

# **Vakavien laitesukellusonnettomuuksien ensihoito**

*Itseopiskelumateriaali ensihoidon opiskelijoille*

Jemina Forsgård

Examensarbete

Förstavård 18

05/2022

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Förstavård 18
Identifikationsnummer:	
Författare:	Jemina Forsgård
Arbetets namn:	Akut behandling av allvarliga dykolyckor
Handledare (Arcada):	Cia Törnblom
Uppdragsgivare:	-
<p>Sammandrag:</p> <p>I Finland inträffar dykolyckor varje år. I genomsnitt hamnar mellan 20–30 dykare i en allvarlig dykolycka, varav 0–5 fall resulterar i en dykares död. Allvarliga dykolyckor är vanligtvis ödesdigra för dykare och kräver akutsjukvård så tidigt som möjligt, vilket kan vara livräddande för dykaren. Allvarliga dykolyckor är dyksjukda och arteriell gasembolis.</p> <p>I litteraturen om akutsjukvård och i yrkeshögskolestudier hanteras dykolyckor på ett begränsat sätt, vilket gav upphov till idén om behovet av ytterligare material. Lärdomsprov bestod i att skapa ett allmänt självstudiematerialet från akutvård av allvarliga dykolyckor till akutvårdsstudenter. Lärdomsprov har utförts med en funktionell metod. Baserat på den insamlade databasen har självstudiematerialet skapats i form av en Powepoint–presentation.</p> <p>Syftet med lärdomsprov är att öka medvetenheten och förståelsen bland akutvårdsstudenter om mekanismerna för uppkomsten av allvarliga dykolyckor och syre- och kolmonoxidförgiftning, hypotermi och drunkning, samt identifiering och implementering av akutvård genom självstudiematerialet.</p> <p>Självstudiematerialet behandlar i allmänhet dykning och förekomsten av allvarliga dykolyckor i Finland och runt om i världen. För att förstå mekanismen för olycksuppkomst diskuteras nyckeldykningsfysik. Mer detaljerade studier har gjorts om identifiering av olyckor och genomförandet av akutvården.</p> <p>Självstudiematerialet är också lämpligt för användning i räddningsstudenter, liksom för dem som arbetar med räddnings- och akutvård, men det rekommenderas att använda studiematerial om mänsklig anatomi och fysiologi för att stödja det.</p>	
Nyckelord:	Dykning, dykning olycka, dyksjukdom, akutvård, självstudiematerialet
Sidantal:	39
Språk:	Finska
Datum för godkännande:	23.5.2022

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Förstavård 18
Identification number:	
Author:	Jemina Forsgård
Title:	Emergency treatment of serious scuba diving accidents
Supervisor (Arcada):	Cia Trönblom
Commissioned by:	-
<p><b>Abstract:</b></p> <p>In Finland, diving accidents occur every year. On average, between 20 and 30 divers are involved in a serious diving accident, of which 0–5 cases result in the death of a diver. Serious diving accidents are usually fatal for divers and require emergency medical care started as early as possible, which can be life-saving for the diver. Serious scuba diving accidents include diving disease and arterial gas embolism.</p> <p>In the literature of emergency medical care and in polytechnic studies, diving accidents are dealt with in a limited way, which gave rise to the idea of the need for additional material. This thesis is about creating a general self-study material about the emergency care of serious scuba diving accidents to emergency care students. The learning work has been carried out using a functional method. Based on the collected data base, self-study material has been created in the form of a Poweppoint presentation.</p> <p>The aim of the study is to raise awareness and understanding among emergency care students about the mechanisms for the emergence of serious scuba diving accidents, oxygen and carbon monoxide poisoning, hypothermia and drowning, as well as their identification and the implementation of emergency care through self-study material.</p> <p>Self-study material covers scuba diving and the prevalence of serious scuba diving accidents in Finland and around the world. In order to understand the mechanism of accident emergence, key diving physics is discussed. More detailed studies have been given to the identification of accidents and the implementation of emergency care. The self-study material is also suitable for rescue students, as well as for those involved in rescue and emergency care, but it is recommended to use study materials on human anatomy and physiology to support it.</p>	
Keywords:	Scuba diving, scuba diving accident, diving disease, emergency care, self-study material
Number of pages:	39
Language:	Finnish
Dte of acceptance:	23.5.2022

OPINNÄYTE	
Arcada	
Koulutusohjelma:	Förstavård 18
Tunnistenumero:	
Tekijä:	Jemina Forsgård
Työn nimi:	Vakavien laitesukellusonnettomuuksien ensihoito
Työn ohjaaja (Arcada):	Cia Trönbom
Toimeksiantaja:	-
<p>Tiivistelmä:</p> <p>Suomessa sukellusonnettomuuksia tapahtuu vuosittain. Keskimäärin 20–30 sukeltajaa joutuu vakavaan sukellusonnettomuuteen, joista 0–5 tapausta johtaa sukeltajan kuolemaan. Vakavat sukellusonnettomuudet ovat sukeltajalle tavallisesti kohtalokkaita ja vaativat mahdollisimman varhain aloitettua ensihoitoa, joka voi olla sukeltajalle hengenvielästä. Vakavia laitesukellusonnettomuuksia ovat sukeltajantauti ja valtimokaasuembolia.</p> <p>Ensihoidon kirjallisuudessa ja ammattikorkeakouluopinnoissa sukellusonnettomuuksia käsitellään rajallisesti, joka synnytti ajatuksen lisämateriaalin tarpeellisuudesta. Opinnäytetyöksi muodostui yleisen itseopiskelumateriaalin luominen vakavien laitesukellusonnettomuuksien ensihoidosta ensihoidon opiskelijoille. Opinnäytetyö on toteutettu toiminallisella menetelmällä. Kerätyn tietopohjan perusteella on luotu itseopiskelumateriaali Powepoint–esityksen muodossa.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena on lisätä ensihoidon opiskelijoiden tietoisuutta ja ymmärrystä vakavien laitesukellusonnettomuuksien, happi- ja häämyrkytyksen, hypotermian ja hukkumisen syntymekanismista, sekä niiden tunnistamisesta ja ensihoidon toteuttamisesta itseopiskelumateriaalin avulla.</p> <p>Itseopiskelumateriaalissa käsitellään yleisesti laitesukellusta ja vakavien laitesukellusonnettomuuksien yleisyyttä Suomessa sekä maailmalla. Onnettomuuksien syntymekanismien ymmärtämiseksi käsitellään keskeistä sukellusfysiikkaa. Onnettomuuksien tunnistamiseen ja ensihoidon toteuttamiseen on perehdytty tarkemmin. Itseopiskelumateriaali soveltuu käytettäväksi myös pelastuksen opiskelijoille, sekä pelastuksessa ja ensihoidossa toimiville, mutta sen tukena on suositeltavaa käyttää opiskelumateriaalia ihmisen anatomiasta ja fysiologiasta.</p>	
Avainsanat:	Laitesukellus, laitesukellusonnettomuus, sukellussairaus, ensihoito, itseopiskelumateriaali
Sivumäärä:	39
Kieli:	Suomi
Hyväksymispäivämäärä:	23.5.2022

