukenemista tapahtuu kuitenkin siihen asti, kunnes kudokset saavuttavat saturaaation eli kyllästymistilan. Tätä tilaa kutsutaan "sukelluspiireissä" supersaturaatioksi, jossa kudokseen liuenneen typen osapaine on suurempi kuin alveolaarinen typen osapaine. Kun supersaturaatio kynnys ylittyy, vapautuu kudoksesta kaasua verenkiertoon kuplien muodossa. (Vikman 2007, 50 & 130; Sipinen 2010, 436; Kuisma ym. 2015, 599.) Varmaa näyttöä teorioiden oikeellisuudesta ei ole

pystytty tutkimuksilla todentamaan, mutta teoriassa näiden uskomusten mukaan kuplien muodostusta alkaisi tapahtumaan jo syvissä sukelluksissa ilman sukeltajan äkillistä nousua pintaa kohti.

Kuplien muodostumisesta tehtyjen tutkimusten ja niistä tehtyjen hypoteesien mukaan kuplat syntyvät kuplaytimien ympärille, jotka viimeisimmissä artikkeleissa on oletettu olevan mikrokuplia. Tämän mukaan mikrokuplat muodostuvat itsenäisesti paineen pienenemisen johdosta, jossa paineenmuutos saa aikaan veren kiehumista eli kavitaatiota. Itsessään nämä mikrokuplat ovat harmittomia ollessaan valtimoverenkierrossa, niiden pienen kokonsa vuoksi ja sukelluksella muodostuneet typpikuplat suodattuvatkin normaalisti pois keuhkoissa. Kuitenkin suurempien kuplien syntyessä tai päästessä verenkiertoon nousujen aikana, imeytyvät pienemmät mikrokuplat yhteen suurempien kuplien kanssa ja muodostavat näin verenkiertoa ahtauttavan ilmaemboolian. (Jama 2008, 35; Mahon 2010, 238-239; Tikkinen, Mäkitalo, Lappi ja Parkkola 2014; Piispanen 2017.) Tämä mekanismi selittyy suuremman kuplan omaavan pintajännityksen vuoksi. Akuuttivaiheessa kaasukuplat tukkivat verenkierron osia ja aiheuttavat mekaanisesti perifeeristen kudosten iskemiaa (Sipinen 2010, 437). Tämä muodostunut suurempi kupla toimii verenkierrossa vierasesineen tavoin, johon ainakin veren omat trombosyytit eli verihiutaleet reagoivat aggregaatiolla eli kasautumalla ja tekemällä verihyytymän kuplan ympärille. Tästä seuraa entisestään kuplan läpimitan kasvu ja kudosten verenkierron heikkeneminen tai estyminen kokonaan. Näin ollen sukeltajantaudin oireet ovat seurausta pääosin kudoksen happeutumisen ja energiantuotannon puutteesta, sekä kuplien aiheuttaman mekaanisen paineen tuottamasta kivusta. (Piispanen 2017.) Sipisen mukaan kuitenkin keuhkoissa tapahtuva fibrinolyysi eli verihyytymän liukeneminen poistaa kuplien ympärille takertuneita verihiutaleita.

Tetzlaff ym. mukaan on mahdollista, että 14-22 mikrometrin kokoiset kuplat voivat päästä suoraan keuhkojen ohi valtimoverenkiertoon. Tätä niin sanottua "bypass" tilannetta kutsutaan kansan kielellä keuhkojen ohivirtaukseksi. Myös sydämen rakenteelliset poikkeavuudet keuhkojen ohivirtauksen lisäksi, kuten eteis-väliseinämän poikkeava rakenne, voivat aiheuttaa kuplien pääsyn valtimoverenkiertoon. Eteis-väliseinämässä oleva rakenteellisesti poikkeava aukko eli PFO (Patent Foramen Ovale) voi aiheuttaa sukeltajalle typpikuplien oikovirtausta sydämen vasempaan puoliskoon ja sitä kautta systeemiseen eli isoon verenkiertoon. Isoon verenkiertoon päästessään typpikuplat aiheuttavat erilaisia ongelmia/oireita sukeltajalle riippuen siitä, mihin elimistön osaan ne verenkierron mukana päätyvät. Rakenteellisena poikkeavuutena eteis-väliseinämän aukko on väestössä melko yleinen ja sen esiintyvyys vaihtelee eri tietolähteissä 20–40% välillä väestössä. (Kuokkanen & Suvilehto 2002, 2776; Tetzlaff, Shank ja Muth 2003, 2130; Sipinen 2010, 439; Vann, Butler, Mitchell ja Moon 2011, 154 & 158; Piispanen 2017.) Epäily tällaisesta rakenteellisesta poikkeavuudesta herää lähinnä tavallisten yli 20–30 metriin yltävien "turvallisten" sukellusten pintaantumisen jälkeen ilmaantuneiden tyypin 2 eli vaikean sukeltajantaudin oireiden perusteella. (Mahon 2010, 238–239; Sipinen 2010, 438–439; Kuisma ym. 2015, 599–600.)

Sukeltajantauti voidaan jakaa kahteen luokkaan: Tyypin 1 ja tyypin 2 dekompressiotautiin. Tyypin 1 eli lievä DCS ilmenee vaikeasti paikallistettavina lihaskipuna ja nivelkipuna, ihon kutinana, punoituksena,

laikukkuutena tai turvotuksena. Tyypin 2 eli vaikea DCS ilmenee neurologisina, sekä sydän- ja keuhko-oireina. Nyrkkisääntönä voidaan pitää sitä, mitä nopeammin oireet alkavat sitä vaikeammasta taudin muodosta on kyse (Kuisma ym. 2015, 600). Vaikeassa sukeltajantaudissa oireet voivat olla hyvin epämääräiset tajuttomuudesta halvauksiin, eikä tautitila välttämättä esiinny selkeänä ensihoidolle. Hyvin usein näissä tilanteissa oireisto on sekoitus tyypin 1 ja 2 sukeltajantautia liitettyä barotrauma eli painevamma oireistoon, esimerkiksi keuhkorepeämään. (Sipinen 2010, 438.)

Neurologisten oireiden osalta tyypillisimmät taudin oireet ovat muistivaikeudet, sekavuus, väsymys, puheentoton vaikeus, näköhäiriö, huimaus, kömpelyys ja harvinaisimmissa tapauksissa tajunnantason häiriöt sekä kouristelu. Edetessään selkäydintasolle dekompressiotauti voi aiheuttaa myös tuntohäiriöitä tai pahimmillaan jopa alaraajahalvauksen. Sydänoireiden osalta tauti aiheuttaa tyypillisimmin sukeltajalle erilaisia rytmihäiriöitä, mutta pahimmillaan kuplien aiheuttama sepelvaltimoiden tukkeutuminen saattaa johtaa jopa sydäninfarktiin ja tätä kautta sydänpysähdykseen. Keuhkojen osalta oireet keskittyvät pitkälti hengenahdistukseen ja hapenpuutteeseen, joka aiheuttaa pitkittyessään sukeltajalle epävakaan hemodynamiikan tilan sydänlihaksen alkaessa kärsiä hapenpuutteesta. (Kuokkanen 2002, 2770; Sipinen 2010, 437–438; Vann ym. 2011, 154.)

Sukeltajan hoitoonohjausta vaikeuttaa tyypin 1 ja tyypin 2 oireiden ristikkäinen esiintyminen taudinkuvassa, kuten edellä on mainittu. Siksi joissakin lähteissä puhutaan lievistä ja vaikeasta sukeltajantaudista, tekemättä jäykkää erottelua taudin tyypistä oireiden perusteella. Tämän lisäksi sukeltajan oireet voivat esiintyä myös useamman tunnin tai jopa päivien viiveellä, joka entisestään hankaloittaa tautitilan toteamista ensihoitotilanteissa. Esimerkiksi tyypikuplien määrä elimistössä saavuttaa huippunsa vasta neljä tuntia sukelluksen jälkeen. Epäiltäessä sukeltajantautia tulisi sukeltaja kuljettaa mahdollisimman nopeasti – vähäisilläkin oireilla – ylipainehappihoitoa tarjoavaan sairaalaan. Ylipainehappihoito on tällä hetkellä ainoa tehokkaaksi todettu hoito sukeltajantautiin. Ylipainehappihoidolla voidaan estää myös myöhempiä sukeltajantaudista aiheutuvia ongelmia, kuten esimerkiksi luunekroosin syntyä. (Tetzlaff ym. 2003, 2130–2133; Sipinen 2010, 439; Besserau ym. 2012, 170–173; Kuisma ym. 2015, 599–600.)

6.2 Happimyrkytys

Sukeltajaa ympäröivän paineen noustessa, myös yksittäisten kaasujen osapaineet kasvavat elimistössä kuten aiemmin kerrottiin. Happea normaali ilmassa on noin 21 % ja hapen osapaine on 0,21 baria maan pinnalla. Esimerkiksi 30 m syvyydessä, ilmakehän paine sekä veden paine yhteensä ovat 4 bar. Tällöin hapen osapaine hengitettävässä kaasussa on $0,21 \text{ bar} \times 4 \text{ bar} = 0,84 \text{ bar}$. Happi aiheuttaa happimyrkytyksen oireita viimeistään ylittäessään 1,6 barin osapaineen, mikä takoo sitä että paine-ilmalla olisi sukeltettava n. 66 metrin syvyyteen. Happimyrkytyksen esiintyminen sukeltaessa paineilmalla onkin epätodennäköisempää, kuin muilla kaasuseoksilla sukeltaessa. Laitesukeltamisessa hapen osapaineen turvarajana pidetään 1,4 baria. (Suojoki ym. 2008, 26–32.)

Happimyrkytys on tyypillisesti suurempi ongelma sukeltaessa nitrox-kaasulla, sillä nitrox-kaasussa osa hengitysilman typestä on korvattu hapella. Koska nitrox-kaasussa on suurempi määrä happea kuin normaalissa paineilmassa, kasvaa hapen osapaine nopeammin ulkoisen paineen kasvaessa. Sukellussyvyyden lisäksi on huomioitava, että sukeltaessa useita sukelluksia tai pitkään yhtäjaksoisesti sukeltajan elimistöön kertyy happea samalla tavoin kuin tyypeä ja muita kaasuja. Vaikka sukeltaisiin turvallisella hapen osapaineella, mutta sukellusaika kasvaa liian pitkäksi, on happimyrkytyksen vaara olemassa. (Suojoki ym. 2008 36–37.) Sukeltamisen lisäksi asia on huomioitava painekammiossa suoritettavassa ylipainehappihoidossa, jolloin hoito-ajat voivat olla hyvinkin pitkiä ja toistua useita kertoja riippuen sukeltajataudin vaikeusasteesta ja siinä ilmenneistä oireista. Happimyrkytyksen keskushermosto-oireita ovat lihasten nykiminen, pahoinvointi, sekavuus, huimaus, ärtyneisyys ja pahimmillaan kouristelu. Liian suuren ja pitkän happi altistuksen aiheuttamia hengityselimistön oireita voivat olla kuiva yskä, hengitysvaikeudet ja keuhkopöhö. (Vikman 2007, 91–92; Suojoki ym. 2008, 36–37.)

Mikäli sukeltaja ei tunnista happimyrkytyksen oireita ajoissa, vaan jatkaa sukellusta, saattaa hän kouristella ja mennä tajuttomaksi. Tajuttomuuden seurauksena on mahdollista, että sukeltaja menettää kaasun annostelijan, vetää vettä keuhkoihinsa ja hukkuu. On myös mahdollista, että sukeltaja vajoaa syvemmälle tai nousee hallitsemattomasti pintaan kouristelun tai tajuttomuuden seurauksena. Syvemmälle mentäessä hapen myrkylliset ja tyypin narkoottiset vaikutukset pahenevat. Mikäli sukeltaja nousee kouristuksen aikana pintaan, voi hän kouristelun aiheuttaman hengitysteiden spasmin seurauksena saada keuhkorepeämän ja valtimokaasuembolisaation. Nopea pintaan nousu, yli 10 metriä minuutissa, voi aiheuttaa myös sukeltajataudin oireita. Tästä sukeltajataudin, keuhkorepeämän ja valtimokaasuembolisaation yhteisestä esiintymisestä käytetään yleisesti yläkäsitettä sukeltajansairaus, lyhennettynä DCI eli decompression illness. (Jama 2008, 35; Sipinen 2010, 435.)

6.3 Häkämyrkytys

Häkää eli hiilimonoksidia voi esiintyä hengitettävässä kaasuseoksessa, johtuen täyttökompessorista päässeistä pakokaasuista paineilmapulloon. Tämä johtaa sukeltaessa häkämyrkytykseen. Ongelmana näissä tilanteissa on hiilimonoksidin takertuminen hapen sijasta hemoglobiiniin 200–300 kertaa nopeammin, joka vaikeuttaa kudosten happeutumista elimistössä. Elimistön myöhäinen reagointi alentuneeseen veren happipitoisuuteen huonontaa tilannetta entisestään, ellei hengitettävää kaasua pystytä nopeasti korvaamaan puhtaalla hapella. (Kuisma ym. 2015, 586).

Hiilimonoksidi lamaa sydämen toimintaa pienentäen sen minuuttitulavuutta, joka myös osaltaan heikentää elimistön kudosten happeutumista. Tilan pitkittyessä häkämyrkytyksen uhri kuolee hapenpuutteeseen hengityksen ja verenkierron loputtua, sydämen rytmin hiipuessa asystoleen. Ennuste vaikean häkämyrkytyksen uhrilla on lähes olematon hapenpuutteesta syntyneen aivovaurion vuoksi ja potilas menehtyy usein sairaalahoidon aikana tuloksellisesta elvytyksestä huolimatta. Tämä tilanne on kuitenkin hyvin harvinainen johtuen paineilmatäyttökompessoreiden säännöllisestä tarkastuksesta ja huollosta. (Vikman 2007, 93; Sand ym. 2007, 376; Kuisma ym.

2015, 586–587.) Hemoglobiinin saturaatioarvon käyttö ensihoitotilanteessa ihmisen happeutumisen arvioinnissa onkin hyvin epäspesifi arvioinnin väline johtuen sen lukuisista virhelähteistä, kuten esimerkiksi anemisoitumisesta tai edellä mainitusta hiilimonoksidista. Ulkoilmassa hiilimonoksidia on alle 0,001 % ja yli 0,1 %:n pitoisuudet hengitettävässä kaasussa ovat ihmiselle toksisia (Kuisma ym. 2015, 586).

Oireiden osalta häikämyrkytys on hyvin laajakirjoinen ja altistukseen viittaavat tapahtumatiedot ovat avainasemassa tilannetta selvitettäessä. Oireisto voidaan kuitenkin karkeasti jakaa välittömiin ja viivästyneisiin oireisiin, joista tavallisimpia välittömiä oireita ovat päänsärky, huimaus, yleinen heikkous, pahoinvointi, keskittymiskyvyn puute, mahdolliset kouristukset ja hengenahdistus. Muita yleisiä oireita ovat takykardia, suurentunut hengitystaajuus, kohonnut verenpaine ja alentunut tajunnantaso. Joidenkin tutkimusten mukaan myös metabolinen asidoosi ja hyperglykemia ovat mahdollisia. Viivästyneitä oireita häikämyrkytyksestä ilmaantuu yleensä 2–40 päivän kuluttua altistumisesta ja oireita saa noin 12–50 % aikuispotilaista. Näissä oirekuva ilmenee yleensä henkisten toimintojen heikentymisenä, virtsan- ja ulosteenpidätyskyvyttömyytenä, kuin myös puheentuottamisen vaikeutumisenä ja erilaisina motorisina häiriöinä. Suurimmalla osalla viivästyneitä oireita saaneista henkilöistä oirekuva kuitenkin katoaa seuraavan elinvuoden aikana. (Kuisma ym. 2015, 587.)

6.4 Keuhkorepeämä ja ilmarinta

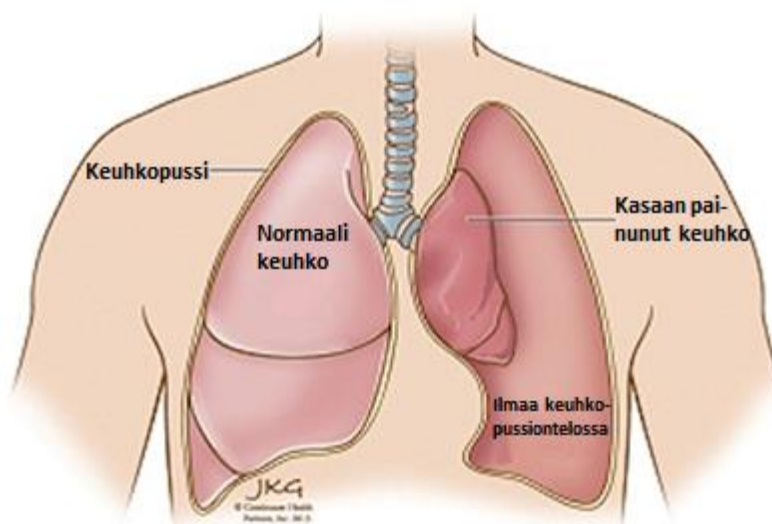
Keuhkorepeämä aiheutuu ylipaineen vaikutuksesta, keuhkojen laajentuessa yli kudoksen venymiskapasiteetin. Yleensä tämä repeämis vamma aiheutuu sukeltajan pidättäessä hengitystään nousun aikana, jolloin keuhkoissa oleva ilma laajenee ympäröivän paineen pienenemisen johdosta Boylen lain mukaisesti. Toisaalta keuhkoputkien supistumistaipumus kylmyyden tai rasituksen seurauksena ja limakalvon paksuuntuminen aiheuttavat saman riskin ilman jäädessä keuhkorakkuloihin ja pieniin ilmäteihin. Toisinaan myös keuhkosairaudet, kuten huonossa hoitotasapainossa oleva astma, voivat lisätä riskiä keuhkorepeämän syntyyn pidentyneen ulohengityksen vuoksi. Tällöin nousun aikana paineistettu hengityskaasu ei välttämättä pääse riittävän nopeasti ulos aiheuttaen keuhkokudoksen laajenemisen. (Sipinen 2010, 439.) COPD eli keuhkohtaumatauti on ehdoton este sukeltamiselle (Kuokkanen ja Suvilehto 2002, 2776).

Keuhkorepeämän oireet ilmenevät tavallisesti muutamien sekuntien sisällä pinnalle pääsyn jälkeen – viimeistään parin minuutin sisällä – ja usein jo ennen pinnalle tuloa (Vikman 2007, 72). Yleisimmät keuhkorepeämän oireet ovat pistävä kipu rinnassa, hengitysvaikeus, hyperventilaatio ja verinen vahto suussa sekä ”veriyskökset”. Löydöksinä sukeltajalla näissä tilanteissa voivat olla myös hiljentyneet hengitysäänet vammapuolelta, lisääntynyt hengitystyö (apulihasten käyttö) ja matala veren happisaturaatio arvo. Joissain tilanteissa myös ilman pääseminen ihon alle voi aiheuttaa rintakehän ja kaulan seudussa palpoiden tunnettavan ja korvin kuultavan krepitaation eli ilman ritinän ihon alla. (Jama 2008, 34; Kuisma ym. 2015, 328 & 526–527.) Keuhkorepeämä voi aiheuttaa sukeltajalle ilmarinnan lisäksi myös muita ongelmia, kuten valtimokaasuembolisaation, jolloin ilmaa

purkautuu keuhkoverenkiertoon. Keuhkorepeämä voi kuitenkin esiintyä myös pelkästään keuhkokudos tasolla.