# SISÄLLYSLUETTELO

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>LAITESUKELLUS</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>SUKELLUSFYSIKKA</b> .....	<b>8</b>
3.1	Boylen laki.....	9
3.2	Daltonin laki .....	10
3.3	Henryn laki.....	10
<b>4</b>	<b>LAITESUKELLUSONNETTOMUUDET</b> .....	<b>11</b>
4.1	Sukeltajantauti (DCS) .....	12
4.2	Keuhkorepeämä.....	16
4.3	Valtimokaasuembolia (AGE).....	16
4.4	Happi- ja häkämyrkytys.....	17
4.5	Hypotermia.....	18
4.6	Hukkuminen .....	19
<b>5</b>	<b>LAITESUKELLUSONNETTOMUUKSIEN ENSIHOITO</b> .....	<b>20</b>
5.1	Sukeltajantaudin (DCS) ja valtimokaasuembolian (AGE) hoito .....	20
5.2	Happi- ja häkämyrkytyksen hoito .....	22
5.3	Hypotermian hoito.....	24
5.4	Hukkuneen hoito.....	25
<b>6</b>	<b>TARKOITUS JA TAVOITE</b> .....	<b>26</b>
<b>7</b>	<b>Itseopiskelu verkossa ja itseopiskelumateriaali powerpoint-esityksenä</b> .....	<b>27</b>
<b>8</b>	<b>OPINNÄYTETYÖ PROSESSINA</b> .....	<b>27</b>
8.1	Toiminnallinen opinnäytetyö .....	27
8.2	Itseopiskelumateriaalin suunnittelu ja toteutus .....	28
8.3	Tiedonkaku .....	30
<b>9</b>	<b>POHDINTA</b> .....	<b>31</b>
9.1	Luotettavuus ja eettisyys.....	32
	<b>LÄHTEET</b> .....	<b>34</b>

# 1 JOHDANTO

Suomessa on arviolta 20 000-30 000 laitesukelluksen harrastajaa ja noin 800 ammattisukeltajaa. Pelastuslaitoksilla, rajavartiolaitoksilla sekä puolustusvoimilla sukellustoiminta on ammattitasoista. (Kuisma ym. 2021 s. 698.)

Sukellusonnettomuuksia tapahtuu vuosittain. Keskimäärin 20-30 sukeltajaa joutuu vuosittain vakavaan sukellusonnettomuuteen, joista 0-5 tapausta johtaa sukeltajan kuolemaan (Kuisma ym. 2013 s. 598-599). Tavanomaisin sukellusonnettomuuden kuolinsyy on hukkuminen. Casadesús ym. ovat tehneet vuosina 2003-2017 tutkimuksen Espanian Gironassa sattuneista kuolemaan johtaneista sukellusonnettomuuksista. Kyseisinä vuosina sukellusonnettomuuteen oli kuollut 43 sukeltajaa, joissa kuolinsyinä olivat hukkuminen (58%), valtimokaasuembolia (23%) ja loput 19% olivat muita syitä, kuten esimerkiksi sukelluksen aikainen trauma. (Casadesús ym. 2018 s. 19.)

Sukellussairaus (Decompression illness, DCI) on sukellusonnettomuuksien yläkäsite, joka jaetaan sukeltajantautiin (Decompression sickness, DCS) sekä valtimokaasuemboliaan (Arterial gas embolism, AGE) (Kuisma ym. 2021 s. 699). Edellämainitut sairaudet ovat decompressioaurioita ja lukeutuvat vakaviin sukellusonnettomuuksiin, jotka voivat olla sukeltajille tavallisesti kohtalokkaita (Schröder ym. 2004). Vakavat sukellusonnettomuudet aiheuttavat tavallisesti mahdollisimman varhain aloitettavaa ensihoitoa. Ensihoito voi olla sukeltajalle hengenpelastava, minkä vuoksi tutkin tässä opinnäytetyössä tarkemmin sukellusonnettomuuksien ensihoidon toteutusta.

Perehdyn tässä opinnäytetyössä vakavien ja mahdollisesti kohtalokkaiden sukellusonnettomuuksien tunnistamiseen ensihoidossa sekä sairaalan ulkopuolella toteutettavaan ensihoitoon. Sukellusonnettomuuksien syntymekanismin ymmärtämisen tukena tarkastelen sukelluksen keskeistä fysiikkaa. Livingstone ym. (2017), vertaistutkimuksessa laitesukelluksen ontologiasta painotetaan sukellusfysiikan ymmärtämisen tärkeyttä, etenkin Boylen ja Henryn lakia.