Ilmarinta syntyy laajenevien keuhkorakkuloiden pettäessä, jolloin keuhkopussin viskeraaliseen lehteen tulee reikä, josta ilmaa pääsee keuhkopussinonteloon. (Kuva 6.) Pieni ilmarinta voi olla lähes oireeton ja toisaalta koko keuhkon painuminen kasaan aiheuttaa selvän hengitysvaikeuden. Keuhkon kasaan painuminen voi tapahtua vähitellen päivien kuluessa ja oireiden alkamis nopeus saattaa vaihdella. (Castrén ym. 2012, 182.) Kokoon painuneen keuhkon ventilaatio on vähäistä tai pahimmillaan olematonta riippuen siitä, miten paljon ilmaa keuhkopussinonteloon on päässyt (Sand ym. 2007, 362).

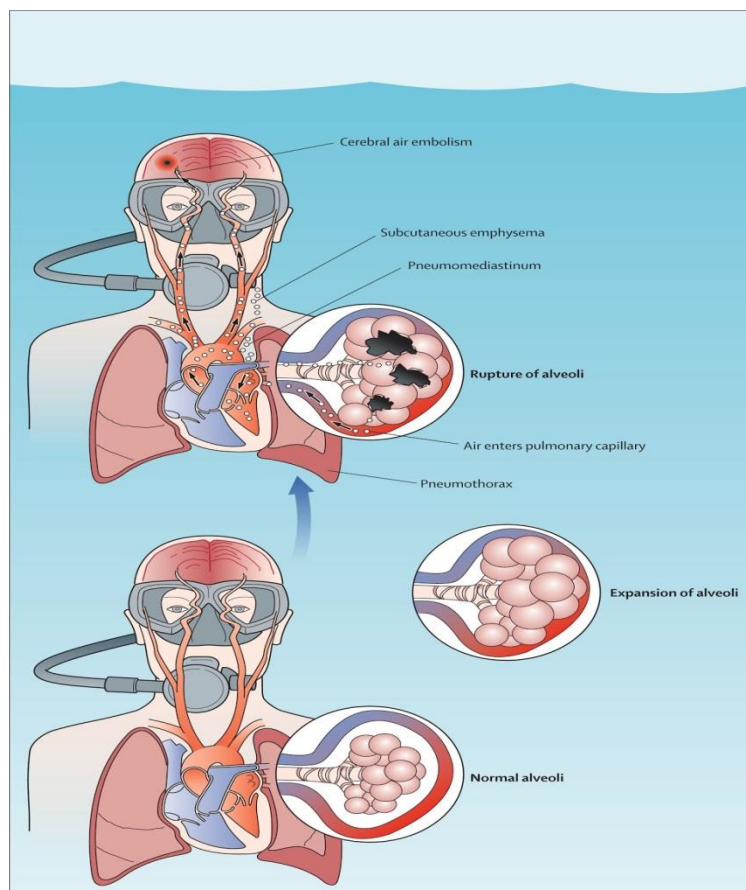
Ilmarinnan oireina ovat hengitysvaikeus, rintakehän vähentynyt liikkuvuus ja kipu rinnassa. Vammautuneeseen keuhkokudokseen syntyy vamman seurauksena limaa ja verta sekä tulehdusreaktion kautta turvotusta, jotka aiheuttavat vammautuneen keuhkonosan kaasujenvaihtohäiriön. Kaasujenvaihtohäiriö kehittyy vaikeimmilleen vasta muutaman päivän kuluessa, mutta jos vamma on laaja-alainen hapenpuute voi kehittyä merkittäväksi jo ensihoitotilanteessa. (Kuisma ym. 2015, 527.) Ilmaa voi päästä myös keuhkojen välitilaan ja sydäntä ympäröiviin kudoksiin, missä se haittaa verenkiertoa ja hengitystä. Jos ilma pääsee keuhkon ja rintakehän väliin niin, ettei se pääse poistumaan, muodostuu niin sanottu yksisuuntainen venttiili, joka aiheuttaa tilan nimeltä jänniteilmarinta eli tensiopneumothorax. (Vikman 2007, 72; Kuisma ym. 2015, 527.) Tämä on hengenvaarallinen hengitystä ja verenkiertoa vaikeuttava tila, joka vaatii nopeaa ensihoitoa. Hoitamattomana jänniteilmarinta painaa keuhkon osittain tai kokonaan kasaan paineen noustessa rintaontelossa normaalin hengityksen yhteydessä. Kun paine rintaontelossa kasvaa painuu yläonttolaskimo kasaan, jolloin palaavan veren määrä sydämeen vähenee. Palaavan veren määrän väheneminen pienentää sydämen minuuttitilavuutta ja aiheuttaa sokin oireet (Kuisma ym. 2015, 432). Lopputuloksena on nopeasti etenevä hengitysvaikeus ja verenkierron romahtaminen. Tyypillisiä löydöksiä kyseisillä potilailla ovat kasvojen alueen syanoosi, pullottavat kaulalaskimot, henkitorven siirtyminen (erittäin myöhäinen merkki), matala veren happisaturaatio arvo, verenpaineen romahtaminen ja intuboidulla potilaalla nopeasti suureneva hengitysvastus. (Kuisma ym. 2015, 527.) Sukeltajalle ilmarinta kuitenkin on vaarallinen ensisijaisesti sen hengitysmekaniikkaa lamaavan vaikutuksensa vuoksi. Sukeltaja ei siis kykene hengittämään riittävästi ja voi tukehtua.



KUVA 6. Spontaani ilmarinta (Mount Sinai Health System 2018).

6.5 Valtimokaasuembolisaatio eli ilmakuplaveritulppa (AGE)

Keuhkorepeämän seurauksena ilmaa voi päästä paineellisena myös valtimoverenkiertoon repeytyneiden keuhkorakkuloiden seinämien verisuonten kautta. (Kuva 7.) Valtimoverenkierrossa nämä kaasukuplat kulkeutuvat eri puolille kehoa, muun muassa aivoihin tai sydämeen. (Vikman 2007, 72; Jama 2008, 36.) Ilmakuplien tukkiessa verisuonistoa alkaa tukkeutuneen suoniston suonittama kudosalue kärsiä hapenpuutteesta. Aivoihin joutuessaan ilmakuplat voivat aiheuttaa sukeltajalle tajuttomuutta, sekavuutta, huimausta, heikkoutta/voimattomuutta, kouristuksia, toispuolista halvaantumista ja näköhäiriöitä. Keuhkorepeämään liittyvässä valtimokaasuembolisaatiossa sukeltaja menettää kuitenkin usein tajuntansa ennen muiden oireiden ilmaantumista, johtuen normaalin verenkierron estyessä aivokudoksessa. Näin ollen oireet, jotka kertoisivat keuhkorepeämästä ja ilmaemboliasta, jäävät sukeltajalta huomiotta. Sukeltaessa syntynyt valtimokaasuembolia johtaakin lähes aina kuolemaan. Sydämeen joutuessaan ilmaembolia tuottaa sydänperäiselle rintakivulle tyypillistä laaja-alaista rintakipua, joka hyvin nopeasti romauttaa sydämen pumppaustoiminnan. Raajaan joutuessaan ilmaembolia aiheuttaa raajan voimattomuuden ja siihen kohdentuvan kovan kivun. (Jama 2008, 36; Sipinen 2010, 438 & 440; Kuisma ym. 2015, 600–601; Jama 2015.)



KUVA 7. Keuhkojen barotrauma sukeltajassa nousun yhteydessä hengitystä pidättäen (Vann ym. 2011, 154).

6.6 Barotraumat eli painevammat

Painevammat syntyvät, kun paine-ero ontelon sisältämän ilman ja ympäröivän paineen välillä kasvaa liian suureksi. Paine-erot syntyvät sukeltajalla laskun tai nousun yhteydessä sukeltajan unohtaessa tasata elimistön onteloiden välistä painetta. (Vikman 2007, 64–73.) Tämä aiheuttaa sukeltajalle erilaisia puristumis- tai laajenemisvammoja kudoksissa eri puolilla elimistöä.

Painevammat voidaan jakaa ali- ja ylipaineesta johtuviin painevammoihin, joista alipainevammat aiheuttavat puristumisvammoja ja ylipainevammat laajenemisvammoja. Ylipaineen ollessa ilman täyttämässä ontelossa voimakas, voi laajenemisvamma edetä jopa repeämäksi saakka kudoksen venymiskapasiteetin loppuessa. Tästä hyvänä esimerkkinä keuhkorepeämä, jota tässä opinnäytetyössä käsiteltiin edellä.

Lievempiä, joskaan ei oireiltaan mitättömiä, paine-eroista johtuvia repeämis vammoja ovat tärykalvon puhkeamiset, niin ali- kuin ylipaineen vaikutuksesta. Välikorvan paineentasausongelmat ovatkin sukeltajien tavallisimpia lääketieteellisiä ongelmia (Kuokkanen ja Suvilehto 2002, 2773). Sukellessa alaspäin tärykalvo painuu sisäänpäin ja muutos on aktiivisesti korjattava paineetasauksella nielun ja korvatorven kautta välikorvaan, tärykalvon puhkeamisen ehkäisemiseksi. (Kuva 8.) Tähän paineen tasaamiseen sukeltajille opetetaan erilaisia paineentasaustekniikoita. Jos

paineen tasaaminen ei kuitenkaan onnistu ja tärykalvo venyy ja lopulta puhkeaa, on seurauksena korvan kova kipu ja lukkoisuus. (Suvilehto ja Räisänen-Sokolowski 2016.) Näissä liitännäisoireina sukeltajalla voi esiintyä kalorista kiertoaiheesta (kylmän veden päästessä välikorvaonteloon) ja nystagmista eli silmävärvettä, tasapainohäiriöitä, pahoinvointia ja mahdollisesti desorientaatiota. (Vikman 2007, 89; Tapiovaara 2007; Jama 2008, 17; Suvilehto ja Räisänen-Sokolowski 2016.) Tämä altistaa sukeltajan vaaraan hukkaa. Näiden ongelmien esiintyminen on myös mahdollista noustessa pintaa kohti paineen laskiessa. Ylöspäin noustaessa korvien epäsymmetrinen toimivuus voi aiheuttaa paine-eron täryonteloiden välillä. Tämä aiheuttaa niin sanotun alternobaarisen eli välikorvien erilaisesta paineesta johtuvan huimauksen, paineärsytyksen vaikuttaessa sisäkorvan nesteisiin. Alternobaarista huimausta voi esiintyä myös laskeutumisvaiheessa. (Kuokkanen ja Suvilehto 2002, 2774; Tapiovaara 2007; Jama 2008, 17.) Erilaiset infektiot korvakäytävässä sekä rakenteelliset poikkeavuudet korvan eri onteloissa voivat häiritä paineentasausa sukelluksen aikana ja osaltaan myös edesauttaa edellä mainittujen ongelmien synnyssä.



KUVA 8. Paineen vaikutus korvaan (Vikman 2007, 64).

Nenän sivuonteloiden osalta paine-erot aiheuttavat lähinnä sukelluksen jälkeistä nenäverenvuotoa. Akuutissa ylähengitystieinfektiossa, kuten vilustumisessa tai influenssassa, nenäontelon limakalvot turpoavat tukkien onteloihin menevät aukot, joka saa aikaan liman kertymisen sivuonteloihin. Tämä voi aiheuttaa sukeltajalle paineentasauksen ongelmia ja verenvuotoa näistä nenän sivuonteloista. Paineen kasvaessa ontelossa voi ilmetä myös kovaa kipua, joka yleensä on niin sietämätön, että sukeltaja ei kykene suorittamaan sukellustaan loppuun asti. Verenvuoto itsessään on yleensä vaaratonta ja loppuu aikanaan perinteisillä ensiaputoimenpiteillä. Tämä paineen kasvusta aiheutunut vaurio voi kuitenkin pitkittää ylähengitystieinfektion kestoja ja estää sukeltamisen pitkälläkin aikavälillä. Nenän sivuonteloiden paineentasaus tapahtuu yleensä itsestään, ellei sukeltajalla ole edellä mainittua limakalvoturvotusta tai limaisuutta. Anatomisista nenäonteloiden rakenteellisista poikkeavuuksista kärsiessään sukeltaja saattaa kohdata myös tuntopuutoksia kasvojen alueella paineen kohdistuessa kasvojen hermoihin. Myös joitain vakavampia tapauksia sivuonteloiden painevamman komplikaatioina on kuvattu kirjallisuudessa, kuten meningiittiä ja sokeutumista. Näiden komplikaatioiden esiintyminen on kuitenkin harvinaista. (Tapiovaara 2007.)

6.7 Hukkuminen

Hukkumisella tarkoitetaan tukehtumista nesteeseen, jonka seurauksena kehittyy hengitysvajaus ja sitä myötä hapenpuute. Sukellusonnettomuuksia pohdittaessa on syytä ymmärtää, että monet onnettomuustyyppit voivat johtaa sukeltajan hukkumiseen. Sukeltaja voi menettää kaasun annostelijan, tehdä erilaisia virhearvioita typpinarkoosista johtuen tai joutua paniikkiin epävakaan sen hetkisen mielentilansa vuoksi. Happimyrkytyksestä johtuva kouristus tai keuhkojen painevaurio voivat myös aiheuttaa sukeltajan hukkumiseen johtavan tapahtumasarjan. Hukkuminen on laitesukeltajan yleisin elottomuuden syy. (Silfvast 2017.)

Lähes 99 % hukkuneista on löydetty oikeuslääketieteellisessä ruumiinavauksessa vettä keuhkoista. Mikäli keuhkoihin aspiroidaan vettä painuvat keuhkojen alveolit kasaan, joka aiheuttaa veren hypoksemian eli vähähappisuuden. Aspiroitu vesi kuitenkin aiheuttaa nopeasti sukeltajalla kurkunpään spasmin ensimmäisten hengenvetojen yhteydessä ja näin aspiroitu vesimäärä jää usein hyvin pieneksi. Myöhempänä seurauksena hukkuneella voi kuitenkin esiintyä aspiraatiopneumonia ja äkillinen hengitysvajausoireyhtymä eli ARDS (acute respiratory distress syndrome). Näiden komplikaatioiden esiintyminen on yleistä erityisesti makean veden seassa olevia epäpuhtauksien vuoksi, jotka päätyvät keuhkoihin aspiraation yhteydessä. Äkillisessä hengitysvajausoireyhtymässä kaasujen vaihtuminen alveolien ja verenkierron välillä on häiriintynyt tulehduksellisen mekanismin synnyttämän keuhkovaurion vuoksi. Hukkumisen vakavimpana seurauksena on elottomuus, joka aiheutuu hengityksen pidättämisen ja hengittämättömyyden vuoksi. Lopulta sydän pysähtyy, jolloin primääriyrytmänä tavoitetaan usein hukkuneella asystole tai sykkeetön rytmi eli PEA (pulseless electrical activity). Jos hukkuneelta potilaalta tavoitetaan rytminä kammiovärinä tai kammiotakykardia on tähän usein syytä sairaskohtaus tai hypotermia. (Jama 2008, 36; Kuisma ym. 2015, 592; Silfvast 2017.)

7 LAITESUKELLUSONNETTOMUUKSIEN ENSIHOITO JA HOITOPAIKAN VALINTA

Ensihoitotehtävä käynnistyy aina hätäkeskuksen antamalla tehtävällä, joka sisältää esitiedot tehtävästä ja hälytettyjen viranomaisyksiköiden määrästä. Tehtäväkoodin perusteella voidaan tehdä päätelmiä itse tehtävästä, sekä hälytettyjen viranomaisyksiköiden laadusta. Näistä tiedoista tehtävälle lähtiessä pyritään muodostamaan tilannekuva tapahtumista jo ennen kohteeseen saapumista. (Kuisma ym. 2015, 88.) Sukellusonnettomuuksissa esitietojen merkitys korostuu, sillä sukelluskohteet sijaitsevat usein vaikeakulkuisissa paikoissa kuten louhoksilla, kaivoksissa tai paikoissa, jotka ovat saavutettavissa vain veneellä. Asianmukaisen kaluston saaminen kohteeseen pelastustoimen avulla on välttämätöntä sukellusonnettomuuspotilaan riittävän nopean hoidon aloittamiseksi ja kuljetuksen järjestämiseksi. Rajavartiolaitoksen ja puolustusvoimien kaluston käyttö voi tulla kyseeseen pelastustoimen johtajan harkinnan mukaan. Lisätietojen selvittäminen matkalla onnettomuuspaikalle on myös merkityksellistä yhteistoiminnan ennalta suunnittelemiseksi ennen kohteeseen saapumista. Esimerkiksi lisätiedot potilaan sijainnista, onko potilas veden pinnalla vai pinnan alla tai onko potilas vedessä vai kuivalla maalla, voivat olla ajallisesti ratkaisevia potilaan hoitoon pääsyn kannalta. (Lappi, 2017.)

7.1 Sukellusonnettomuuksien hoidon yleiset periaatteet

Sukellusonnettomuuspotilaan hoidon kulmakivenä on riittävien esitietojen selvittäminen potilasta tutkittaessa. Normaalin haastattelun yhteydessä saadut tiedot perussairauksista ja säännöllisistä lääkityksistä, sekä oireiden laadusta ja alkamisajasta, eivät ole riittäviä tietoja sukellusonnettomuuspotilaan jatkohoidon kannalta. Sukellusonnettomuustilanteet vaativat ensihoitajalta tarkkaavaisuutta. Potilaan lääketieteellisten esitietojen selvittämisen lisäksi olisi syytä selvittää edellisten sukellusten ajankohdat ja väliajat niiden jälkeen, sekä mahdolliset aiemmin koetut sukellusonnettomuudet tai sukeltajataudit. Tapahtumapaikalla maallikon antaman ensiavun kirjaaminen on myös tärkeää tietoa. (Kuokkanen 2002, 2770.) Onnettomuuden kulun osalta keskeisintä on tietää sukelluksen aikana saavutettu maksimi syvyys, sukellusaika, alttiina olo-aika sekä mahdolliset veden alla tapahtuneet nopeat ulkoisen paineen vaihtelut, kuten hallitsematon pintaautuminen ja sukelluksen aikana käytetty hengityskaasu. Sukellukseen liittyvien tietojen kysyminen ja kirjaaminen aiheeseen perehtymättömälle voi olla hyvin vaikeaa, joten sukeltajien yleisesti käyttämän sukellustietokoneen kuljettaminen potilaan mukana on järkevä ratkaisu. Sukellustietokone sisältää tärkeitä edellämainittuja sukelluksen tietoja. (Kuokkanen 2002, 2770; Jama 2008, 33; Jama 2015.)