Ensihoidon kirjallisuuden ja sukellusonnettomuuksista saatavilla olevien materiaalien perusteella perehdyn sukelluksenaikaiseen happi- ja häämyrkytykseen, hypotermiaan sekä hukkumiseen, sillä ne aiheuttavat tavallisesti ensihoidon toimenpiteitä.

Tieteellisten tutkimusten perusteella tarkastelen myös sukellusonnettomuuksien määrää Suomessa sekä maailmalla havainnollistaakseni sukellusonnettomuuksien yleisyyttä.

Ensihoidon kirjallisuus ja ensihoidon ammattikorkeakoulun opinnot käsittelevät sukellusonnettomuuksia rajallisesti, jonka vuoksi olen luonut yleisen itseopiskelumateriaalin ensihoidon opiskelijoille tämän opinnäytetyön pohjalta.

## 2 LAITESUKELLUS

Laitesukellus tarkoittaa paineilmalaitteella veden pinnan alla sukeltamista.

Laitesukelluksen varusteet mahdollistavat sukelluksissa olemisen minuuteista jopa tunteihin saakka. Varusteet koostuvat useammasta osasta. Mainittavin on sukelluslaite, joka koostuu paineilmapullosta, tasapainotusliivistä sekä regulaattorista, jossa on mukana muunmuassa vara-annostin ja painemittari. (Vikman 2007 s. 3, 161.)

Laitesukelluksessa hengityskaasuina käytetään tavallisesti paineilmaa, nitroxia tai trimixiä. Hengityskaasun valintaan vaikuttaa sukeltajan tekniikka.

Laitesukelluksen harrastajista suurin osa harrastaa niin sanottua virkistysukelusta, missä sukellussyvyys on tavallisesti alle 30 metriä ja sukelluskaasuna käytetään happea eli paineilmaa, joka on ylipaineiseksi paineistettua ilmaa. (Kuisma ym. 2021 s. 698, Woikoski 2022.) Muutama prosentti sukeltajista harrastaa tekniikkasukellusta, missä sukellussyvyys on tavallisesti yli 30 metriä ja hengityskaasuna käytetään happirikastettua ilmaa eli nitroxia tai hapen, typen ja heliumin seosta, trimixiä. Nitrox-seos sisältää yleisimmin happea (32-36%) ja sen hyöty perustuu vähentyneeseen typen määrään hengityskaasussa. Trimix-seos sisältää yleisimmin happea (21%), typpeä (44%) ja heliumia (35%). Tämän seoksen avulla saadaan eliminoitua typen elimistössä mahdollisesti aiheuttamaa narkoosia. Tekniikkasukellus mahdollistaa sukeltamisen virkistysukeltamista suuremmalla syvyysalueella, jopa 100 metriin veden pinnan

alapuolelle. Tekniikkasukelluksen syvyysalueen vuoksi sukeltajan on noustessa takaisin pintaan sukeltettava ns. etappisukelluksella, jossa pidetään suunnitellusti paineen tasaustaukoja ja tehdään hengityskaasujen vaihtoja, minkä tarkoituksena on minimoida kudoksissa olevaa typen määrää välttääkseen sukeltajataudin riskin. Hengityskaasujen vaihtoja kutsutaan dekokaasuiksi, joissa on esimerkiksi puolet happea ja puolet typpeä. Virkistysukelluksessa sukeltaja pystyy toteuttamaan pintaan nousun ns. suoranosusukelluksena, missä paineentasaustaukoja ei tarvitse tehdä. (Kuisma ym. 2021 s. 698; Pietikäinen 2012; Sipinen 2010.)

### **3 SUKELLUSFYSIKKA**

Sukeltaessa ihminen on tekemisissä normaalista poikkeavien ympäristöolosuhteiden kanssa. Veden aiheuttama paine vaikuttaa erityisesti sukeltajan elimistöön monin eri tavoin, jonka vuoksi sukeltajan on tunnettava vedenalaisen ympäristön ominaisuudet. (Vikman 2007 s. 29.)

Paineella tarkoitetaan kohtisuoraa voimaa johonkin pintaan sen pinta-alayksikköä kohti. Veden massa aiheuttaa paineen, jota kutsutaan vedenpaineeksi. Sukeltamisen yhteydessä paineenyksikkönä käytetään baria (bar). Veden pinnalla vallitsee yhden barin paine, joka johtuu ilmakehän korkuisesta ilmapatsaasta, joka 10 000kg painollaan aiheuttaa kyseisen paineen veden pinnalle. Veden pinnan alapuolella vedenpaine lisääntyy yhdellä barilla jokaista 10 syvyysmetriä kohden. Veden paineen tunteminen syvyydessä on sukellusfysiikan tärkeimpiä asioita. (Vikman 2007 s. 29.)

Paineen kasvaessa kaasujen tilavuus pienenee ja puolestaan paineen alentuessa kaasujen tilavuus kasvaa. Esimerkiksi lentokoneen laskeutuessa korvat lukkiutuvat paineen vaihteluiden seurauksena. Korvien paine tasataan ympäröivän paineen suuruiseksi puristamalla sieraimet kiinni ja puhaltamalla ilmaa nenään.