Lähtökohtana kaikissa laitesukellusonnettomuuksissa on potilaan hyvä hapetus, kuten nykyisessäkin ensihoito-oppaan ohjeistuksessa, ja nesteytys isotonisella nesteellä. Happeuttaminen tulisi toteuttaa varaajapussillisilla happeuttamisvälineillä myös intuboidun potilaan kohdalla. Käytännössä tämä tarkoittaa varaajapussilla varustetun hengityspalkeen käyttöä intuboitua potilasta ventiloitaessa. Hengitystien turvaamisen aiheita ovat matala tajunnantaso eli Glasgow Coma Scale pisteytys on alle 8, elottomuus, hengitysvajaus eli hengitystaajuus alle 8 krt/min tai mahdollisuus hengitystien menettämiseen muusta syystä. Intubaatioputken kalvosin tulisi täyttää 0,9 % keittosuolalla, koska

jatkoahoito tapahtuu ylipaineessa painekammiossa. Kalvosimen eli kuffin ylitäyttöä tulee varoa. Hengitystien turvaamisesta tulee aina pyytää hoito-ohje ensihoitolääkäriltä. Suonensisäisessä nesteetyksessä tulisi käyttää isotonisia nesteitä korvaamaan potilaan hypovolemiaa, sillä muiden hypo- tai hypertonisten nesteiden käytöllä voidaan saada aikaan epäedullisia vaikutuksia sukeltajalle. (Nurmi 2001, 262; Kuokkanen 2002, 2771; Jama 2008, 36; Vann ym. 2011, 158-160; Besserau ym. 2012; Kuisma ym. 2015, 194 & 601–602; Jama 2015; Kurola, 2016.)

Kliinisesti potilasta tutkittaessa, peruselintoimintojen varmistamisen lisäksi, ensihoitajan tulee kiinnittää huomiota mahdollisiin painevammoihin, rytmihäiriöihin sekä neurologisiin oireisiin. Painevammojen osalta selkeimmät merkit löytyvät pääasiallisesti pään eri onteloiden eli korvien ja nenän seudulta, joiden verenvuoto on merkki äkillisesti tapahtuneesta paineen muutoksesta ja paineen tasauksen epäonnistumisesta. Toiseksi selkeimpänä löydöksenä voi olla eriateisia hengitysmekaniikan häiriöitä, jotka ilmenevät ensihoitajalle vaikeimmillaan rintakehän toispuoleisena liikkeenä sekä hengityksen rajuna vaikeutumisenä, jota elimistö kompensoi apulihaksilla ja hengitystaajuuden kohottamisella. Rytmihäiriöiden osalta hypotermia kasvattaa riskiä sukeltajalla esiintyviin kammioperäisiin rytmihäiriöihin, joihin varautuminen potilaan mahdollisimman aikaisella monitoroinnilla olisi suotavaa. Myös 12-kanavainen sydänfilmi on tarpeen, sillä sukellusonnettomuuden perimmäisenä syynä voi taustalla olla spontaanisti alkanut rytmihäiriö. Hypotermisen potilaan käsittelyssä tulee olla erityisen varovainen, kasvaneen kammiovärinäherkkyyden takia. (Jama 2008, 34; Kuisma ym. 2015, 592–598, 600 & 605–609.)

Neurologisessa tutkimuksessa pyritään löytämään sukeltajataudin eri-asteisia oireita. Pääsääntöisesti neurologiset löydökset eroavat suhteessa aivoinfarktin yhteydessä havaittuihin löydöksiin. Ihon tuntopuutokset ja tasapainon häiriöt ovat hyvin yleisiä löydöksiä sukeltajataudin yhteydessä ja voivat jäädä huomioimatta pintapuolisen tutkimuksen yhteydessä. Sukeltajan kliinisessä tutkimuksessa tulisi kiinnittää huomiota niin tajuntaan, vireystilaan, lähimuistiin, ihon tuntopuutoksiin, tasapainoon, jänneheijasteisiin sekä raajojen normaaliin toimintakykyyn. Koordinaatio voi olla epäsuhtainen ja poikkeavuudet havaitaan yksinkertaisilla sormi-nenänpää-, seisonta-kävely- ja kantapää-varvaskävelytesteillä. Heijasteiden eli refleksien tutkiminen on vanhastaan mielletty enemmän lääkärin tutkimukseen kuuluvaksi. Kuitenkin sukeltajataudin yhteydessä erityisesti akillesjänteen heijasteen korostuminen on huomattava ja sen arviointia voi harkita jo ensihoitotilanteessa. Muu fyysinen tutkimus potilaasta on usein normaali, erityisesti silloin kun oireet rajoittuvat kipuun ja parestesiaan eli ihon tuntopuutoksiin, kihelmöintiin ja pistelyyn. (Kuokkanen 2002, 2770; Vann ym. 2011, 156; Jama 2015; Kuisma ym. 2015, 154–156.)

Sukeltajan raskaat varusteet ja kuiva- tai märkäpuku voivat vaikeuttaa sukeltajan hengitysmekaniikkaa, sekä haitata potilaan kliinisen tilan tutkimista. Iholta mahdollisesti löytyvät verenpurkaumat ja lautumat ovat hankalia havaita pelkästään kuiva- tai märkäpuvun vetoketjua raottamalla. Sukeltajan paljastaminen tutkimustilanteissa tulisi kuitenkin minimoida mahdollisimman lyhyeksi ja riittävä lämpötaloudesta huolehtiminen tulee pitää mielessä koko tutkimuksen ajan, huomioiden sukeltajan mahdollinen hypotermia. Liiallista sukeltajan lämmitystä tulisi kuitenkin

välttää, sillä hypertermia voi pahentaa potilaan neurologisia vaurioita. (Tetzlaff ym. 2003, 2131; Jama 2008, 17–18; Jama 2008, 36; Kuisma ym. 2015, 601.)

Henkeä uhkaavissa tilanteissa, kuten paineilmarinta tapauksissa ja elottomuudessa, ensihoitajan huomio tulee kiinnittyä ensisijaisesti potilaan peruselintoimintojen hoitoon. Edellä mainitut suositukset selvitettävistä asioista kaavamaisine rakenteineen toimivat ohjenuorana, jota jokainen ensihoitaja omassa työssään soveltaa henkilökohtaisen näkemyksensä ja tilanteen mukaan. Lopulliset hoidon linjaukset ensihoitotilanteissa tulee kysyä ensihoitolääkäriltä ja erityisesti sukellusonnettomuus tilanteissa lopullisen hoitopaikan riittävän aikainen suunnittelu voi parantaa potilaan ennustetta. Pohjois-Savon sairaanhoitopiirin alueella potilaat kuljetetaan oireiden vaikeusasteen mukaan tarkoituksenmukaisimpaan hoitopaikkaan. Tyypin 2 sukeltajantaudissa ja valtimokaasuembolisaatiossa, potilaat vaativat nopean siirron ylipainehappihoitoa tarjoavaan jatkohoitopaikkaan. (Liite 2.) Vaikea-oireiset potilaat viedään pääsääntöisesti Kuopion yliopistollisen sairaalan päivystykseen, josta he ohjautuvat lopulliseen hoitopaikkaan eli painekammiohoitoon. Kiireelliset potilaat voidaan kuitenkin kuljettaa helikopterilla suoraan onnettomuuspaikalta painekammiohoitoa tarjoavaan sairaalaan. Ongelmaksi lentokuljetuksessa muodostuu kuitenkin ilmakehän tuottaman ympäröivän paineen lasku, joka voi pahentaa potilaan oireita kaasukuplien laajentuessa elimistössä entisestään. Näin ollen lentokorkeus ei saisi käytettyjen lähteiden mukaan ylittää 300 metriä. Yli 300 metrin lentokorkeudet vaativat erityisen lentokaluston, jossa ohjaamon paine voidaan muuttaa keinotekoisesti korkeammaksi kuin vallitsevassa korkeudessa oleva paine olisi todellisuudessa. (Kuokkanen 2002, 2771; Tetzlaff ym. 2003, 2131; Kuisma ym. 2015, 602.)

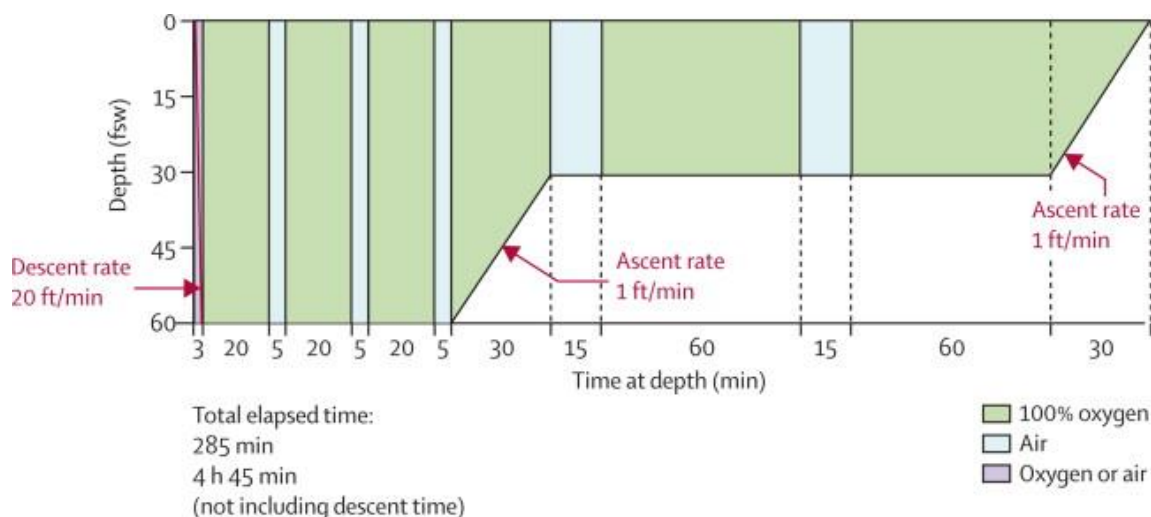
7.2 Sukeltajantaudin (DCS) ja valtimokaasuembolisaation (AGE) hoito

Ensihoito toteutetaan ABCDE-periaatteen mukaisesti. Huolehditaan potilaan ilmatiestä, hengityksestä sekä verenkierrosta. Spontaanisti hengittävälle potilaalle aloitetaan happihoito 100 % hapella ja varaajamaskilla mahdollisimman suuren happiprosentin saavuttamiseksi sisäänhengitysilmassa. Tämä parantaa tutkitusti sukeltajantautipotilaan ennustetta ja painekammiohoidon vastetta. Puhtaan hapen antaminen vähentää inertin kaasun määrää sisäänhengitysilmassa ja näin parantaa kudosten hapensaantia. Tajuttoman potilaan hengitystiet avataan ja hengitystä tuetaan maski-paljeventilaatiolla, mikäli hengitystaajuus on alle 8 krt/min tai muutoin riittämätöntä kaasujen vaihtumisen turvaamiseksi. Hengitystien turvaamisen tarpeesta intubaatiolla tai muulla välineellä pyydetään hoito-ohje ensihoitolääkäriltä. (Tetzlaff ym. 2003, 2130; Vann ym. 2011, 158, Kuisma ym. 2015, 598–602.)

Hypotermia altistaa rytmihäiriöille ja lisää diureesia. Diureesi itsessään heikentää verenkiertoa elimistön ääreisosissa, joka heikentää kudosten hapensaantia ja hidastaa typen eliminaatiota. Hypotermia aiheuttaa verenkierron sentralisoitumista, joka osaltaan heikentää inertin kaasun poistumista. (Kuisma ym. 2015, 602.) Potilasta tulee nesteyttää, sillä normovolemia parantaa kudosten verenkiertoa ja edesauttaa näin kudosten hypoksian korjaamista yhdessä happihoidon kanssa. Glukoosipitoisia nesteitä ei anneta, sillä ne pahentavat neurologisia vaurioita ja altistavat

hyperglykemian syntymiselle. Isotonista nestettä annostellaan laskimonsisäisesti 10 ml/kg ensimmäisen puolen tunnin aikana ja jatkossa verenpainevasteen mukaan. Nestetasapainon seuraamiseksi kestopatentointia on syytä harkita, jos kuljetusmatka on pitkä. Tämä ei ole kuitenkaan ensivaiheen toimenpide. Tajuissaan olevan potilaan nesteytyksen voi toteuttaa suun kautta karkeasti arvioiden noin yksi litra nestettä tunnin aikana. Sukeltajan kärsimästä dehydraatiosta ja nesteytyksestä on puhuttu laajalti erilaisissa tutkimuksissa ja lääketieteellisissä julkaisuissa, mutta ensihoito-opas ei tällä hetkellä ohjeista nesteyttämään potilasta sukeltajantaudin yhteydessä. (Sipinen 2010, 440; Vann ym. 2011, 158–160; Jama 2015; Kuisma ym. 2015, 602.)

Nopea hoito-ohjeen pyytäminen lääkäriltä korostuu etenkin vaikeissa sukeltajantauti tapauksissa, jolloin potilaan nopea kuljetus ylipainehappihoitoon on tärkeää. Ylipainehappihoidossa typpikuplat eliminoidaan elimistöstä luomalla uudelleen sukelluksen yhteydessä ollut paineen muutos keinotekoisesti. Tällä pyritään puristamaan kokoon jo syntyneitä typpikuplia verenkierrassa ja saamaan ne liukenemaan takaisin kudokseen. Tätä toimenpidettä kutsutaan rekompresioksi. Hallituissa olosuhteissa suoritetun rekompresion avulla typpikuplat saadaan vapautettua kudoksista niin, että ne suodattuvat hengityksen mukana pois elimistöstä. Ylipainehappihoidon toistamisella oireiden häviämisen jälkeen pyritään parantamaan kudosten happeutumista ja elvyttämään niissä ollutta hypoksiaa. (Sipinen 2010, 438; Vann ym. 2011, 158 & 161; Kuisma ym. 2015, 598–603; Suvilehto ja Räisänen-Sokolowski 2016.) Paineammiossa potilasta hoidetaan oireiden perusteella tietyn hoitokaavion mukaisesti. Kuvassa 9 on esitetty yhdysvaltalaisen laivaston hoitokaavio 6, joka on myös suomessa yleisesti käytössä sukeltajantauti tapauksien hoidossa.



KUVA 9. Yhdysvaltojen laivaston hoitotaulukko numero 6 (Vann ym. 2011, 159).

Valtimokaasuembolisaatio on ensihoidossa hyvin huono-ennusteinen tilanne, kuten edellä on mainittu. Jaman artikkelin mukaan ensihoitotilanteessa voisi kuitenkin olla hyötyä verenkiertoa tukevasta hoidosta, nesteytyksen ja tarvittaessa inotrooppi-lääkityksen avulla. Inotrooppien eli sydämen supistuvuutta lisäävien lääkkeiden osalta nesteytykseen reagoimattoman hypotonian hoitoon voidaan käyttää noradrenaliini-infuusiota. Ensijaisesti valtimokaasuembolia tulisi hoitaa ylipainehappihoidossa. Käytännössä tämä tarkoittaa Suomessa potilaan nopeaa kuljetusta Turun

yliopistolliseen sairaalaan, jossa kyseinen hoito voidaan toteuttaa päivystyksellisesti. Sekä sukeltajantauti-, että valtimokaasuembolisaatiopotilaat, kuljetetaan vaakatasossa, selkä-asennossa. Trendelenburgin-asennolla ei ole todettu olevan kaasun kulkeutumista estävää vaikutusta eteenpäin systeemisessä verenkierrossa. Useiden lähteiden mukaan sukellusonnettomuuspotilailla Trendelenburgin-asennolla on todettu olevan myös aivoödeeman riskiä lisäävä vaikutus. Rekompresio on todennäköisesti ainoa vaikuttava hoito valtimokaasuembolisaatioon (Jama 2008, 36; Vann ym. 2011, 158–160). Sen avulla valtimoihin päätynyt ilmaembolia pystytään "imeyttämään" kudoksiin ja pois verisuonista vapauttaen näin verenkierto ilmaembolian tukkimalta alueelta. Kuten sukeltajantaudissa, 100 % hapen antaminen ja nesteytyksen varhainen aloittaminen ovat tarpeen myös valtimokaasuembolisaatiossa. Nopea hoito-ohjeen pyytäminen lääkäriltä tilanteessa on järkevää hoidon linjausten ja kuljetusosoitteen selvittämiseksi. (Blomgren, Suvilehto ja Atula 2015.) Äkkielottomuudessa embolisaatio ei ole kliinisesti todettavissa puuttuvien diagnostisten menetelmien vuoksi ensihoitotilanteessa. Elvytystä kannattaa yrittää mahdollisesta valtimokaasuembolisaatiosta huolimatta. (Suvilehto ja Räisänen-Sokolowski 2016.)

Lääkkeiden käyttöä sukeltajantaudin hoidossa on tutkittu, mutta riittävää näyttöä niiden tehosta ei ole pystytty osoittamaan. Antitromboottisten lääkkeiden, kuten asetyylilisisylihapon, klopidogreelin tai pieni molekulaarisen hepariinin, annosta potilas saattaisi hyötyä mikäli oletetaan että verenkierrossa syntyneisiin tyyppikuoppiin alkaa takertua verihytaleita. Aiemmin asetyylilisisylihapon anto oli osa sukeltajantaudin ensihoitoa, mutta sen hyödyllisyyden näytön puuttuessa siitä päätettiin luopua kansainvälisessä ohjeistuksessa. Asetyyllisisylihapo vaikuttaa elimistössä useankin vuorokauden, kunnes trombosyytit ovat kokonaisuudessaan täysin uusiutuneet. Sukeltajantauti esiintyy osittain myös eriateisena kombinaationa painevammojen kanssa eli niin sanotussa sukeltajansairaus muodossa, jolloin asetyylisisylihapon antoon liittyy teoreettisia riskejä. Antitromboottisen lääkkeen anto pahimmillaan aiheuttaa sukeltajalla enemmän vuotokomplikaatioita kuin hyötyjä rekompresion aikana. Myös aivoverenvuodot ovat teoriassa mahdollisia, huomioiden aiempien tutkimusten havainnot verenvuodosta keskushermostossa tyyppin 2 eli vaikean sukeltajantaudin yhteydessä. (Tetzlaff ym. 2003, 2133; Vann ym. 2011, 160; Westerweel, Fijen ja Van Huls 2013.)

Vann ym. mukaan, eräässä tutkimuksessa NSAID-lääke Tenoxicam paransi sukeltajantauti potilailla taudin oireilun katoamista rekompresion aikana, vähentäen näin tarvittavien rekompresioiden määrää. Lääkkeellä huomattiin myös trombosyyttien elpymistä edistävää vaikutusta, mutta kokonaisuudessaan se ei muuttanut hoidon tulosta verrattuna aiempiin hoito-ohjeistuksiin. Tulevaisuuteen katsoen Vann ym. mukaan lupaavin lääkevalmiste näyttää olevan perfluorokarboni. Happi ja inertit kaasut, kuten typpi ja helium, ovat hyvin liukenevia näihin yhdisteisiin. Todennäköisesti perfluorokarboni parantaa kudoksen happeutumista ja inertin kaasun poistumista kudoksista keuhkoihin. Tämä hyöty on todennettu hiirillä tehdyissä ulkomaisissa kokeissa. Lisäksi sioilla tehdyn tutkimuksen perusteella lääkkeen käyttö pienensi sairastavuutta ja kuolleisuutta. Perfluorokarbonin käyttöä ylipainehappihoidon aikana ei ole vielä tutkittu. Tulevaisuuden näkymät lääkkeen käyttöön otosta odottavat vielä asianmukaisen valmisteen tuloa, joka olisi koekäytettävissä todellisilla sukeltajantauti potilailla. Muita tutkimusten alla olleita lääkevalmisteita ovat olleet

lidokaiini ja kortikosteroidit, mutta näyttöä niiden tehosta ei olla pystytty osoittamaan. (Tetzlaff ym. 2003, 2133–2134; Vann ym. 2011, 160; Besserau ym. 2012; Kuisma ym. 2015, 223.)

7.3 Keuhkorepeämän ja ilmarinnan hoito

Diagnostisesti keuhkorepeämän ja ilmarinnan toteaminen ensihoidossa voi olla hyvin vaikeaa, kun huomioidaan muut mahdolliset syyt saman tyyppisen oireiston syntyyn. Esimerkiksi sukelluksen rasituksesta johtuva sydänperäinen rintakipu voidaan sekoittaa keuhkorepeämän oireisiin. Lopullinen diagnoosi pystytäänkin tekemään ainoastaan sairaalassa kuvantamistutkimuksilla, kuten muissakin ilmarinta tapauksissa. Joka tapauksessa tilanne vaatii nopeita hoitotomenpiteitä, sillä potilaan tilan romahtaminen ja mahdolliseen mekaaniseen ventilaatioon siirtyminen ilman pleuran dreeneeraamista (lääkäriyksikön toimenpide) kehittää helposti jänniteilmarinnan. (Kuisma ym. 2015, 328 & 526–527; Lyyra 2016.)

Keuhkorepeämän ja ilmarinnan epäily herää lähinnä hengityksen pidättämisen ja äkillisen hallitsemattoman nousun yhteydessä. Toisinaan pintaautumisen aikana tai sen jälkeen alkanut kova pistävä kipu rinnassa ja hengityksen vaikeutuminen ylähengitystie infektion tai astman yhteydessä herättää epäilystä pidentyneestä uloshengityksestä ja syntyneestä keuhkorepeämästä. Inspektiolla ja erityisesti auskultaatiolla on merkittävä rooli hoitopäätösten kannalta. Normaalit hengityssänet eivät poissulje ilmarinnan mahdollisuutta ja perkussio eli koputtelu voi tulla kyseeseen tehtäessä karkeaa rajausta siitä, onko kyseessä keuhkorepeämä ja siitä seurannut ilmarinta vai joku muu hengitystä vaikeuttava tekijä. Perkussio tutkimuksena vaatii harjaantumista, eikä se ole suositeltavaa kokemattomalle ensihoitajalle. Perkussiossa erittäin kumiseva ääni voi johtua ilmarinnasta, kun taas painunut ääni herättää epäilystä keuhkon nestepitoisuuden suurentumisesta. Toispuoleinen selkeä hengityssänen puutos tai hiljentyminen on varma merkki ilmarinnasta. Jollei kyseessä ole jänniteilmarinta, joka vaatisi välitöntä neulatorakosenteesiä eli pleuratilän punktoimista vamma puolelta, hoidoksi keuhkorepeämässä ja ilmarinnassa riittää normobaarisen 100 % hapen hengittäminen ja kivunhoito. Keuhkorepeämä voi vapauttaa ilmaa myös muualle kuin keuhkopussin sisälle sukelluksen yhteydessä, jolloin huomiota tulisi kiinnittää ihon alaisen ilman eli subkutaani emfyseeman havaitsemiseen. Emfyseeman havainnointi tulisi keskittää kainalo- ja soliskuopista palpoiden havaittavaan löydökseen, ilman ritinään eli krepitaatioon sormien alla. (Vikman 2007, 72; Jama 2008, 34; Kuisma ym. 2015, 126, 328 & 526–527; Lyyra 2016.)

7.4 Happimyrkytyksen hoito

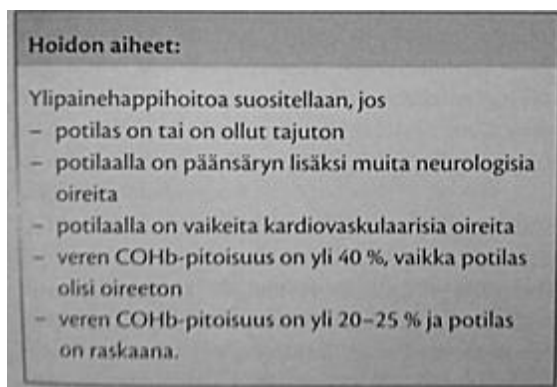
Happimyrkytyksen diagnostiikka on hankalaa ensihoitajan näkökulmasta. Hapen myrkylliset vaikutukset häviävät, kun hapen osapaine laskee sukeltajan noustessa pintaan ja ympäröivä paine laskee. Sukeltajan oireet voivat olla monimuotoiset ja alkuperäinen onnettomuuden syy voi jäädä usein huomiotta. Itse happimyrkytykseen ei ensihoidolla ole hoitokeinoja, mutta happimyrkytyksen seurauksena syntyneet painevammat, kouristelu, hukkuminen, elottomuus ja sukeltajantauti vaativat hoitoa. (Vikman 2007, 91–92; Suojoki ym. 2008, 26–29.)

7.5 Häkämyrkytyksen hoito

Ensihoidossa häkämyrkytystä tulisi epäillä sukeltajilla, joilla on päänsärkyä, huimausta, yleistä heikkoutta, pahoinvointia, keskittymiskyvyn puutetta ja hengenahdistusta. (Kuva 10.) Muita yleisiä löydöksiä ovat takykardia, kohonnut hengitysfrekvenssi, korkea verenpaine ja alentunut tajunnantaso. Huomioitavaa oireissa on, että monet niistä voivat johtua myös muista sukelluksesta johtuvista syistä. Häkäpulssioksimetria olisikin hyvä suorittaa mahdollisuuksien mukaan kaikille sukeltajille. Yleensä häkämyrkytys kehittyy kuitenkin ilman ennakkovaroitusta ja tajuttomuus on hyvin yleistä. Tilaan voi liittyä myös kouristelua. Hoito tapahtuu 100 % hapen hengittämisen lisäksi kouristelun ja tajuttoman potilaan hoito-ohjeiden mukaisesti. Pulssioksimetriaa käytettäessä on huomioitava, että happisaturaatio arvo voi olla normaali häkämyrkytyksestä huolimatta, koska hemoglobiiniin sitoutunut hiilimonoksidi suurentaa happisaturaatio arvoa. Ylipainehappihoitoa suositellaan vaikeimmissa häkämyrkytys tapauksissa. (Kuva 11.) Hengitystien varmistamista tulisi harkita tilanteissa, joissa potilaan tajunnantaso on madaltunut eli GCS alle 8 tai potilas on ekshaustiossa eli uupumuksessa vaikeutuneen hengityksen vuoksi. Hengitystien varmistaminen tulee aina tapahtua lääkärin hoito-ohjeen perusteella. Tajunnanhäiriöinen potilas käännetään kylkiasentoon ja tarpeen mukaan, hengitystaajuus alle 8 krt/min, maski-palje ventiloidaan 100 % hapella. Verenkierron riittävyys arvioidaan ja rekisteröidään 12–14 -kanavainen sydänfilmi mahdollisten iskeemisten muutosten ja rytmihäiriöiden vuoksi. Muut lääkkeelliset tukihoidot, kuten beetasalpaajan käyttö takykardian hoidossa, tehdään lääkärin hoito-ohjeen perusteella. Elottomana kohdattua potilasta elvytetään normaalisti ensihoito-oppaan ohjeen mukaisesti. (Vikman 2007, 93; Kuisma ym. 2015, 127, 129 & 586; Kurola ja Lund 2016.)

Häkämyrkytysten luokittelu veren karboksi-hemoglobiinipitoisuuden ja oireiden perusteella:
1. vakava myrkytys: COHb-pitoisuus > 25 %
2. myrkytys: COHb-pitoisuus 10,1–25 %
3. myrkytysepäily: COHb-pitoisuus ≤ 10 %, mutta potilaalla neurologisia oireita tai löydöksiä
4. ei myrkytystä: COHb-pitoisuus ≤ 10 % eikä neurologisia oireita tai löydöksiä.

KUVA 10. Häkämyrkytysten luokittelu veren karboksihemoglobiinipitoisuuden ja oireiden perusteella (Kuisma ym. 2015, 587).



KUVA 11. Hoidon aiheet (Kuisma ym. 2015, 589).

7.6 Kouristelun hoito

Kouristelu on seurausta happimyrkytyksestä, sukeltajataudin aiheuttamasta neurologisesta oireistosta, valtimokaasuembolisaatiosta tai häikämyrkytyksestä. Perussairauden aiheuttamaa kouristelua ei voida kuitenkaan täysin sulkea pois. Kouristelun syyn selvittämisessä esitiedot potilaan terveydentilasta ja sukelluksen kulusta nousevat tärkeään asemaan. Kouristelevan potilaan hoito on samanlaista syystä riippumatta. (Vaula 2016.)

Alkuvaiheessa on tärkeintä huolehtia, ettei kouristeleva potilas vahingoita itseään. Erityisesti päätä suojataan lisävahingoilta. Kouristelun jälkeen potilas käännetään kylkiasentoon aspiraation ehkäisemiseksi, huolehditaan hengitysteiden avoimuudesta ja aloitetaan hapenanto varaajamaskilla. Ensisijainen kouristelun hoito sukellusonnettomuuksissa tulisi tehdä käyttämällä bentsodiatsepiineja suonensisäisesti. Mikäli suonihteyttä ei saada kouristelun vuoksi avattua, käytetään muita vaihtoehtoisia annostelureittejä kuten bukkaalista ja intranasaalista annostelua. Kouristelun loputtua potilaalle on helpompaa avata suonihteyttä ja kouristelun hoitoa voidaan jatkaa suoneen annosteltavalla lääkkeellä tarpeen mukaan. Ensihoito-oppaan mukaan potilasta nesteytetään 10ml/kg/h. Sukellusonnettomuuksissa potilas on kuivunut diureesista johtuen, joten kouristelun yhteydessä toimitaan, kuten muissakin sukellusonnettomuuksissa ja potilasta nesteytetään aggressiivisemmin kuin normaalissa kouristelun hoito-ohjeistuksessa on kehoitettu. Tämä tarkoittaa käytännössä nestehoidon toteutusta nopeammin 10ml/kg/½h. (Nurmi 2001, 262; Vaula 2016.)

Potilaalta mitataan myös verenpaine, verensokeri, syke, hengitystaajuus, happisaturaatio sekä aloitetaan rytmien seuranta monitorilla. Hengitysäänet on syytä kuunnella, kun otetaan huomioon sukelluksen aikaisen mahdollisen kouristelun aiheuttama keuhkojen painevamma ja aspiratio. (Kuisma ym. 2015, 416–417.)

7.7 Hukkununeen ja elottoman hoito

Hukkuneen hoidossa noudatetaan ensihoito-oppaan ohjeita. Potilaalle tehdään ensiarvio ja välittömien hoitojen jälkeen tarkennettu tilanarvio ABCDE-periaatteella. Elossa olevan hengitystiet

avataan ja suusta poistetaan eritteet, kuten muta, hiekka sekä muut epäpuhtaudet. Jos tajunnan taso on matala eli GCS alle 8 tai hengitys riittämätöntä hengitysfrekvenssin ollessa alle 8 krt/min ja happisaturaation alle 90%, avustetaan hengitystä maski-palje-ventilaatiolla. Muutoin tajuton spontaanisti hengittävä potilas käännetään kylkiasentoon ja 100 % hapen anto aloitetaan varaaja-maskilla. Riittävästä nesteytyksestä huolehditaan, kuten muissakin sukellusonnettomuuksissa. Ensihoitolääkäriltä tulee pyytää hoito-ohje hengitystien varmistamisen tarpeesta. Intubaatiota harkitaan, jos potilaan hengitys ja happeutumisen on riittämätöntä tai potilaan tajunnantaso matala. Kokemattomille henkilöille suositeltavampaa on kuitenkin käyttää muita vaihtoehtoisia hengitystien turvaamiseen käytettäviä välineitä, kuten supraglottisia välineitä esimerkiksi kurkunpääputkea tai kurkunpäänaamaria. Näiden vaihtoehtoisten välineiden käyttöön liittyy kuitenkin merkittävä aspiraatio riski. Peruselintoimintojen turvaamisen jälkeen potilaalta mitataan verenpaine, syke, saturaatio, lämpö, hengitystaajuus sekä kuunnellaan hengityssäänet. (Kuisma ym. 2015, 596–597; Martikainen 2016; Lyyra 2016.)

Hukuksiin joutuneella on keuhkopöhön riski ja sukellusonnettomuuden yhteydessä lisäksi ilmarinnan vaara. Keuhkojen auskultaatiolla selvitetään: Kuuluuko hengitysteistä rohinaa aspiraation tai pöhön seurauksena vai ovatko hengityssänet hiljentyneet ilmarinnan seurauksena? Hereillä olevalle keuhkopöhö-potilaalle aloitetaan CPAP-hoito säädöillä 5-10 cm H₂O, potilaan jaksamisen mukaan. CPAP-hoitoa ei voida aloittaa, mikäli potilas on tajuton, heikosti ko-opperoiva tai hänellä epäillään ilmarintaa (Martikainen 2016; Kuisma ym. 2015, 310.)

Elottoman elvytys aloitetaan viidellä (5) puhalluksella, jonka jälkeen noudatetaan normaalia elvytysohjetta. Adrenaliini annostellaan normaaliin tapaan ensihoito-oppaan mukaisesti. Huomioitavaa kuitenkin adrenaliinin mahdollinen annostelu pidennetyin aikavälein hypotermia tilanteissa, joissa elvytystä jatketaan sairaalaan asti kuljetuksen aikana. Amiodaronin käyttö tulee kyseeseen kolmen defibrilaation jälkeen edelleen jatkuvan kammiovärinän hoidossa. Alle 30 °C ydinlämpö on vasta-aihe elvytyslääkkeiden käytölle ja tuolloin mahdollinen kammiovärinä tulisi defibriloida vain kerran ennen kuljetuksen aloitusta. Pitkittyneessä elvytyksessä voidaan harkita natriumbikarbonaatin annostelua kompensoimaan hypoksiasta johtuvaa respiratorista ja rasvojen polton aiheuttamaa metabolista asidoosia. Tämä saattaa parantaa elvytyksen aikana annosteltavan adrenaliinin tehoa. Huomioitavaa asidoosin korjaamisessa kuitenkin on, erityisesti ROSC-tilanteen eli spontaanin verenkierron palautumisen jälkeen, lisääntyvän hiilidioksidin määrä elimistössä lääkkeen annon johdosta. Tämä ongelma on hoidettavissa kuitenkin ventilaatio taajuuden säädöllä ja mahdollisimman suuren happiprosentin käytöllä sisäänhengitettävässä ilmassa. (Kuisma ym. 2015, 595–596 & 609; Kurola 2016.)

8 TIEDON KERÄÄMINEN JA OPINNÄYTETYÖN PROSESSI

Opinnäytetyön tekeminen lähti liikkeelle aiheen valinnasta ja aiheeseen perehtymisestä siihen liittyvien oppikirjojen avulla. Oppikirjoja käytettiin opinnäytetyössä myös asian pintapuoliseen käsittelyyn, siltä osin kuin se oli tarpeellista. Aiheen valinta itsessään opinnäytetöitä tehdessä on haasteellinen prosessi, joka sisältää pohdintaa siitä, onko suunniteltu työ hyödyllinen ja toteuttamisen arvoinen ja kuka tehdystä työstä hyötyy?

Toiminnallisen opinnäytetyön aihe ja tutkimuskysymykset tarkentuivat tämän prosessin edetessä niin, että lopullinen tutkimuskysymys muotoutui jo itse opinnäytetyön otsikosta. Mitä ovat laitesukellusonnettomuudet ja mitkä ovat ensihoidon mahdollisuudet niiden hoidossa? Ongelmaksi opinnäytetyössä muodostui luotettavan ja kattavan teoritiedon hakeminen aiheesta, jota tuntui löytyvän monen tasoista. Myös kaksi aiheesta aiemmin tehtyä opinnäytetyötä oli löydettävissä Theseus-tietokannasta, mutta tuotoksina vertaillen hyvin erilaisia. Siispä teoritiedon hakemiseksi oli päätettävä toimintamalli, jolla tämä prosessi pystyttiin toteuttamaan hallitusti ja laadukkaasti. Toimintamalliksi valikoitui systemaattinen kirjallisuuskatsaus, jossa tutkimuskysymyksiin liittyvää tietoa etsitään, valitaan, analysoidaan ja syntetisoidaan tarkasti. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus on myöhempi tutkimus jo olemassa olevista tarkasti rajatuista tutkimuksista ja eroaa muista kirjallisuuskatsauksista sen tarkan prosessin takia. Kirjallisuuskatsauksia on erilaisia ja ne edellyttävät, että aiheesta on olemassa edes jonkin verran tutkittua tietoa. Kokoamalla tiettyyn aiheeseen liittyviä tutkimuksia yhteen saadaan kuvaa muun muassa siitä, miten paljon tutkimustietoa on olemassa ja millaista tutkimus sisällöllisesti ja menetelmällisesti pääsääntöisesti on. (Johansson, Axelin, Stolt ja Ääri 2007, 2–6.) Toiminnallisissa opinnäytetöissä ei voida unohtaa riittävän laajan selvityksen tekemistä, sillä ammattikulttuureissa saatavilla olevat tiedot ja taidot ovat usein jo valmiiksi hyvin kattavat. Toiminnallisen opinnäytetyön tulisikin olla käytännönläheinen ja riittävällä tasolla alan tietojen ja taitojen hallintaa osoittava (Vilka ja Airaksinen 2004, 9–10).