Paineiden vaihtelu saattaa aiheuttaa ongelmia ihmisen kehossa olevissa ilmaonteloissa, kuten korvissa, keuhkoissa, päänonteloissa ja suolissa. Tämän vuoksi onteloiden paine on saatava ympäröivän paineen suuruiseksi, jotta vältetään barotraumojen eli



painevammojen synty. Paineen vaihtelu ei muuta ihmiskehon nesteiden tilavuutta tai aiheuta kudosten kasaan painumista jonka vuoksi ihminen ei tunne ympäröivää painetta. Tämä perustuu ihmiskehon nestepitoisiin kudoksiin. Kudosten paine nousee ympäröivän paineen mukaisesti, eikä paine-eroa näin ollen synny, joka aiheuttaisi paineen muutosten tuntemisen. Laitesukelluksessa sukeltajan noustessa kohti pintaa, keuhkoissa oleva ilma laajenee, sillä ympäröivä paine pienenee. Jos sukeltaja pidättää hengitystään, keuhkoihin syntyy ylipaine, jonka seurauksena keuhkot voivat revetä. Tämän vuoksi sukeltaja ei saisi koskaan pidättää hengitystään sukelluksen aikana. (Vikman 2007 s. 29, 32, 63-64, 72.)

### **3.1 Boylen laki**

Boylen laki tarkoittaa kaasumäärän lämpötilan pysymistä muuttumattomana ja tällöin tilavuuden ja paineen tulo pysyy vakiona. Esimerkiksi jos joustavaseinäisen kaasupullon tilavuus veden pinnan yläpuolella on 10 litraa ja ympäröivä paine on 1 barin verran, kaasupullon menessä veden pinnan alapuolelle sen tilavuus muuttuu paineen kasvaessa. 30 metrin syvyydessä kyseisen kaasupullon tilavuus Boylen lain mukaisesti on 2,4 litraa 4 barin ympäröivässä paineessa. (Vikman 2007 s. 36.)

Boylen lain tunteminen ja ymmärtäminen on sukeltajalle tärkeää. Sukeltajan on hyödyllistä ymmärtää sukellusajan arvioimiseksi paljonko hänen kaasupullo sisältää ilmaa sekä paljonko kaasua hän kuluttaa kussakin eri syvyydessä. Ensihoidon kannalta on hyödyllistä ymmärtää kaasujen tilavuuden ja paineiden vaihtelut. (Vikman 2007 s. 37- 43.) Esimerkki havainnollistamaan sukelluksen aikaista Boylen lain vaikutusta: Sukeltajan sukeltaessa 10 metrin syvyydessä, hänen keuhkoissaan on ilmaa noin 6 litraa. Sukeltajan noustessa takasin kohti pintaa, keuhkoissa olevan ilman tilavuus laajenee. Pinnalla keuhkoissa oleva ilmamäärä kasvaisi 12 litraan, mikäli ilma ei pääse ulos. Tilanne ei olisi keuhkoille mahdollinen, vaan keuhkot repeäisivät. (Kaikumo 2013 s. 51.)

### 3.2 Daltonin laki

Kaasuseoksessa osakaasujen paineet ilmoitetaan osapaineilla. Osapaineella tarkoitetaan kaasuseoksen paineen osaa, jonka yksittäinen osakaasu aiheuttaa. Kaasumolekyylit vaikuttavat kokonaispaineeseen samanvertaisesti. Osapaine määräytyy kaasun tilavuuden mukaisesti, eli mikäli tilavuus kaasuseoksessa on 20%, niin on myös kaasunosapaine 20% kaasuseoksen kokonaispaineesta. Kaasuseoksen kokonaispaine saadaan laskemalla osakaasujen ja osapainetten summa. Sukeltajalle on hyödyllistä ymmärtää kaasun vaikutus osapaineen eikä sen tilavuuden mukaisesti. Esimerkiksi sukeltajan sukeltaessa käyttäen sukelluskaasuna happea noin 4 metrin syvyydessä, ylittyy jo tavallisesti 1,4 barin paine, joka aiheuttaa hapen muuttumisen ihmiselle myrkylliseksi. (Vikman 2007 s. 44-45.)

### 3.3 Henryn laki

Kaasut liukenevat nesteisiin aina tietyissä määrin, riippuen paineesta sekä kaasun ja nesteen liukenemisominaisuuksista. Tätä mekanismia kuvaa Henryn laki. Nesteeseen liunneen kaasun määrä riippuu ympäröivästä paineesta ja lämpötilasta. Nesteeseen liukenevan kaasun määrä ja sen liukenemisnopeus ovat suoraan verrannollisia keskenään. Henryn laki havainnollistaa sukeltajantaudin synnyn, minkä vuoksi sen ymmärtäminen on oleellista. Esimerkiksi, sukelluksen aikana sukeltajan hengittäessä pullosta ilmaa, hän kuluttaa happea ja osa tuestä liukenee kudoksiin. Jos sukeltaja nousee pintaan rauhallisesti, myös paine alenee hitaasti ja typen vapautuminen ei synnytä kudoksiin kuplia. Jos sukeltaja puolestaan nousee pintaan vauhdilla, myös paine alenee nopeasti ja typpi muodostaa kuplia kudoksiin. Mekanismi vastaa nopeasti avattua virvoitusjuomapulloa. (Kaikumo ym. 2013 s. 53; Vikman 2007 s. 50.)

Diffuusio, eli liukeneminen tapahtuu suuremmasta pitoisuudesta pienempään pitoisuuteen, esimerkiksi kun hapen osapaine on alveoleissa (keuhkorakkuloissa) suurempi, mitä alveolien ympäröivissä hiussuonissa. Happea siirtyy diffuusion avulla alveoleista sen ympäröivien hiussuonten verenkiertoon, jonka jälkeen se sitoutuu

veressä punasolujen hemoglobiiniin ja jatkaa matkaa keuhkolaskimoiden kautta sydämeen ja sieltä kudoksiin. (Nienstedt 2012 s. 140; Vikman 2007 s. 50.)

Diffuusion aiheuttava voima on paine-ero, eli gradientti, joka pyrkii tasoittumaan. Paineen alentuessa nesteeseen liuennutta kaasua vapautuu, kunnes nesteessä ja kaasussa olevat osapaineet ovat samalla tasolla. Kaasun ja nesteeseen liunneiden osapaineet ovat yhtä suuret silloin, kun kaasumolekyylejä on siirtynyt yhtä paljon molempiin suuntiin. Tätä kutsutaan saturaatiotilaksi. (Kaikumo ym. 2013 s. 53; Vikman 2007 s. 50–51.)

## 4 LAITESUKELLUSONNETTOMUUDET

Laitesukelluksen kuolemaan johtaneita onnettomuuksia tapahtuu Suomessa vuosittain. 1990-luvulla kuolemaan johtaneita onnettomuuksia oli noin kolme tapausta vuodessa, 0–13 tapauksen vaihteluvälillä. Vuonna 2001 onnettomuuksiin kuoli keskimäärin kolme sukeltajaa ja 25 sairastui vakavaan sukeltajantautiin tarvitsien painekammiohoitoa. Sukeltajantautiin on arvioitu sairastuvan keskimäärin 30 sukeltajaa vuodessa. Tätä arviota tukee, Lundell ym. tekemä tutkimus Suomessa sattuneiden sukellusonnettomuuksien määrästä vuosina 1999–2018. Tutkimuksessa todettiin keskimäärin sattuvan 29 hoitoa vaativaa sukellusonnettomuutta, vaihdellen kuitenkin 16–38 tapauksen välillä. Kyseinen tutkimus on ensimmäinen Suomessa tehty tutkimus sukeltajantaudin ilmaantuvuudesta. (Lundell ym. 2019) Tutkimusten perusteella voidaan havaita 1990 – luvulta lähtien sukellusonnettomuuksien määrän olevan Suomessa kasvusuuntainen. Suomen tilastot maailmaan nähden ovat kuitenkin huomattavasti pienemmät. Tekniikkasukeltajien määrän kasvu on näkynyt vakavien sukeltajantautiin sairastuneiden määrän lisääntymisenä. Vuonna 2002 vakavaan sukeltajantautiin oli sairastunut jo 15 sukeltajaa vuoden puoleen väliin menessä. (Kuisma ym. 2021 s. 698; Kuokkanen 2002.)

Nakayaman ym. tutkivat vuoden 1996–2001 Japanissa virkistyssukeltajille sattuneiden sukellusonnettomuuksien aiheuttajia. Tutkimuksessa selvisi, että onnettomuudet

sattuivat sukeltaessa keskimäärin 37,4 metrissä, joka on virkistyssukelluksen maksimaalisen syvyyden ylittävä. Yleisimmät aiheuttajat olivat barotraumat (16,6%) ja typpinarkoosi (12%). Sukeltajantaudin osuus oli vain 1,9% tapauksista. Tutkimuksessa epäiltiin kuitenkin Japanissa sairastuvan sukeltajantautiin yhden sukeltajan viikossa. (Nakayama ym. 2003.) Aiemmin mainitussa Casadésuksen ym. tutkimuksessa onnettomuuden aiheuttajat poikkeavat Nakayaman ym. tutkimukseen nähden siinä, että esimerkiksi hukkumista ei mainittu Nakayaman ym. tutkimuksessa onnettomuuden aiheuttajaksi lainkaan, vaikka Casadésuksen tutkimuksessa hukkuminen aiheuttajana oli 58% tapauksista. Australiassa Lippmann ym. on tehnyt tutkimuksen vuosien 2000-2013 välillä sattuneista sukellusonnettomuuksista, jonka tuloksena selvisi yhteensä 126 sukeltajan kuolemaan johtanutta onnettomuutta ja 198 altistavaa tekijää, joista 59,47 % johtui sukeltajan terveydentilasta. (Lippmann ym. 2020.)

Sukellusonnettomuuksien yläkäsitteenä käytetään nimitystä sukellussairaus (decompression illness, DCI) joka jaetaan sukeltajantautiin (decompression sickness, DCS) ja valtimokaasuembolioihin (arterial gas embolism, AGE) (Kuisma ym. 2021 s. 699.) Tässä kappaleessa perehdyn vakavimpiin laitesukelluksen onnettomuuksiin, jotka todennäköisemmin aiheuttavat ensihoidon toimenpiteitä jo tapahtumapaikalla, eli kohteessa. Olen rajannut onnettomuustyyppit omien ensihoidon kokemusteni ja harkintani perusteella, käyttäen tukena luotettavia lähteitä.

#### **4.1 Sukeltajantauti (DCS)**

Sukelluksessa yleisimmin käytetty kaasu on ilma, joka sisältää typpeä 78% ja happea 21%. Elimistö käyttää solujen elintoimintoihin happea, toisin kuin typpeä. Typpeä on kuitenkin verenkiertoon liuenneena, mutta se ei kaasumaisessa muodossaan osallistu elimistön aineenvaihduntaan. Aineenvaihduntaan osallistumattomasta kaasusta käytetään termiä ”inerttikaasu”. Sukeltajaa ympäröivän paineen noustessa kudoksiin liukenee enemmän typpeä. Typen liukenemisen määrään vaikuttaa sukellussyvyys, sukellusaika sekä sukeltajan verenkierto. Verenkierto kuljettaa pois kudoksiin liennutta typpeä. Mikäli sukeltaja nousee pintaan liian nopeasti, verenkierto ei ehdi kuljettaa

liuennutta typpeä pois. Tämän seurauksena typpi muodostaa kuplia kudoksiin, josta ne kulkeutuvat laskimoita pitkin keuhkoihin ja tämä voi aiheuttaa sukeltajalle hengenahdistusta. Jos liunneen typen määrä on suuri, voi kuplat päästä keuhkojen lävitse sydämeen ja sieltä aina isoon verenkiertoon saakka. Kuplien suurentuessa, aiheuttavat ne sukeltajalle eriasteisia ongelmia ja tämän mekanismin syntyä kutsutaan sukeltajantaudiksi, eli dekompressiotaudiksi (decompression sickness, DCS), jonka syntymekanismi on Henryn lain kaltainen. Sukeltajantaudille voi altistua myös esimerkiksi lentokoneessa, mikäli matkustamo ei ole paineistettu tai paineistus jostain syystä pettää. (Kuisma ym. 2021 s. 699; Kuokkanen 2002 s. 2769-2772; Livingstone ym. 2017; Vikman 2007 s. 31, 123.)