Työssä on pyritty systemaattisuuteen käsittelemällä tietoa vaiheittain. Tiedon käsittely jaettiin karkeasti kolmeen vaiheeseen, jossa ensimmäinen vaihe sisälsi katsauksen suunnittelun, toinen vaihe katsauksen tekemisen hakuineen, analysointineen ja synteeseineen ja kolmas vaihe katsauksen lopullisen raportoinnin eli opinnäytetyön raportin ja tuotoksen kirjoittamisen. Katsauksen suunnittelu vaiheessa tutkimuskysymyksiä olisi kirjallisuuden mukaan syytä olla yhdestä kolmeen ja ne tulisi olla mahdollisimman selkeät. (Johansson, ym. 2007, 6.) Aineistoa opinnäytetyön tekoon lähdettiin ensisijaisesti hakemaan sukellukseen ja ensihoitoon liittyvistä suomenkielisistä oppikirjoista, jonka tarkoituksena oli selvittää perustiedot aiheesta ja mitkä ovat tämän hetkiset viralliset ensihoidolliset ohjeistukset tilanteissa toimimiseksi. Tämän oppikirjoista tehdyn katsauksen jälkeen siirryttiin käyttämään suomenkielisiä internetistä löytyviä aineistoja, joiden luotettavuutta arvioitiin julkaisuvuoden ja julkaisijan mukaan. Myös sisällön hyödynnettävyyttä arvioitiin edellä mainittujen asioiden lisäksi. Pääsääntöisesti käytetyt lähteet olivatkin sukelluslääketieteeseen perehtyneiden henkilöiden kirjoittamia sekä virallisia terveydenhuollon henkilöiden käyttöön tarkoitettujen sivustojen aineistoja, kuten esimerkiksi Duodecimin aineistot. Terveysportti on verkkopohjainen palvelu terveydenhuollon ammattilaisille. Se sisältää niin lääkärin kuin

sairaanhoidajan tietokannat, Duodecimin lääketietokannan ja paljon muuta. Terveysportissa käytettyjä hakusanoja, joita käytettiin tässä vaiheessa, olivat sukellusonnettomuus, sukellusonnettomuuksien ensihoito, sukelluslääketiede, sukeltajantauti, sukellus ja laitesukeltaminen.

Suomenkielisten aineistojen löytymisen jälkeen ja aiheeseen orientoitumisen jälkeen pystyttiin jo suunnittelemaan ulkomaisten lähteiden käyttöä opinnäytetyön teossa sekä esiin tulleiden ensihoidollisten kysymysten selvittelyssä. Tähän hakukoneena Googlea käytettiin hyvin minimaalisesti sen arvioidun epäluotettavuuden vuoksi. Pääsääntöisesti käytettyjä hakukoneita olivat terveysalan käyttöön tarkoitetut PubMed ja Medic. PubMed on lääke-, eläinlääke- ja terveystieteiden sekä lähialojen tärkein kansainvälinen kirjallisuusviite tietokanta. Medic on kotimainen terveysalan viitetietokanta suomalaisista lääke- ja hoitotieteellisistä artikkeleista, kirjoista, väitöskirjoista, opinnäytetöistä ja tutkimuslaitosten raporteista. Myös näiden lähteiden käytössä arvioitiin sisällön hyödynnettävyyttä ja aineiston luotettavuutta julkaisuvuoden, sisällön sekä julkaisijan perusteella. Valitsimme ne tutkimukset ja aineistot, jotka vastasivat opinnäytetyötä tehdessä ilmenneisiin ensihoidollisiin kysymyksiimme mahdollisimman hyvin. Vastauksia tutkimuskysymyksiin on haettu eri hakusanoilla mahdollisimman monipuolisesti tiedon laadun varmistamiseksi ja hakusanat on kohdistettu mahdollisimman tarkasti käsittelemään raportissa käsiteltäviä asioita. Ulkomaisissa lähteissä hakusanoiksi muodostui suomenkielisten hakusanojen englanninkieliset versiot, mutta lisäksi myös barotrauma, decompression illness, aspirin in decompression sickness, hydration in decompression sickness, tiny bubbles and dcs ja niin edelleen. Kaikki valikoitu aineisto aiheesta kirjattiin lopulta selkeäksi taulukoksi opinnäytetyön raporttiin, josta ilmeni käytetty hakukone, hakusanat, hakuosumat, käytetty teksti ja käytetyn tekstin sijainti. (Liite 1.) Tarkka kirjaaminen kaikista vaiheista on tärkeää katsauksen onnistumisen ja tulosten relevanttiuden osoittamiseksi (Johansson ym. 2007, 6 ja 58).

Kirjallisuuskatsausta on menetelmänä myös kritisoitu. On huomioitavaa, että vaikka yksittäinen katsaus on tehty systemaattisesti, se ei kerro vielä mitään sen tasosta. Systemaattiset katsaukset ovat laadultaan vaihtelevia, kuten mikä tahansa muu tutkimus. (Johansson ym. 2007, 7.) Opinnäytetyön kirjoittamisen yhteydessä allekirjoittaneet olivat yhteydessä sukelluslääketieteeseen ja sukellusfysiologiaan perehtyneisiin henkilöihin, joista tärkeimpänä kontaktina käytettiin Pohjois-Savon alueen anestesiologian erikoislääkäriä sekä Jouni Piispasta, joka toimii sukeltajaliiton turvallisuusvaliokunnan edustajana. Tutkimuksista ja artikkeleista saatujen tietojen oikeellisuutta on osittain arvioitu yhdessä edellämainittujen henkilöiden kanssa. Virheellisten tulkintojen välttämiseksi molemmat opinnäytetyön tekijät ovat lukeneet ja käsitelleet kerätyn aineiston. Lisäksi aineiston sisällöstä on tarvittaessa konsultoitu Jouni Piispasta. Näin pyrittiin varmistamaan systemaattisella kirjallisuuskatsauksella saadun tiedon luotettavuus opinnäytetyössä.

9 LUENTO-AINEISTO JA MUISTIVIHKO

Toimivaa ohjeistusta kirjoitettaessa on tärkeää, että asiat etenevät loogisesti. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kerrottavassa asiassa ei tehdä yllättäviä hyppäyksiä, vaan kerrottavat asiat liittyvät luontevasti toisiinsa. Tärkeintä kuitenkin on, että ohje on kirjoitettu juuri oikealle kohderyhmälle. Tämä määrittää kirjoitetussa ohjeessa pitkälti käytettävien sanojen laadun ja ohjeen ulkoisen rakenteen. Uusia ohjeistuksia tuotettaessa toimintaa ohjaavat hoitohenkilökunnan ja potilaan turvallisuus, käytännön hoidon tehostaminen tai laadun parantaminen. (Hyvärinen 2005, 1769; Ericsson, Kivari, Nyström ja Saarela 2018, 40.)

Tässä opinnäytetyössä luento-aineiston ja muistivihkon yksinkertainen rakenne määrittyi pitkälti pohtimalla pelastajien ja ensihoitajien työnkuvaa, joka ei kiireellisyytensä ja yllätyksellisyytensä vuoksi aina anna mahdollisuutta kovin yksityiskohtaisen ja pitkän koulutusmateriaalin tarkasteluun. Siksi luento-aineisto tehtiin PowerPoint-esityksenä, jonka ansiosta asioiden opiskelu on nopeaa ja selkeää. Asiat on kuvattu lyhyillä ja ytimekkäillä lauseilla, joissa lukijalle annetaan vain olennaisin ja välttämättömin tieto aiheesta asiatyyliin. Asiatyylille ominaista on johdonmukaisuus, havainnoillistavuus ja oikeakielisyys, jota tukee oikea ja asianmukainen kuvitus tai ulkoasu. Kuitenkin tuotettaessa materiaalia ammattilaisten käyttöön on sallittua käyttää yleisimpiä käytössä olevia ammattikieleen liittyviä sanoja ja lyhenteitä ja ainoastaan hankalat ilmaukset tulisi selittää väärinymmärrysten välttämiseksi. Diaesityksessä kerrotaan ydinkohdat sukellusonnettomuustyypeistä, niihin liittyvistä oireista ja hoidosta. Tämä järjestys asioiden käsittelyyn valikoitui ajatuksesta rakentaa teorettinen tietopohja aiheesta lukijalle, jotta hoidollisen osuuden ja muistivihkon asianmukainen ymmärtäminen olisi turvattua. Tämän lisäksi ihmiset noudattavat paremmin ohjeita silloin, kun niiden käyttö on riittävästi perusteltua. Kyvykyys ratkaista eri asteisia ongelmia ja hyödyntää saatavilla olevia muistilistoja on suoraan verrannollinen omatun tiedon määrään. Tästä syystä näimme tarpeelliseksi tuottaa myös luento-aineiston muistivihkon tueksi, jolla pystytään kartuttamaan muistivihkoa käyttävien henkilöiden tietomäärää ja sitä kautta helpottaa muistivihkon käyttöön ottoa päivittäistehtävillä. Luento-aineistoa käytettäessä koulutuksissa, voi kouluttaja käyttää opinnäytetyön raporttia tukena, kun aihetta käsitellään syvällisemmin. (Hyvärinen 2005, 1769–1772; Ericsson ym. 2018, 40–43.)

Muistivihkon osalta ajatuksena oli tuottaa selkeä ja johdonmukainen ohjeistus kentälle. Pelastus- ja ensihoitotyössä toiminta- ja hoito-ohjeiden on tarkoitus olla selkeitä ja toteutuskelpoisia tilanteesta riippumatta. Potilaan hoidon pääkohdat käsiteltiin läpi pelastus- ja ensihoitohenkilöstölle tutussa ABCDE -järjestyksessä, jota tukee ongelmien syntymekanismi- ja oireisto-osio arkin vastakkaisella puolella. Tällä tavoin asiat pystyttiin arvottamaan potilaan hoidon näkökulmasta tärkeysjärjestykseltään toimivimpaan muotoon. Hoito alkaa merkityksellisimmistä seikoista päättyen vähäpätöisempiin. Lisäksi tutut toimintamallit edistävät tilannetietoisuutta, päätöksentekoa ja virheiden hallintaa. Näin ohjeen käyttäjän on helppo seurata annetun hoidon etenemistä ja tehdä syntymekanismien ja oireiden perusteella suuntaa antava työdiagnoosi potilaan ongelmasta. Lisäksi muistivihkossa käsitellään lyhyesti muita sukellusonnettomuuksissa huomioitavia asioita, kuten esitietojen selvittämistä, potilaan kuljetusta ja jatkohoitoa. Liian yksityiskohtaiset ohjeistukset

kuitenkin usein sekoittavat lukijan ja vaikeuttavat ohjeen tulkintaa. Muistivihkon rakenteeseen mallia ja ajatusta haettiin ensihoito-oppaasta, sekä muista lähteistä löydetystä toiminta-ohjeista. Kokonaisuutena tuotettu muistivihko tuo näin olennaiset asiat esille ja on helposti vietävissä päivittäiseen toimintaan tehtävillä. Lisäksi ohjeistusten standardointi ja yhtenäinen rakenne lisäävät potilasturvallisuutta ja tekevät toiminnasta suoraviivaisempaa. (Hyvärinen 2005, 1769–1772; Ericsson ym. 2018, 40–43.)

Tässä opinnäytetyössä tuotetun muistivihkon tarkoitus ei kuitenkaan ole toimia sääntönä, vaan enemmänkin ohjeena joka antaa tekijälle vapauden ja vastuun toimia tilanteessa itse parhaaksi katsomallaan tavalla luoden kuitenkin rautalankamallin, joka tukee tekijää yleistavoitteen saavuttamisessa eli potilaan asianmukaisen hoidon toteuttamisessa. Mikään ohje ei siis korvaa terveydenhuollon ammattilaisen omaa arviota yksittäisen potilaan parhaasta mahdollisesta hoidosta hoitopäätöksiä tehtäessä. Erityisesti sukellusonnettomuuksien kohdalla tietoa ei omata tarpeeksi aiheesta ja ongelmanratkaisukin on todennäköisesti hankalaa ilman tällaista ohjeistusta, jonka avulla pystytään rakentamaan karkeat raamit tilanteessa toimimiseksi. (Ericsson ym. 2018, 40–43; Käypä hoito 2018.)

Ulkoasultaan muistivihko tehtiin A4-arkki koossa, jotta käytettävä fonttikoko säilyisi riittävän suurena ja selkeämmin luettavana. Ohjeita kirjoitettaessa on otettava huomioon se, missä sitä luetaan ja käytetään. Sääolosuhteita ajatellen vihko päällystettiin asianmukaisesti, jotta se voidaan ottaa tarvittaessa mukaan aina tilannepaikalle saakka. Luentoaineisto ja muistivihko ovat opinnäytetyön raportissa liitteenä. (Hyvärinen 2005, 1772.)

10 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Ongelmat ensihoitotyössä lienevät tyypin 1 eli lievän sukeltajataudin oireiden tunnistamisessa ja taudin epäilyssä ensihoitotilanteissa. Potilaalla, jonka oireet ovat ilmaantuneet useamman tunnin tai päivän jälkeen harvoin ohjaavat ensihoitajaa tekemään työdiagnoosia mahdollisesta dekompressiotaudista. Pahimmassa tapauksessa jopa ylipainehappihoitoa tarvitsevan potilaan asianmukainen hoito voi viivästyä useitakin tunteja tai päiviä ja aiheuttaa kudosten hapenpuutteesta johtuvia pysyviä neurologisia vaurioita tai luunekroosia, jotka olisi olleet vältettävissä riittävän aikaisella rekompresiohoidolla. Sukellusonnettomuuspaikalla tapahtuvassa ensihoidossa ongelmallisimmaksi tekijäksi muodostuu todennäköisesti sukelluspaikkojen sijainti ja sinne asianmukaisen kaluston saaminen riittävän lyhyessä ajassa. Myös oireiden taustalla olevan muun syy kuin sukelluksen selvittäminen voi olla hankalaa, sillä diagnostisten tutkimusten tekeminen toistaiseksi ensihoidossa on hyvin vajavaista. (Vann ym. 2011, 161.)

Hoidollisesti ajateltuna sukellusonnettomuuksien ensihoito voi olla vielä pitkään niin sanotusti ”lasten kengissä” vajavaisten tutkimusten vuoksi. Tämän hetkiset hoitolinjaukset perustuvat pitkälti tutkimuksista tehtyihin hypoteeseihin, joiden varmentaminen ihmisiin kohdennetuilla tutkimuksilla on vaikeaa nykyisten vallitsevien eettisten ohjeistuksien vuoksi. Lääkäriliiton nettisivuilla julkaistun Maailman lääkäriiliiton Helsingin julistuksen (2017) mukaan lääkäri, joka yhdistää lääketieteellisen tutkimuksen potilaan hoitoon, tulee tehdä tutkimusta potilaallaan vain siinä määrin kuin tutkimuksen mahdollinen sairauksien ehkäisyyn liittyvä, diagnostinen tai hoidollinen arvo siihen oikeuttaa ja jos lääkäriellä on hyvä syy uskoa, että tutkimukseen osallistuminen ei vaikuta haitallisesti tutkittavien potilaiden terveyteen. Lupaavia eläinkokeita uusista kokeellisista hoitokäytänteistä kuitenkin on jo tehty. (Tetzlaff ym. 2013, 2130–2134; Vann ym. 2011, 160.)

Työn perusteella tehtiin kuitenkin luento-aineisto ja muistivihko sukellusonnettomuuksissa toimimiseksi, jotka on tarkoitettu vain Pohjois-Savon pelastuslaitoksen käyttöön. Pelastuslaitoksella koettiin tarvetta tämän opinnäytetyön tekemiselle, jotta ensihoitajien ja pelastussukeltajien koulutukseen saataisiin selkeä luento-aineisto ja toiminta-ohje kyseisestä aiheesta. Opinnäytetyön ohjauksessa todettiin, että systemaattinen kirjallisuuskatsaus olisi riittävä työn luotettavuuden ja tietojen oikeellisuuden varmistamiseksi. Ongelmaksi lopulta koitui kuitenkin se, että pelastuslaitos ei voi itsenäisesti määrittää oman alueensa hoito-ohjeita, koska alueelliset ensihoidon ohjeet määrittää Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri.

Pohjois-Savon sairaanhoitopiirin anesthesiologian erikoislääkärin kanssa käydyssä keskustelussa ilmeni myös huomioitavia seikkoja tuleviin opinnäytetöihin. Jos tarkoituksena on tuottaa uutta ensihoidon ohjeistusta, tulisi ohjeistus suunnata aina koko toimi-alueen käyttöön, eikä vain yhdelle alueen toimijalle. Kaikki samalla alueella toimivat ensihoitopalvelun tarjoajat toimivat saman päivystävän ensihoitolääkärin ohjeistuksien mukaisesti. Siksi tämän tyyppisten opinnäytetöiden tulisi suuntautua suoraan koko sairaanhoitopiirille. Opinnäytetyön ohjauksessa tämä tulisi ottaa huomioon koulun osalta ja ohjeistaa opiskelijoita riittävän aikaisessa vaiheessa asian suhteen. (Metsävainio 2017.)

Vaikka tarve ohjeistuksen tekemiselle laajamittaisempaan käyttöön ilmeni, tehtiin luento-aineisto ja muistivihko pelastuslaitoksen tilaamana, kuten oli suunniteltu. Tähän päätökseen päätymistä osaltaan edisti pitkä viive tuotetun materiaalin oikeellisuuden ja luotettavuuden arvio lääkärin toimesta, joka loppujen lopuksi jäi kokonaan uupumaan työstämme useista yhteydenotoista huolimatta. Alkuperäisenä tarkoituksena oli, että lääkärin kommenttien perusteella työn sisältöä olisi tarpeen mukaan muokattu ja tietojen oikeellisuutta arvioitu joulukuun 2017 aikana, mutta näin ei kuitenkaan tapahtunut. Opinnäytetyön käyttöoikeus kuitenkin on sen tekijöillä ja laajamittaisen alueellisen hoito-ohjeen tekeminen on mahdollista myöhemmässä vaiheessa, tarpeen niin vaatiessa. Näin ollen tehtyä muistivihkoa ei voida käyttää virallisena hoito-ohjeena ilman alueen ensihoidon vastuulääkärin hyväksyntää. Opinnäytetyöstä saatua tietoa voidaan kuitenkin käyttää sekä sukeltajien koulutuksessa ja onnettomuuksien ennaltaehkäisyssä, että ensihoitajien työpaikkakoulutuksessa sukellusonnettomuuteen joutuneen potilaan hoidon tarpeen arvioinnin ja asianmukaisen hoidon toteuttamisessa. Katsomme näin ollen opinnäytetyömme tarkoituksen ja tavoitteen täyttyneen kaikesta huolimatta ja pelastuslaitokselle tuotetun luento-aineiston ja muistivihkon olevan alkuperäisen tarkoituksen mukaisia. Ne selkeyttävät ensihoito- ja pelastushenkilöstölle sukellusonnettomuuksien syntymekanismeja, oireita ja hoitoa sekä tarjoavat aiempaa parempaa ja kattavampaa ohjeistusta sukellusonnettomuuksissa toimimiseksi. Opinnäytetyön tuloksena epäviralliseen hoito-ohjeeseen tuli useita tarkentavia kohtia, kuten potilaan nestehoidon tarpeellisuus, esitietojen selvittäminen, potilaan oireiden mukainen diagnoosi sekä intubaatioputken kuffin täyttäminen keittosuolaliuoksella. Tämän lisäksi nykyisessä ensihoito-oppaan ohjeessa ei ole mainittu potilaan kuljetusasennosta, jonka on todettu olevan paras selällään ja vaakatasossa. (Nurmi 2001, 262; 38; Vann ym. 2011, 158; Tikkinen ym. 2014.) Työmme antaa ensihoitajalle myös viitteitä siitä, millainen potilas hyötyy painekammiohoidosta.