Ihmisen elimistössä olevat kudokset ovat toisistaan poikkeavia. Eri kudostyytit ottavat vastaan, sekä luovuttavat typpeä eri nopeuksilla. Nopeasti typpeä vastaanottavat ja luovuttavat kudokset ovat nestepitoisia, joissa verenkierto on runsasta ja hiussuoniverkosto on tiheä. Rasvapitoiset kudokset ovat puolestaan hitaita kudoksia, joissa verenkierto on niukkaa ja hiussuoniverkosto harvaa. Esimerkiksi ihonalaiskudos on rasvapitoista kudosta. Hitaat rasvapitoiset kudokset pystyvät kuitenkin sitoa itseensä typpeä viisi kertaa nopeita nestepitoisia kudoksia enemmän. Molemmat kudostyytit pystyvät rajallisesti vapauttamaan ylimääräistä typpeä turvallisesti muodostamatta kuplia. Kuplia muodostuu tavallisesti alkuun laskimoverenkiertoon ja myöhemmin valtimoverenkiertoon taudin vakavassa ja vaarallisessa vaiheessa. (Vikman 2007 s. 130-131)

Kuplien muodostumista elimistössä havainnollistetaan lähteissä verraten tapahtumaa avatun virvoitusjuomapullon kuplimiseen; kun nesteeseen on paineen alaisena liuennut kaasua, joka äkillisesti laskee, vapautuu kaasu tällöin kuplina (Vikman 2007 s. 133, Sipinen 2010). Tutkimusten perusteella on havaittu, että jo neljä metrin syvyyteen sukeltamisen jälkeen vereen on mahdollista muodostua mikrokuplia. Mikrokuplat eivät varsinaisesti aiheuta sukeltajantautia, mutta kuplien mahdollisesti kasvaessa kehittyvät sukeltajalle sukeltajantauti. Myös mikrokuplien suuri määrä altistaa sukeltajantaudin kehittymiselle. (Møllerløkken ym. 2014.) Kuplien koon kasvuun vaikuttavat Boylen lain mukaan kaasun laajeneminen paineen alentuessa, kudoksen joustavuus ja kuplien pintakalvon jännitys. Kuplien pintakalvon jännitykseen vaikuttaa useampi asia, joista

mainittava on kuplan koko. Kun kuplan koko kasvaa, sen pintakalvojäännitys vähenee ja tämän seurauksena pintakalvojäännitys kasvaa, jonka seurauksena kupla sietää suurempaa paine-eroa laajentumatta. Kasvaneet kuplat aiheuttavat tukoksia verenkiertoon, mikä aiheuttaa verenkierron toiminnan heikkenemisen. (Vikman 2007 s. 134-138.)

Kuplia voi syntyä myös verisuonten ulkopuolisissa kudoksissa, kuten nivelissä ja jänteissä. Kuplia syntyy yleisimmin nestepitoisissa ja nopeissa kudoksissa, kuin mitä rasvapitoisissa ja hitaissa kudoksissa. Rasvapitoisissa kudoksissa kuplien syntyminen ei kuitenkaan ole harvinaista. Kuplat aiheuttavat molemmissa syntypaikoissaan kudonvaurioita tai pahimmassa tapauksessa kudostuhoa. Kuplat voivat myös painaa hermoja, jolloin ne aiheuttavat vakava asteisia neurologisia ongelmia. (Vikman 2007 s. 134-138.) Fichtner ym. ovat tutkineen yhteensä 342 sukeltajan kuplien muodostusta. Sukeltajista 161:llä oli muodostunut kuplia sukelluksen aikana. (Fichtner ym. 2021.) Kuplien muodostuminen ei kuitenkaan aiheuta sukeltajantautia yksistään, sillä niiden syntyminen aiheuttaa monimutkaisen biokemiallisen reaktion. Kuplat muuttavat veren kemiaa käynnistämällä veressä hyytymisreaktion, jolloin verihiutaleet tarttuvat toisiinsa aiheuttaen edelleen tukoksia verenkiertoon. Kuplien hankaaminen verisuonten seinämiin aiheuttaa tulehdusreaktion, jossa nestettä virtaa enemmän kudoksiin. Tämä aiheuttaa elimistön kuivumisen ja verisuonten supistumisen. Kuplat aktivoivat myös elimistön immuunijärjestelmän, joka vapauttaa vasta-aineita ja jotka puolestaan vapauttavat antihistamiineja. Antihistamiinit puolestaan lisäävät nesteen virtaamista kudoksiin, josta voidaan päätellä elimistön kuivumisen lisääntyminen ja tämän kautta edelleen verenkierron heikkeneminen. Reaktioketju vastaa elimistön sokkitilaa. (Vikman 2007 s. 138.)

Sukeltajataudin kehittymismekanismi on moninainen, kuten aiemmin on voinut havaita. Edellämainittujen eri kudostyyppien mahdollisuuksiin typen vastaanottamiseen ja vapauttamiseen vaikuttavat myös sukeltajien yksilölliset erot, kuten fyysinen kunto ja rasvakudoksen määrä. Huono fyysinen kunto ja runsas rasvakudoksen määrä heikentävät verenkiertoa ja kaasujen poistumista elimistöstä. Tutkimuksessa Cialoni ym. tutkivat 39 099 eurooppalaisen sukeltajan kuplien muodostusta. Tulokset osoittivat, että sukeltajan massa, rasvamassan määrä, ikä ja sukellusaika altistavat kuplien

muodostumiselle. (Cialoni ym. 2017) Myös Fichtner ym. tutkimuksessaan toteavat sukeltajan iän ja sukellusajan vaikuttavan kuplien muodostumiseen (Fichtner ym. 2021). Tämän vuoksi sukeltajantaudin syntyä ei voida välttämättä estää, vaikka tarpeellista nousuaikaa ja etappipysähdyksiä noudatettaisiin (Vikman 2007 s. 136).

Sukeltajantauti erotellaan tyyppin 1 sukeltajantautiin sekä tyyppin 2 vakavaan sukeltajantautiin. Tyyppin 1 sukeltajataudissa oireita ovat nivelkivut ja iho-oireet, kuten kutina ja lautumat. Nivelkipuja esiintyy 70-85% sukeltajista ja ne ovat sukeltajantaudin yleisin oire. Kivut paikantuvat tavallisesti suurten luiden ja nivelten alueelle, kuten olka- ja lonkkaniveliin. Kivut ovat seurausta nivelten eri alueisiin päässeiden kuplien kuplimisesta. Iho-oireita esiintyy yleisimmin kihelmöintinä ja kutinana kasvoissa sekä käsivarsissa. Iholle voi myös ilmestyä punaisia pilkkuja tai laajempia sinivalkoisia alueita. Ihon alle voi myös kerääntyä kaasukertymiä, joita painettaessa voi kuulla ritinää. Iho-oireet ovat seurausta paikallisen verenkierron estymisestä. (Kuisma ym. 2021 s. 700; Kuokkanen 2002; Vikman 2007 s. 142.)

Tyyppin 2 vakavan sukeltajantaudin oireita voi esiintyä sisäkorvassa, keuhkoissa ja sydämessä. Arviolta noin 64% oireista ovat keskushermostoperäisiä, joita ovat väsymys, tajunnanhäiriöt, tuntuu puutokset, tasapainohäiriöt sekä mahdollisesti jopa halvaukset. Oireet ovat seurausta kuplien kulkeutumisen verenkierron mukana aivoihin. Keuhkojen ja sydämen verenkiertoon kulkeutuneet kuplat voivat aiheuttaa pahimmassa tapauksessa sydänpysähdyksen tai valtimokaasuembolian. (Kuisma ym. 2021 s. 700; Kuokkanen 2002; Vikman 2007 s. 142.)

Sukeltajantaudin oireet ovat havaittavissa usein välittömästi sukeltajan palattua takaisin veden pinnan yläpuolelle, mutta oireet voivat myös viivästyä ja olla havaittavissa vasta kahden vuorokauden jälkeen sukeltamisesta. Noin 50% tapauksista oireet havaitaan 60 minuutin sisällä ja 75% tapauksista 12 tunnin sisällä sukelluksesta. (Vikman 2007 s. 142.) Tyypillisesti kuplien havaitsemisen huipuksi on todettu 30-45 minuttia sukelluksen jälkeen (Fichtner ym. 2017).

## 4.2 Keuhkorepeämä

Laitesukeltajan pidättäessä hengitystään, keuhkoissa oleva ilma laajenee ympäröivän paineen pienentyessä (esim. tajuton, kouristeleva sukeltaja). Keuhkojen laajennuttua maksimaalisesti muodostuu keuhkoihin ylipaine, jota keuhkot eivät kestä repeämättä kuin 10-15% verran. Ylipaine aiheuttaa lopulta keuhkorepeämän, jonka seurauksena on mahdollista kehittyä valtimokaasuembolia. Keuhkorepeämä on hengenvaarallinen, joka usein johtaa sukeltajan kuolemaan. (Kuisma ym. 2021 s. 700-701; Vikman 2007 s. 72.) Keuhkorepeämän oireet ovat havaittavissa tavallisesti sekuntien tai minuuttien kuluessa sukeltajan päästyä takaisin veden pinnan yläpuolelle (Wilmshurst&Clamb 2020).

## 4.3 Valtimokaasuembolia (AGE)

Valtimokaasuemboliaksi kutsutaan tilaa, jossa keuhkorepeämän seurauksena vaurioituneen keuhkorakkulan verenkierron mukana kaasukupla pääsee kulkeutumaan keuhkolaskimoihin ja mahdollisesti keuhkovaltimoihin. Valtimoissa kaasukupla voi kulkeutua esimerkiksi aivoihin ja aiheuttaa keskushermosto-oireita. Esimerkiksi sekavuus, halvaukset ja kouristukset ovat mahdollisia keskushermosto-oireita. Oireet riippuvat siitä, mihin elimeen kaasukuplat kulkeutuvat. Sydämessä kaasukuplat aiheuttavat iskemiaa, rytmihäiriöitä (mahdollisesti VF) tai pumppaustoiminnan romahtamisen. (Mäkijärvi ym. 2015 s. 39; Vikman 2007 s. 72) Valtimokaasuembolian seurauksena sukeltaja menettää usein tajuntansa jo ennen kuin hänestä ehditään havaita muita oireita (Vikman 2007 s. 72).

Mitchell on tutkinut sukeltajataudin ja valtimokaasuembolian eroavaisuuksia oireiden alkamisen suhteen ja todennut sukeltajataudin oireiden alkavan hitaammin ja etenevämmiin, kuin taas puolestaan valtimokaasuembolian oireet alkavat lähes välittömästi veden pinnan yläpuolelle noustessa. (Mitchell 2019.)



## 4.4 Happi- ja häkämyrkytys

Ilmasta 21 % on happea. Happi on elimistölle tärkein kaasu, mutta korkeassa paineessa se muuttuu myrkylliseksi, kuten aiemmin sukellusfysiikan luvussa havaittiin.