Muita ongelmia opinnäytetyön teon aikana olivat erityisesti riittävän laadukkaan tiedon hakeminen aiheesta, sekä saadun tiedon lopullinen jäsentely itse opinnäytetyöhön. Saatavilla olevien maksuttomien lähteiden kyseenalaisen luotettavuuden takia myös vanhempia lähteitä jouduttiin käyttämään opinnäytetyössä, johtuen niiden tarpeellisen, tutkimuskysymyksiin vastaavan, asiasisällön vuoksi. Valittaessa vanhempia lähteitä, pyrittiin käyttämään ainoastaan sukellukseen perehtyneiden henkilöiden kirjoittamia tekstejä. Näiden vanhempien lähteiden sisältöä myös arvioitiin suhteessa uudempiin ja ristiriitaiset tiedot tarkistettiin useamman lähteen avulla. Kumpikaan opinnäytetyön tekijöistä ei ollut tehnyt aiemmin näin laajaa kirjallista työtä, joka aiheutti alkuvaiheessa suuria ongelmia aiheen riittävässä rajaamisessa ja opinnäytetyön viitekehyksen säilyttämisessä toteutettavassa muodossa. Opinnäytetyön prosessin myötä tiedonhaku- ja käsittelytaitomme kehittyivätkin huomattavasti ja tämän lisäksi opimme aikatauluttamaan työn eri vaiheita. Prosessityöskentelyn lisäksi opimme kattavasti sukellusonnettomuuksiin liittyvistä ongelmista, oireista sekä hoitotoimista. Opitun tiedon avulla voimme kouluttaa henkilöstöä pelastuslaitoksella sekä muissa työympäristöissä. Myös oma ammatillinen osaaminen ensihoidon erityistilanteissa kehittyi prosessin aikana ja opimme tunnistamaan sukellusonnettomuuksien eri muotoja, sekä ottamaan huomioon tehtävillä tarvittavat poikkeavat resurssit.

Jatkotutkimuksia tai kehittämisasiheita tuleville opinnäytetyön tekijöille voisivat olla tässä opinnäytetyössä annettujen tietojen päivittäminen ajantasaiseksi tai valtakunnallisen ohjeen tuottaminen. Pohjois-Savon sairaanhoitopiirin anestesiologian erikoislääkärin kanssa käydyssä keskustelussa huomattiin, että nykyinen ensihoito-oppaan ohje on vajavainen ja kaipaa kehittämistä. Tämä vaatisi varmasti laajempaa tutkimustyötä ja todennettua näyttöä eri hoitojen hyödyllisyydestä potilaan selviytymisen kannalta, sekä eri alueiden vastuulääkäreiden yhteistyötä riittävän laadukkaan ja toteuttamiskelpoisen hoito-ohjeen laatimiseksi. Tuleville opinnäytetyön kirjoittajille olisi suositeltavaa perehtyä paremmin aiheen rajaamiseen ennalta ja varmistaa asiantuntevien henkilöiden mahdollisuus ja halukkuus osallistua valmiin opinnäytetyön kommentointiin. Myös osallistuminen sukellusensiapukursseille toisi varmasti lisää näkökulmaa pohdittaviin asioihin, sekä selkeyttäisi sukellusonnettomuuksien hoito-ohjeen tekemistä. Ohjeistuksessa tulee olla selkeästi määritelty tarvittavien esitietojen haastattelu potilaalta tai muilta paikalla olleilta henkilöiltä, potilaan kokemat oireet ja erilaiset onnettomuustyytit sekä niiden hoito ja jatkohoidon tarpeellisuus. (Metsävainio 2017.)

Noudatimme opinnäytetyön teossa Tutkimuseettisen neuvottelukunnan laatimia ohjeita hyvästä tieteellisestä käytännöstä, sekä Savonian opinnäytetyön raportointiohjetta. Lähdeviittaukset on tehty Savonian raportointiohjeiden mukaisesti ja plagiointi on tarkastettu Turnitin Feedback Studiolla. Näin varmistutaan siitä, että työssä ei ole luvattomasti toisen tuottamaa tekstiä, ajatuksia ja ideoita. Työn teossa ja aineiston käsittelyssä noudatimme huolellisuutta, rehellisyyttä ja riittävää tarkkuutta, sekä kirjasimme ja esittelimme saadut tulokset lukijalle. Työn käyttöoikeus on mainittu kaikkien osapuolten hyväksymällä tavalla. (Launis, Helin, Spoof ja Jäppinen, 2012.) Koulutusmateriaalin päivittämisestä ajan tasalle tulevaisuudessa vastaa Pohjois-Savon pelastuslaitos. Tuotetun aineiston käyttö päivittäisten ensihoito- ja pelastustehtävien suorittamisen tukena tulee aina tapahtua jokaisen ensihoitajan tai pelastajan oman harkinnan mukaan ja ensihoitolääkärin hoito-ohjeen perusteella. Opinnäytetyö esitetään ja luovutetaan tilaajalle kevään 2018 aikana.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

BESSERAU, Jacques, GENOTELLE, Nicolas, BRUN, Pierre-Mari, ABOAB, Jerome, ANTONA, Marion, CHENAITIA, Hichem, HUON, Anne ja ANNANE, Djillali 2012. Decompression sickness in urban divers in France. *International Maritime Health* 63, 3:170-173 [verkkojulkaisu] [Viitattu 2017-10-21.]

Saatavissa:

https://journals.viamedica.pl/international_maritime_health/article/view/26137/20931

BLOMGREN, Karin, SUVILEHTO, Jari ja ATULA, Timo 2015. Lentämiseen ja sukeltamiseen liittyviä päivystystilanteita. Keuhkojen painevamma, keuhkorepeämä ja ilmaembolia. Korva-, nenä- ja kurkkutaudit [verkkojulkaisu] [Viitattu 2017-30-06.] Saatavissa:

http://www.terveysportti.fi.ezproxy.savonia.fi/dtk/aho/avaa?p_artikkeli=knk00050&p_haku=lent%C3%A4miseen%20ja%20sukeltamiseen%20liittyvi%C3%A4%20p%C3%A4ivystystilanteita

CASTRÉN, Maaret, HELVERANTA, Kai, KINNUNEN, Ari, KORTE, Henna, LAURILA, Kimmo, PAAKKONEN, Heikki, POUSI, Jouni ja VÄISÄNEN, Olli 2012. Ensihoidon perusteet. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy

ERICSSON, Christoffer, KIVARI, Ari, NYSTRÖM, Patrik ja SAARELA, Sami 2018. Musta joutsen – varjo vai kirkastus. *Systole –ensihoidon erikoislehti* 1/2018; 40–43

HYVÄRINEN, Riitta 2005. Millainen on toimiva potilasohje? *Duodecim* 121:1769–73

JAMA, Timo 2008. Suuri sukellus syvyysiin: osa I. *Systole -ensihoidon erikoislehti* 3/2008; 16–20

JAMA, Timo 2008. Suuri sukellus syvyysiin: osa II. *Systole -ensihoidon erikoislehti* 6/2008; 32–36

JAMA, Timo 2015. Sukellusonnettomuuspotilaan hoito. *Akuuttihoito-opas* [verkkojulkaisu] [Viitattu Saatavissa: <http://www.terveysportti.fi.ezproxy.savonia.fi/dtk/aho/koti>

JOHANSSON, Kirsi, AXELIN, Anna, STOLT, Minna ja ÄÄRI, Riitta-Liisa 2007. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja sen tekeminen. Turun yliopisto: Hoitotieteen laitoksen julkaisuja. Tutkimuksia ja raportteja. Sarja A51.

KUISMA, Markku, HOLMSTRÖM, Peter, NURMI, Jouni, PORTHAN, Kari ja TASKINEN, Tuomas 2015. Ensihoito. Helsinki: Sanoma Pro Oy

KUOKKANEN, Juha 2002. Sukeltajataudin ja sukellusonnettomuuksien hoito. *Suomen lääkärilehti* 2002; 57(25–26):2769–2772 [verkkojulkaisu] [Viitattu 2017-12-06.] Saatavissa:

<http://www.laakarilehti.fi.ezproxy.savonia.fi/pdf/2002/SLL252002-2769.pdf>

KUOKKANEN, Juha ja SUVILEHTO, Jari 2002. Harrastussukeltajan lääkärintarkastus. Suomen lääkärilehti 2002; 57(25–26):2773–2777 [verkkojulkaisu] [Viitattu 2017-12-06.] Saatavissa: <http://www.laakarilehti.fi.ezproxy.savonia.fi/pdf/2002/SLL252002-2773.pdf>

KUROLA, Jouni 2016. Hukkuneen elvytys 700, 701 (ht). Ensihoito-opas [verkkojulkaisu] [Viitattu 2017-12-23.] Saatavissa: http://www.terveysportti.fi.ezproxy.savonia.fi/dtk/eho/avaa?p_artikkeli=eho00107

KUROLA, Jouni 2016. Hypotermisen elvytys 700, 701 (ht). Ensihoito-opas [verkkojulkaisu] [Viitattu 2017-12-23.] Saatavissa: http://www.terveysportti.fi.ezproxy.savonia.fi/dtk/eho/avaa?p_artikkeli=eho00108

KUROLA, Jouni 2016. Intubaatio. Ensihoito-opas [verkkojulkaisu] [Viitattu 2017-08-11.] Saatavissa: <http://www.terveysportti.fi.ezproxy.savonia.fi/dtk/eho/koti>

KUROLA, Jouni ja LUND, Vesa 2016. Kaasumyrkytys 751 (ht). Ensihoito-opas [verkkojulkaisu] [Viitattu 2017-11-12.] Saatavissa: http://www.terveysportti.fi.ezproxy.savonia.fi/dtk/eho/avaa?p_artikkeli=eho00131

KÄYPÄ HOITO 2018. Vastuun rajaus. Etusivu [verkkojulkaisu][Viitattu 2018-02-25.] Saatavissa: <http://www.kaypahoito.fi/web/kh/etusivu>

LAPPI, Arto 2017-11-11. Palomestari. [Keskustelu.] Kuopio: Pohjois-Savon pelastuslaitos.

LAUNIS, Veikko, HELIN, Markku, SPOOF, Sanna Kaisa ja JÄPPINEN, Sanna 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Tutkimuseettinen neuvottelukunta [verkkojulkaisu][Viitattu 2018-03-28.] Saatavissa: http://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf

LYYRA, Markus 2016. Ensihoito tapahtumapaikalla. Milloin intubaatio kentällä? Lääkärin käsikirja [verkkojulkaisu] [Viitattu 2017-08-11.] Saatavissa: http://www.terveysportti.fi.ezproxy.savonia.fi/dtk/ltk/avaa?p_artikkeli=ykt00404&p_haku=ilmarinta

LÄÄKÄRILIITTO 2017. Maailman lääkäriliiton Helsingin julistus [verkkojulkaisu][Viitattu 2018-01-30.] Saatavissa: <https://www.laakariliitto.fi/liitto/etiikka/helsingin-julistus/>

MAHON, Richard T. 2010. Tiny bubbles. Journal of applied physiology 108: 238–239 [verkkojulkaisu] [Viitattu 2017-12-11.] Saatavissa: <http://www.physiology.org/doi/pdf/10.1152/jappphysiol.01384.2009>

MARTIKAINEN, Matti 2016. Hukkunut ja sukellusonnettomuus 714 (ht). Ensihoito-opas. Duodecim. [verkkojulkaisu] [Viitattu 2017-30-10.]

Saatavissa:

http://www.terveysportti.fi.ezproxy.savonia.fi/dtk/eho/avaa?p_artikkeli=eho00126&p_haku=hukkunut

METSÄVAINIO, Kirsi-Marja 2017-12-05. Anestesiologian erikoislääkäri. [Keskustelu.] Kuopio: Kuopion yliopistollinen keskussairaala.

MOUNT SINAI HEALTH SYSTEM 2018. Spontaneous pneumothorax. [verkkojulkaisu] [Viitattu 2018-02-21.] Saatavissa: http://www.wehealny.org/services/Thoracic_Surgery/images/pneumothorax.jpg

NURMI, Elisa 2001. Sukellusonnettomuuden alkuvaiheen hoito. Finnanest Vol. 34 Nro 3, 261–264 [verkkojulkaisu]. Sijainti: TYKS: Anestesiologian ja tehohoidon yksikkö, MediHeli 02, Turku. [Viitattu 2017-10-17.] Saatavissa: http://www.finnanest.fi/files/1a_nurmi.pdf

PIISPANEN, Jouni 2017-10-27. Sukeltajaliitto ry:n turvallisuusvaliokunnan edustaja. [Sähköpostikeskustelu.]

RAYMOND, Keith, COOPER, Jeffrey, 2017. Diving, scuba. CNUCOM, University of Nebraska Medical Center [verkkojulkaisu] [Viitattu 2018-13-01.] Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezproxy.savonia.fi/books/NBK441837/>

SAND, Olav, SJAASTAD, Øystein V., HAUG, Egil, Bjålie, Jan G. ja Toverud, Kari C. 2007. Ihminen; Fysiologia ja anatomia. Helsinki: WSOYpro Oy

SILFVAST, Tom 2017. Hukuksiin joutuneen hoito. Lääkärin käsikirja [verkkojulkaisu] [Viitattu 2017-10-21.] Saatavissa:

http://www.terveysportti.fi.ezproxy.savonia.fi/dtk/ltk/koti?p_artikkeli=ykt01953&p_haku=hukuksiin%20joutunut

SIPINEN, Seppo 2010. Sukeltajantauti. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim 2010;126:435–42

SOSIAALI- JA TERVEYSMINISTERIÖ 2017. Ensihoito. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2017-01-27.]

Saatavissa: <http://stm.fi/ensihoito>

SUOJOKI, Perry, TUUNAINEN, Virpi, KAUPPINEN, Marko 2008 Nitroksisukeltamisen perusteet. Helsinki: Sukeltajaliitto ry

SUOMEN SUKELLUS- JA YLIPAINELÄÄKETIETEELLINEN YHDISTYS, 2017. Painekammiot Suomessa [verkkojulkaisu] [Viitattu 2017-12-11.] Saatavissa:

<https://www.sukelluslaakarit.fi/tietoa/painekammiot-suomessa/>

SUVILEHTO, Jari ja RÄISÄNEN-SOKOLOWSKI, Anne 2016. Sukelluslääketiede. Keuhkojen barotrauma. Lääkärin käsikirja [verkkojulkaisu] [Viitattu 2017-12-10.] Saatavissa: http://www.terveysportti.fi/dtk/ltk/avaa?p_artikkeli=ykt00455&p_haku=sukellus

TAPIOVAARA, Hannu 2007. Korvalääkäri pintaa syvemmillä. [verkkojulkaisu] [Viitattu 2017-10-10.] Saatavissa: <http://personal.fimnet.fi/laaketiede/kaisu.tapiovaara/korva-sukellus.htm>

TETZLAFF, Kay, SHANK, Erik S. ja MUTH, Claus M. 2003. Evaluation and management of decompression illness—an intensivist’s perspective. Intensive care med 29: 2128–2136 [verkkojulkaisu] [Viitattu 2017-12-05.] Saatavissa: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00134-003-1999-1>

TIKKINEN, Janne, MÄKITALO, Harri, LAPPI, Mikko ja PARKKOLA, Kai 2014. Dekompressiotaudin ensihoito. Sotilaslääketieteen aikakauslehti Vol. 89 Nro 1, 36-40.

VANN Richard, BUTLER, Frank, MITCHELL, Simon, MOON, Richard, 2011. Decompression illness. The Lancet Volume 377, Issue 9760, Pages 153–164 [verkkojulkaisu] [Viitattu 2017-11-02.] Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21215883>

VAULA, Eija 2016. Kouristelu 772 (ht). Ensihoito-opas. Duodecim. [verkkojulkaisu] [Viitattu 2017-08-11.] Saatavissa: http://www.terveysportti.fi.ezproxy.savonia.fi/dtk/eho/avaa?p_artikkeli=eho00146&p_haku=kouristelu

VIKMAN, Timo 2007. Sukellus. Hyvinkää: SP-paino Oy

VILKKA, Hanna ja AIRAKSINEN, Tiina 2004. Toiminnallinen opinnäytetyö. Jyväskylä: Gummerrus Kirjapaino Oy

WESTERWEEL, Peter E., FIJEN, Valerie A. ja VAN HULS, Robert A. 2013. Aspirin in the treatment of decompression sickness: What can we learn from French experience? International Maritime Health 64, 1:51 [verkkojulkaisu] [Viitattu 2017-10-31.] Saatavissa: https://journals.viamedica.pl/international_maritime_health/article/view/34683/25354

LIITE 1: KIRJALLISUUSKATSAUS

Hakukone	Hakusanat	Valitut/Osumat	Otsikko	Käytetty	Saatavissa
PubMed	Decompression illness and first aid	1/16	Decompression illness	Koko teksti	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21215883
PubMed	Hydration in decompression sickness	1/11	Decompression sickness in urban divers in France	Koko teksti	https://journal.s.viamedica.pl/international_maritime_health/article/view/26137/20931
PubMed	Aspirin in decompression sickness	1/25	Aspirin in the treatment of decompression sickness: what can we learn from French experience?	Koko teksti	https://journal.s.viamedica.pl/international_maritime_health/article/view/34683/25354
PubMed	Hydration and diving accidents	1/2	Oxygen therapy in diving accidents	Tiivistelmä	https://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezproxy.savonia.fi/pubmed/17021886
PubMed	Barotrauma and first aid	1/82	Diagnosis and treatment of diving accidents	Koko teksti	https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00101-015-0033-7 Englanniksi: https://translate.google.com/translate?hl=en&sl=de&tl=en&u=https%3A%2F%2Flink.springer.com%2Farticle%2F10.1007%252Fs00101-015-0033-7
PubMed	Evaluation and management of decompression illness	1/82	Evaluation and management of decompression illness—an intensivist's perspective.	Koko teksti	https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00134-003-1999-1
PubMed	Trimix	1/114	Diving, scuba	Koko teksti	https://www.ncbi.nlm.nih.gov.ezproxy.savonia.fi/books/NBK441837/

Google	Alternobaarinen huimaus	1/4	Korvalääkäri pintaa syvemmillä	Koko teksti	http://personal.fimnet.fi/laaketiede/kaisu.tapiovaara/korvasukellus.htm
Google	Tiny bubbles and DCS	1/18 700	Tiny bubbles	Koko teksti	http://www.physiology.org/doi/pdf/10.1152/japplphysiol.01384.2009
Google	Ensihoito	1/308 000	Ensihoito	Koko teksti	http://stm.fi/ensihoito
Terveysportti	Sukelluslääketiede	2/4	Sukelluslääketiede Sukeltajantauti (4/2010)	Koko teksti	http://www.terveysportti.fi.ezproxy.savonia.fi/dtk/ltk/koti?p_artikkeli=ykt00455&p_haku=sukellus%C3%A4%C3%A4ketiede http://duodecimlehti.fi.ezproxy.savonia.fi/duo98634
Terveysportti	Sukeltajantauti	2/12	Sukellusonnettomuuspotilaan hoito Hukkuneen hoito	Koko teksti	http://www.terveysportti.fi.ezproxy.savonia.fi/dtk/aho/koti?p_artikkeli=aho01801&p_haku=sukeltajantauti http://www.terveysportti.fi.ezproxy.savonia.fi/dtk/aho/koti?p_artikkeli=aho01540&p_haku=sukeltajantauti

Terveysportti	Laitesukellus	1/5	Sukeltajantauti	Koko teksti	http://www.terveysportti.fi.ez.proxy.savonia.fi/dtk/aho/koti?p_artikkeli=aho01802&p_haku=laitesukellus
Medic	Sukeltajantauti	5/32	Dekompressiotaudin ensihoito Sukeltaminen ja terveys Suuri sukellus syvyyksiin: osa II Sukeltajantaudin ja sukellusonnettomuuksien hoito Sukellusonnettomuuden alkuvaiheen hoito	Koko teksti	Sotilaslääketieteen aikakauslehti 1/2014 Systole – ensihoidon erikoislehti 3/2008 Systole – ensihoidon erikoislehti 6/2008 http://www.lakarilehti.fi.ez.proxy.savonia.fi/pdf/2002/SL252002-2769.pdf http://www.finanest.fi/files/1a_nurmi.pdf
Medic	Sukellus	1/42	Harrastussukeltajan lääkärintarkastus	Koko teksti	http://www.lakarilehti.fi.ez.proxy.savonia.fi/pdf/2002/SL252002-2773.pdf

LIITE 2: YLIPAINEHAPPIHOITOA TARJOAVAT LAITOKSET JA TOIMIJAT

Suomessa tällä hetkellä käytössä olevat ylipainehappihoitoa tarjoavat laitokset ja toimijat sijaitsevat viidellä paikkakunnalla:

Turun yliopistollinen keskussairaala (TYKS). Aikuisten teho-osasto. Päivystää 24/7, välitön hoitovalmius. Sukeltajantaudin suhteen vaihtoehtoisia hoitopaikkoja ei ole muualla Suomessa samalla valmiudella.
puh. (02) 313 1950

Terveystalo, Tampere. Päivystää 24/7, hoitovalmius 2 tunnin valmiusajalla.
puh. 050 465 6302

Oulu-Koilismaan pelastuslaitos, Oulun paloasema. Tarjoaa hoitoa poikkeustilanteissa, mikäli lääkäri saatavissa paikalle. Vain sukeltajantauti tapaukset.
puh. 044 703 8621

Pelastusopisto, Kuopio. Tarjoaa hoitoa poikkeustilanteissa, mikäli lääkäri ja painekammiohoitaja saatavissa paikalle. Vain sukeltajantauti tapaukset.
puh. 0500 578 012 TAI 050 3611 758

Puolustusvoimat, Kirkkonummi. Sotilaslääketieteen keskus, Upinniemen painekammiokeskus. Hoitaa tarvittaessa virka-aikana. Pääasiallisesti puolustusvoimien omassa käytössä. (Tämän hetkisen tiedon mukaan poissa käytöstä tilojen sisäilmaongelmien vuoksi.)
puh. 0299 576 151

(Suomen sukellus- ja ylipainelääketieteellinen yhdistys, 2017.)

LIITE 3: LUENTO-AINEISTO



Yleistä

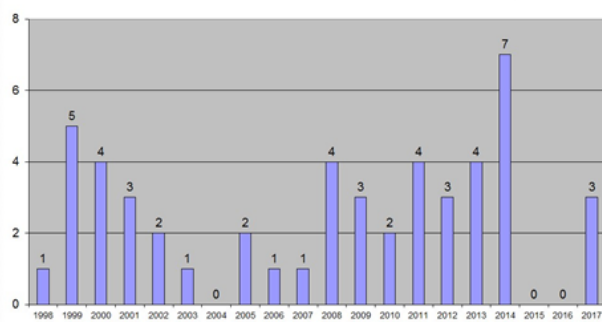
- Tilastojen mukaan Suomessa tapahtuu vuosittain 0–5 kuolemaan johtavaa sukellusonnettomuutta:
 - Kaikkiaan sukellusonnettomuuksien määrä on suurempi.
 - Sukeltajataudin saa 20–40 sukeltajaa/vuosi.
 - Onnettomuuksien synnä ~80% tapauksista vaikuttamassa ns. "inhimillinen tekijä". Laitevialt harvinaisia.

• "Käsiteellä sukellusonnettomuus voidaan tarkoittaa monia asioita. Tavallisesti sillä tarkoitetaan sukeltajan taudin eri ilmenemismuotoja tai kuolemaan johtanutta onnettomuutta veden alla. Käsite sisältää kuitenkin myös lievemmät laitesukeltajan kohtaamat ongelmat, kuten korvien ja nenän onteloiden painevauriot."



**POHJOIS-SAVON
PELASTUSLAITOS**

Suomalaisten sukelluskuolemat 20 vuoden ajalta



sukellus.info / Matti Anttila (<http://www.sukellus.info/sukelluskuolemat.shtml>)

Sukellusfysiikka

Ilmakehän paine syntyy ilmakehän korkeudesta 1m² kokoisesta ilmapatsaasta.

- Ilmapatsaan paino aiheuttaa paineen, joka on ~1 bar.
- Ympäröivä paine veden alla kasvaa 1 bar/10metriä.
- Sukelluksessa kokonaispaine = ilmakehän paine + paine veden alla.
 - Kokonaispaine vaikuttaa kaasujen ominaisuuksiin, kuten myrkyllisyyteen.
 - Hengityskaasu itsessään määrittää sukelluksen maksimaalista syvyyttä.
 - Myös tilavuus muuttuu paineen kasvaessa.
- Nesteisiin paine ei vaikuta, nesteiden tilavuus ja tiheys on muuttumaton.

0 m ≙ 1 bar
10 m ≙ 2 bar
20 m ≙ 3 bar
30 m ≙ 4 bar
40 m ≙ 5 bar

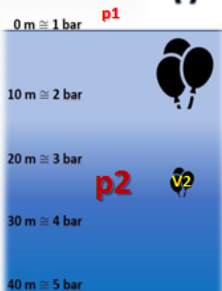


**POHJOIS-SAVON
PELASTUSLAITOS**

Sukellusfysiikka

Boylein kaasulaki:

- Lämpötilan ollessa vakio, paineen ja tilavuuden tulo on vakio ($p1 \times V1 = p2 \times V2$).
 - **p1** = paine meren pinnalla
 - **V1** = tilavuus meren pinnalla
 - **p2** = kokonaispaine veden alla
 - **V2** = tilavuus veden alla
- Laitesukeltamisessa keuhkojen tilavuus säilyy lähes ennallaan hengitettäessä ulkoisen paineen suuruista hengityskaasua.



**POHJOIS-SAVON
PELASTUSLAITOS**

Sukellusfysiikka

Daltonin kaasulaki:

- Normaalisti ihminen hengittää ilmaa, joka koostuu useamman kaasun seoksesta.
 - 78% typpeä, 21% happea ja 1% muita jalokaasuja.
- Kaasuseoksissa, kuten esimerkiksi ilmassa, eri kaasujen tilavuusosat ilmaistava osapaineilla.
 - Daltonin lain avulla pystytään laskemaan kaasujen osapaineet hengitettävässä kaasussa, tilavuusosuus X kokonaispaine.
 - Esimerkiksi hapen osapaine normaalissa paineilmassa 20 metrin syvyydessä on 0.21 x 3 bar = 0.63 bar.
 - Osa hengitettävistä kaasuista muuttuu myrkylliseksi/haitalliseksi osapaineen kasvaessa.
 - Esimerkiksi happi ja typpi.



**POHJOIS-SAVON
PELASTUSLAITOS**

Sukellusfysiikka

Henryn kaasulaki:

- Kaasut liukenevat tietyssä määrin nesteisiin, suuremmasta pitoisuudesta pienempään.
 - Diffuusio on reaktio, jossa paine-erot pyrkivät tasoittumaan → tila jossa kaasun liikkuminen nesteeseen ja sieltä pois on tasapainossa.
 - Paine itsessään ei aiheuta diffuusiota, vaan paine-ero on aiheuttava voima.
- Kaasun liukenevuus ja osapaine vaikuttaa → mitä syvemmälle ja kauemmin sukellaan, sitä enemmän kaasuja liukenee elimistöön.
 - Myös nesteen ominaisuudet vaikuttaa liukenevuuteen → rasvakudos vs. lihaskudos
 - Pintautuessa reaktio päinvastainen ja liian nopea nousu aiheuttaa kaasun kupliintumisen elimistössä.
- "Mitä suurempi kaasun osapaine on nesteeseen liuenneen kaasun osapaineseen verrattuna, sitä nopeammin kaasua liukenee nesteeseen."



POHJOIS-SAVON
PELASTUSLAITOS

Sukeltajantauti eli dekompressiotauti (DCS)

Syntymekanismi:

- Aiheutuu sukeltajaa ympäröivän kokonaispaineen pienemisestä liian nopean nousun yhteydessä.
 - Pääasiallinen aiheuttaja typpi, joka on hyvin rasvaliukoinen ja aineenvaihduntaan osallistumaton kaasu.
 - Muut tekijät, kuten hypotermia, obeesiteetti ym. nostavat riskiä taudin syntymään.
- Lisäksi sukelluksen kestolla ja syvyydellä merkitystä taudin synnyssä → korkea paine ja pitkä altistus kerryttää typpä elimistöön.
- Typpä liukenee elimistöön niin kauan, kunnes kudos saavuttaa ns. saturaatio-tilan.



POHJOIS-SAVON
PELASTUSLAITOS

Sukeltajantauti eli dekompressiotauti (DCS)

Seuraukset:

- Verenkierrrossa ja kudoksissa olevan tyypin kupliintuminen.
 - Aiheuttaa erityyppisiä oireistoja, riippuen kuplien sijainnista elimistössä.
 - Kuplien syntyyn liittyviä teorioita esitetty useita, oleellisempaa ymmärtää kuitenkin kuplien syntyminen syyt ja seuraukset.
- Verenkierrrossa kuplat vierasesineitä → sitovat itseensä trombosyyttejä aiheuttaen veritulpan muodostumisen.
- Kudoksissa ollessaan häiritsevät solujen normaalia toimintaa.



POHJOIS-SAVON
PELASTUSLAITOS

Decompression sickness by Claus Lunau (https://focusteamerica.com/features/decompression-sickness-claus-lunau.html)

Sukeltajantauti eli dekompressiotauti (DCS)

Oireet:

Tyypin 1 DCS (lievä)

- Nivel- ja lihaskivut
- Ihon kutina ja/tai punoitus
- Turvotukset
- Verenpurkaumat iholla/lautumat

https://www.divebuddy.com/wordpress/wp-content/uploads/2014/04/



**HUOMIOITAVAA
OIREISTOJEN
RISTIKKÄINEN
ESIINTYMINEN
TAUDINKUVASSA!**

POHJOIS-SAVON
PELASTUSLAITOS

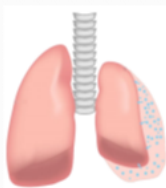
Tyypin 2 DCS (vaikea)

- Sydän- ja keuhko-oireet:
 - Rytmihäiriöt
 - Hapenpuute
 - Rintakipu
- Neurologiset oireet:
 - Muistivaikeudet
 - Sekavuus
 - Väsymys
 - Näköhäiriöt
 - Huimaus
 - Kömpelyys
 - Puheentulon häiriö
 - Tajunnantason häiriö
 - Kouristelu

Keuhkorepeämä ja ilmarinta

Syntymekanismi:

- Aiheutuu sukeltajan pidättäessä hengitystä nousun yhteydessä.
 - Hengityskaasu laajentuu ja keuhkokudos venyy.
 - Keuhkokudoksen venymiskapasiteetti rajallinen, josta seuraa lopulta kudoksen repeytyminen → keuhkorepeämä.
- Voi aiheutua myös pidentyneen uloshengityksen vuoksi keuhkosairauksissa, kuten esim. astma ja infektiot.
 - **COPD on ehdoton este sukeltamiselle!**
- Keuhkorepeämä tilanteissa keuhkopussinteloon karkaa ilmaa, joka vaikeuttaa keuhkon normaalia toimintaa → ilmarinta.



POHJOIS-SAVON
PELASTUSLAITOS

Puhemies - luvattu (http://publib.org/wiki/index.php/Keuhkorepeama_eli_ilmarinta)

Keuhkorepeämä ja ilmarinta

Oireet:

- Äkillinen hengitysvaikeus nousun aikana tai pintautumisen jälkeen.
 - Yleinen hapenpuute
 - Hengitysmekaniikan vaikeutuminen
 - Kohonnut hengitystaajuus
 - Apulihasten käyttö
 - Pistävä kipu rinnassa, joka voimistuu sisäänhengityksen aikana.
 - Verisyökset
 - Subkutaani emfyseema eli ihon alaisen ilman esiintyminen.
 - Löydöksenä usein solis-kainalokohdista palpoiden löydettävä krepitaatio eli ilman ritinä.

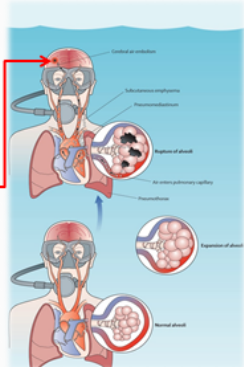


POHJOIS-SAVON
PELASTUSLAITOS

Valtimokaasuembolisaatio (AGE = Arterial Gas Embolism)

Syntymekanismi:

- Keuhkorepeämän seurauksena **paineellista** ilmaa pääsee valtimoverenkiertoon revenneiden keuhkorakkuloiden kautta.
- Aiheuttaa ilmaembolian, joka estää normaalin verenkierron kulkeutumisen suonistossa.
 - Oireet määräytyvät ilmaembolian sijainnin mukaan.
- Voi aiheutua myös keuhkoverenkierrossa tapahtuvasta ohivirtauksesta, jolloin tyyppi kupla ei suodatu pois verenkierrosta → kupla päätyy valtimopuolelle ja aiheuttaa embolisaation.



Pulmonary barotrauma in a diver during breath-hold ascent (Vann, ym. 2004, 154).



Valtimokaasuembolisaatio (AGE = Arterial Gas Embolism)

Oireet:

Aivoverenkierron ongelmat

- Tajuttomuus
- Sekavuus
- Huimaus
- Heikkous/voimattomuus
- Kouristukset
- Toispuoli halvaukset
- Näköhäiriöt

Sydänverenkierron ongelmat

- Laaja-alainen rintakipu.
 - Romauttaa nopeasti sydämen pumppaustoiminnan.

Raajaverenkierron ongelmat

- Raajan voimattomuus.
- Raajan kova kipu.

USEIN SUKELTAJA MENETTÄNYT TAJUNTANSA JO ENNEN MUIDEN OIREIDEN ILMAANTUMISTA!



JOHTAA LÄHES AINA KUOLEMAAN



Painevammat eli barotraumat

Syntymekanismi:

- Aiheutuu tilavuuden muutoksista paine-eron kasvaessa ontelon sisältämän ilman ja ympäröivän paineen välillä.
 - Liittyy useimmiten paineen tasan tekemiseen korva- ja nenäontelossa.
 - Eriaiset infektiot, kuin myös rakenteelliset poikkeavuudet, voivat olla syynä paineen tasan tekemisen ongelmiin.

Oireet:

- Korvaan vaikuttaessa aiheuttaa tärykalvon puhkimisen, jonka seurauksena kova kipu ja lukkoisuus.
- Korvan paineentasaamisen ongelmat ilmenevät usein eri asteisina huimauksia johtuen sisäkorvan toiminnan häiriintymisestä, jotka voivat johtaa vakavampiin ongelmiin sukelluksen aikana.
- Nenän onteloiden paineen tasan tekemisen epäonnistuminen voi johtaa verenvuotoon sukelluksen jälkeen.
 - Jälkikomplikaationa nenän onteloiden pitkittyneet infektiot.

ITSESSÄÄN PAINEVAMMAT EIVÄT UHKAA SUKELTAJAN TERVEYTTÄ, MUTTA VOIVAT AIHEUTTAA VAKAVAMPIA ONGELMIA VEDEN ALLA!



Happimyrkytys

Syntymekanismi:

- Happi muuttuu myrkylliseksi, kun sen osapaine ylittää tietyn raja-arvon.
 - Turvaraja 1.4 bar, sen ylittäessään hapen myrkylliset vaikutukset alkavat ilmaantua.
- Happimyrkytyksen syntyy vaikuttaa niin sukelluksen syvyys, kuin myös sukellusaika.
- Huomioitava seikka myös ylipainehappihoitoa suoritettaessa.
 - Mahdollinen komplikaatio, mutta hyvin harvinaisen 1,4/10 000 hoitokertaa.

TAKE A HOME POINT!

Normobarista happea annettaessa potilaille pitkäaikaisesti pystytään myös aiheuttamaan lieviä asteisia oireita hapen kumuloitessa kudoksiin.



Happimyrkytys

Oireet:

- Aiheuttaa keskushermostoperäisiä oireita.
 - Lihasten nykiminen
 - Pahoinvointi
 - Sekavuus
 - Huimaus
 - Ärtyneisyys
 - Kouristelu
 - Tajuttomuus
- Pitkittyneessä normobarisen altistuksen oireita.
 - Kuiva yskä
 - Hengitysvaikeudet
 - Keuhkopöhö
- Oireet lieviytyvät nopeasti hapen osapaineen laskiessa.
 - Diagnosi ensihoitotilanteissa henkeä, mutta happimyrkytyksen seurauksena aiheutuneet ongelmat vaativat ensihoitoa.



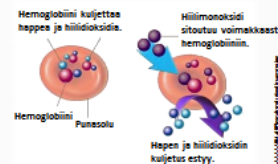
Häkimyrkytys

Syntymekanismi:

- Hiilimonoksidin esiintyminen hengitettävässä kaasussa.
 - Aiheutuu täyttökompessorista päässeistä pakokaasusta paineilmapulloon. Erittäin harvinaisen tilanne.

Oireet:

- Päänsärky
- Huimaus
- Yleinen heikkous/pahoinvointi
- Takykardia ja korkea verenpaine
- Keskittymiskyvyn puute/alentunut tajunnantaso
- Kouristelu
- Hengitysvaikeus



Hukkuminen ja elottomuus

- Hukkumisella tarkoitetaan tukehtumista nesteeseen → hengitysvajaus ja hapenpuute.
 - Jälkikomplikaatioina pneumonia, hengitysvajausoireyhtymä (ARDS), yms.
- Hukkuminen on lopputulos aina muun tekijän aiheuttamasta tapahtumasarjasta veden alla.
 - Typpinarkoosi, kouristelu, tajuttomuus, paniikki, painevammat, jne.
- Hukkuminen on laitesukeltajan yleisin elottomuuden syy.
 - Primaarirytminä tavoitetaan useimiten asystole tai PEA eli sykkeetön rytm.
 - Muu primaarirytmä hukkuneella elottomalla herättää epäilyn muusta syystä, kuten sairaskohtauksesta tai hypotermiasta johtuvasta rytmihäiriöstä.



Laitesukellusonnettomuudet

- Harvinaisia tehtäviä, joissa yhteistoiminnan suunnittelu pelastuksen ja ensihoidon välillä merkittävä.
 - Potilaan vaikea sijainti.
 - Asianmukaisen kaluston saaminen kohteeseen pelastustoimen osalta.
 - Virka-apu pyynnön tarpeellisuus, esimerkiksi puolustusvoimien tai rajavartiolaitoksen ilmakalusto.
- Onko kyseessä sukellusonnettomuus vai sukeltajantauti?
 - Toimintataktiikan suunnittelu ennen kohteen saavuttamista.

ESITIEDOT TÄRKEÄSSÄ ASEMASSA TEHTÄVÄN ONNISTUMISEN KANNALTA!



Laitesukellusonnettomuudet

- Hoidon kulmakivenä kattava anamneesi, potilasta tutkittaessa.
 - Perussairauksien ja säännöllisten lääkitysten lisäksi oireiden laatu ja alkamis- tai viiveajat.
 - Edellisten sukellusten ajankohdat ja aiemmat koetut sukellusonnettomuudet tai sukeltajantaudit.
 - Maallikon antama ensiapu.
 - Sukellusprofiilin selvittäminen:
 - Maksimi syvyys?
 - Sukellusaika?
 - Alttiina olo-aika?
 - Käytetty hengityskaasu?

**SUKELLUSTIETOKONE
MUKAAN, SISÄLTÄÄ
SUKELLUSPROFIILIN
TIEDOT!**



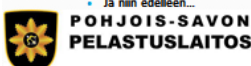
Laitesukellusonnettomuuksien ensihoito

- Lähtökohdana potilaan hoitaminen ABCDE-periaatteen mukaisesti ja varhainen ensihoitolääkärin hoito-ohje tilanteesta toimimiseksi.
 - Peruselintoimintojen turvaaminen → hengitystien avoimuus, riittävä happeutuminen ja verenkierron riittävyys.
- Kaikkissa laitesukellusonnettomuuksissa hyvä hapetus ja riittävä nesteytys.
 - Hapetuksen toteuttaminen mahdollisimman suurella FIO2 pitoisuudella sisään hengitettävässä ilmassa.
 - Varaajapussilliset hengityksen avustamisen välineet.
 - Hengitystien turvaamisessa huomioitavaa kalvosimen täyttö 0,9% NaCl-liuksella painekammiohoitoa varten.
 - Nesteytys suonenensisäisesti isotonisella nesteellä, esim. Ringer- tai Plasmalyte-liuksella 10ml/kg/5h, jonka jälkeen verenpaine vasteen mukaan.
 - EI GLUKOOSIPITOISIA NESTEITÄ → PAHENTAA NEUROLOGISIA VAURIOITA.
 - Tajuihinsa ovelle potilaalle vaihtoehdotisesti nesteytys suun kautta karkeasti arvioiden 1L/h, mikäli este suonihteyden avaamiselle.



Laitesukellusonnettomuuksien ensihoito

- Hypotermian ehkäisy, välttämällä hypertermiaa.
 - Sukeltaja mahdollisesti hypotermien sukeltaessa Suomen vesistöissä.
 - Alhista rytmihäiriöille.
 - Lisää diureesia ja aiheuttaa verenkierron sentralisoitumista → hypotonia, joka heikentää aineenvaihduntaan osallistumattoman kaasun poistumista kudoksista.
 - Kudosten hapenpuutteen ehkäisy.
 - Hypertermia voi pahentaa neurologisia vaurioita.
- Muu potilaalle annettava hoito määräytyy oireiston mukaan.
 - Oireiden mukainen hoito tapahtuu ensihoito-oppaan/alueellisen ohjeistuksen mukaisesti.
 - Kouristelevan potilaan kouristelu lopetetaan bentsodiatsepiineilla.
 - Jännitealmarinnasta kärsivän potilaan kanavointi neulapunktiolla.
 - Keuhkopöhö tilanteissa harkitaan CPAP-hoidon aloittamista suhteessa vasta-aiheisiin.
 - Nesteytykseen reagoimattoman hypotonian hoito inotropiilääkityksen (noradrenaliini-/dopamiini-infuusiot) avulla, tavoitteena normotensio.
 - Ja niin edelleen...



Laitesukellusonnettomuuksien ensihoito

Hapetuksen merkitys:

- Lisää aineenvaihduntaan osallistumattoman kaasun poistumista.

- Lisää hapen tilavuusosuutta sisäänhengitettävässä kaasussa.
 - Parantaa kudosten hapensaantia ja elvyttää jo hapenpuutteesta kärsiviä kudoksia.
- Parantaa tutkitusta myöhemmin toteutettavan ylipainehappihoidon vastetta.



Laitesukellusonnettomuuksien ensihoito



Nesteytyksen merkitys:

- Korjaa hypotermiasta ja immersioista aiheutunutta (diureesi) hypotoniaa.
- Parantaa kudosten verenkiertoa ja tätä kautta aineenvaihduntaan osallistumattoman kaasun poistumista elimistöstä.



POHJOIS-SAVON
PELASTUSLAITOS

Laitesukellusonnettomuuksien ensihoito

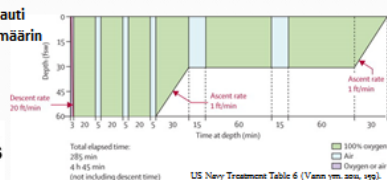
- Varhainen ensihoitolääkärin hoito-ohjeen pyytäminen tärkeää.
 - Potilaan asianmukaisen kuljetuksen järjestäminen lopulliseen hoitopaikkaan avainasemassa erityisesti vaikeissa sukeltajantautitapauksissa.
 - Lisäksi muiden elintoimintoja tukevien hoitojen linjaukset tilanteissa, joissa potilaan peruselintoiminnot vaarantuneet.
- Kuljetusasennolla, kuin myös kuljetusmuodolla, merkitystä.
 - Kuljetusasento vaakatasossa.
 - Lievät DCS tapaukset maakuljetuksella. Vaikeat DCS tapaukset helikopterilla, jos painekammioon matka maakuljetuksella yli 2h.
 - Helikopterikuljetuksessa lentokorkeus alle 300 metriä → rajan ylittävä lentokorkeus voi pahentaa DCS oireita.



POHJOIS-SAVON
PELASTUSLAITOS

Ylipainehappihoito (HBOT = Hyperbaric Oxygen Therapy)

- Luodaan keinotekoisesti normaalia ilmanpainetta korkeampi paine suljetussa hoitokammiossa.
 - Vaikuttaa elimistössä olevien kaasukuplien kokoon ja liukenevuuteen, kuten sukelluksen aikana → kaasukuplat pienenevät ja liukenevat nesteisiin, oireet helpottavat.
 - Hengitettäessä 100 % happea samanaikaisesti hapentarjonta kudoksille tehostuu, korjaa kudosten iskemioita.
- Yleisesti käytössä oleva hoitokaavio US Navy Table 6.
 - 1 HBOT hoito sukeltajantautitapauksissa kestää keskimäärin 4h 50 min – 6h 10 min.



POHJOIS-SAVON
PELASTUSLAITOS

Turun yliopistollisen sairaalassa voidaan hoitaa potilaita yksipaikkaisissa painekammioissa, kuin myös suuressa painekammiossa mikäli potilas tarvitsee tehohoitoa.



POHJOIS-SAVON
PELASTUSLAITOS

Ylipainehappihoitoa tarjoavat laitokset

- Turun yliopistollinen keskussairaala (TYKS). Aikuisten teho-osasto. Päivystää 24/7, välitön hoitovalmius. Sukeltajantautien suhteen vaihtoehtoisia hoitopaikkoja ei ole muualla Suomessa samalla valmiudella. puh. (02) 313 1950
- Terveystalo, Tampere. Päivystää 24/7, hoitovalmius 2 tunnin valmistajalla. puh. 050 465 6302
- Oulu-Kolismaan pelastuslaitos, Oulun paloasema. Tarjoaa hoitoa poikkeustilanteissa, mikäli lääkäri saatavissa paikalla. Vain sukeltajantautitapaukset. puh. 044 703 8621
- Pelastusopisto, Kuopio. Tarjoaa hoitoa poikkeustilanteissa, mikäli lääkäri saatavissa paikalla. Vain sukeltajantautitapaukset. puh. 0500 578 012 TAI 050 3611 758
- Puolustusvoimat, Kirkkonummi. Sotilaslääketieteen keskus, Upinniemen painekammiokeskus. Hoitaa tarvittaessa virka-aikana. Pääasiallisesti puolustusvoimien omassa käytössä (*Tämän hetkisen tiedon mukaan poissa käytöstä tilojen sisäilmaolosuhteiden vuoksi 21.10.2017.*) puh. 0299 576 151



POHJOIS-SAVON
PELASTUSLAITOS

Lähteet

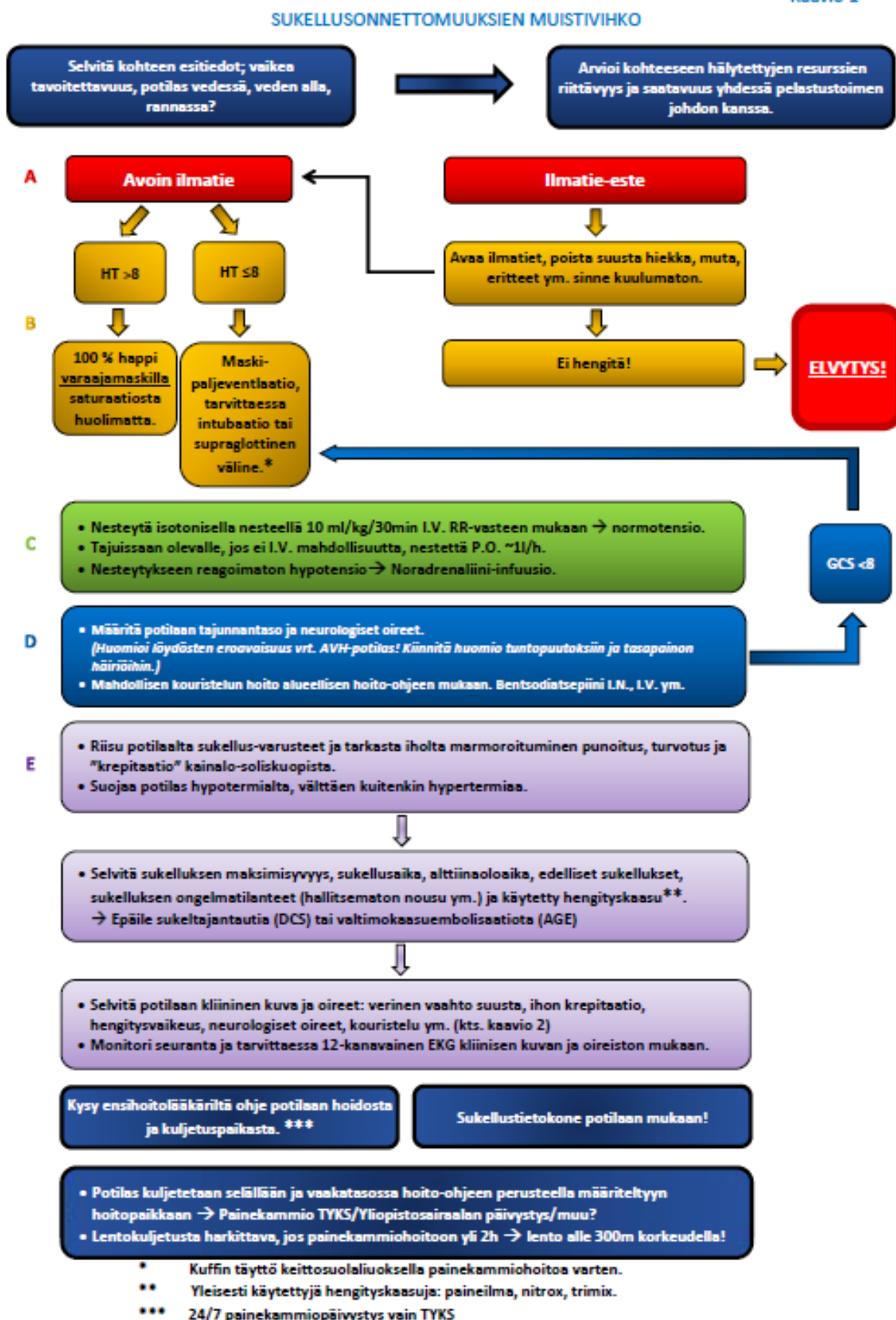
- ANTTILA, Matti 2017. Kuolemaan johtaneet sukellusonnettomuudet [verkkojulkaisu] [Viitattu 2018-02-03]. Saatavissa: <http://www.sukellus.info/sukelluskuolemat.shtml>
- HANHIKOSKI, Sami & KOSTILAINEN, Hannu 2018. Laitesukellusonnettomuuksien sairaalan ulkopuolinen ensihoito. Savonia-ammattikorkeakoulu. Sosiaali- ja terveysala. Opinnäytetyö. [Viitattu 2018-02-03]. Saatavissa: <http://www.theseus.fi>
- JAMA, Timo 2014. Suomen sukellus- ja ylipainelääketieteen yhdistyksen (SSLY) lausunto keskeytyneen dekompression suorittamisesta vedessä [verkkojulkaisu] [Viitattu 2018-02-03]. Saatavissa: <https://www.sukelluslaakarit.fi/wp-content/uploads/2017/04/SSLYSuositus%20dekompressiostaFINAL.pdf>
- Suomen sukellus- ja ylipainelääketieteellinen yhdistys, 2017. Painekammiot Suomessa [verkkojulkaisu] [Viitattu 2018-02-03]. Saatavissa: <https://www.sukelluslaakarit.fi/tietoa/painekammiot-suomessa>.



POHJOIS-SAVON
PELASTUSLAITOS

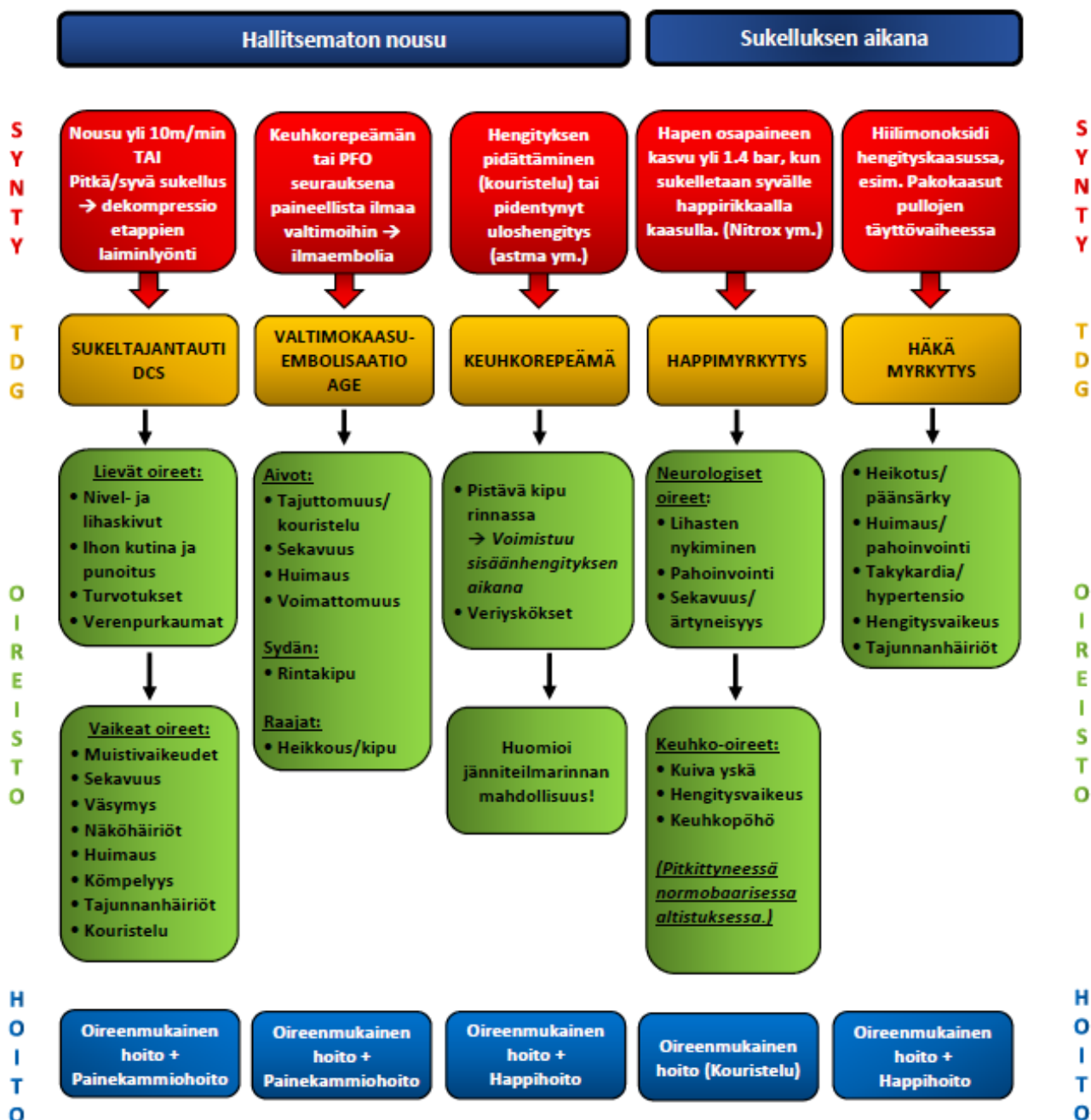
LIITE 4: MUISTIVIHKO

Kaavio 1



Kaavio 2

SUKELLUSONNETTOMUUKSIEN MUISTIVIHKKO



- Typpinarkoosi eli syvyyshumala, voi aiheuttaa sukeltajan keskittymiskyvyn heikkenemisen ja johtaa sukellusonnettomuuteen. Se voi aiheuttaa minkä tahansa kyseisistä onnettomuustyypeistä.
- Useat eri oireet voivat esiintyä ristikkäin.
- Tärkeintä on oireenmukainen hoito ABCDE mukaisesti ja potilaan saaminen oikeaan hoitopaikkaan.