Sukeltaessa elimistö on alttiina hapen normaalia korkeammalle osapaineelle.

Elimistö pystyy kuitenkin sietämään poikkeavia osapaineta, mutta vain rajallisesti. Yli 0,5 barin hapen osapaine aiheuttaa elimistölle ongelmia ja tätä tilaa kutsutaan happimyrkytykseksi. Sukeltaessa happimyrkytykselle altistavia tekijöitä ovat esimerkiksi paineilmalla sukeltaminen yli 75 metrin syvyyteen. Sukeltajan hengittäessä yli 1,6 barin hapen osapaineessa, happimyrkytyksen seurauksena sukeltajalle syntyy keskushermosto-oireita. Keskushermosto-oireet vaihtelevat aina huimauksesta sukeltajan kouristamiseen ja keuhkorepeämään. Sukeltajan altistuttua pitkään hapen korkealle osapaineelle, erittyy keuhkoihin kudostestettä aiheuttaen erilaisia keuhko-oireita sukelluksen jälkeen happimyrkytyksen seurauksena. Oireet vaihtelevat yskästä aina keuhkopöhön saakka.

Happialtistukselle on tehty erilaisia raja-arvo taulukoita. Jokainen sukeltaja reagoi happialtistukseen eri tavoin, minkä vuoksi raja-arvoja on mahdoton tarkoin määrittää. (Sukeltajaliitto Ry.; Vikman 2007 s. 29, 91-92.) Tutkimuksissa on havaittu hapen aiheuttavan sukelluksen aikana jopa masennuksen oireita annoksesta riippumatta (Rocco ym. 2018).

Jos sukeltajan pulloon on päässyt saastunutta hengitys- tai häkäpitoista ilmaa, on häkäeli hiilimonoksidimyrkytys mahdollinen seuraus. Häkä syntyy hiilivety-yhdisteiden epätäydellisen palamisen seurauksena. Ulkoilmassa on häkää alle 0,001% ja yli 0,1% pitoisuudet ovat ihmiselle myrkyllisiä. Häkä sitoutuu veren hemoglobiiniin 200-300 kertaa nopeammin kuin happi ja tämän seurauksena veren hemoglobiiniin sitoutuu häkää huomattavasti happea enemmän. Tämä aiheuttaa hapen puutetta kudoksissa ja pahimmassa tapauksessa sukeltaja kuolee hapenpuutteeseen ilman kiireellistä hoidon aloitusta. Usein häkäpitoisuus on niin suuri, että sukeltaja menettää tajuntansa ennen ennakko-oireita. Häkä on hajuton, mauton ja ärsyttämätön kaasu, mitä on näiden ominaisuuksien myötä lähes mahdoton havaita ympäristöstä ennen myrkytysoireiden kehittymistä. Mikäli häkäpitoisuus kuitenkin on minimaalinen, voi sukeltaja havaita

mm. huimausta ja ahdistuneisuutta. Vakavassa myrkytyksessä kouristukset ja tajunnantason voimakas lasku ovat mahdollisia oireita. (Castrén ym. 2012 s. 318; Kaikumo ym. 2013 s. 39; Kuisma ym. 2021 s.684; Mäkijärvi ym. 2015 s. 47; Vikman 2007 s. 93.)

Häkämyrkytystä on epäiltävä kaikilla tajunnanhäiriöisillä potilailla, joiden häkäaltistus on mahdollinen (Mäkijärvi ym. 2015 s. 47). Sukelluksenaikaisia häkämyrkytysaltistuksia on raportoitu vain vähän. McDermott ym. ovat tutkineet laitesukelluksen tunnin aikaisen häkämyrkytyksen ilmaantuvuutta kymmenen sukeltajan osalta. Tutkimuksen perusteella sukeltajista kuudelle ilmaantui oireita, jotka vaihtelivat eri elimiin kohdistuvista vaurioista aina vakavaan sydänlihaskaurioon saakka. (McDermott ym. 2018.)

## 4.5 Hypotermia

Hypotermiaksi eli alilämpöisyydeksi kutsutaan tilaa, jossa elimistö alkaa jäähtyä sen altistuttua matalalle lämpötilalle. Ihmisen normaali ruumiinlämpö on noin 37 astetta. Virallisesti alle 32-35 asteen ruumiinlämpö luokitellaan lieväksi hypotermiaksi, 30-32 astetta luokitellaan keskivaikeaksi ja alle 30 asteen ruumiinlämpö vaikeaksi hypotermiaksi. Ruumiinlämmön laskiessa alle 34 asteeseen voi olla havaittavissa tajunnantason häiriöitä ja voimakkaita lihaskärsinöitä. Lihaskärsinällä elimistö pyrkii kasvattamaan lämmöntuottoa. Alle 30 asteen ruumiinlämpö voi aiheuttaa tajuttomuuden ja alle 25 asteen ruumiinlämmössä lihakset jäykistyvät, sydän ja keuhkot menettävät toimintakykynsä. 28-32 °C ruumiinlämmössä kuolleisuus on 20 %. Jäähtyessä elimistön kompensoitumekanismit aktivoituvat. Ääreisverenkierto supistuu keskittämällä verenkierron kehon ydinosiin, eli aivoihin, sydämeen, keuhkoihin ja sisäelimiin. Ydinosan soluissa aineenvaihdunta eli metabolia kiihtyy vapauttaen sen seurauksena lämpöä. Lihaskärsinät lisäävät lämpöä mutta myös hapenkulutusta. Alussa mm. syketaaso ja verenpaine nousevat stressihormonien erittymisen seurauksena. Hypotermian edetessä keskushermoston toiminta heikkenee johtaen apaattisuuteen ja lopulta tajuttomuuteen (Lewandowski 2001). Mikäli elimistön kompensoitumekanismi ei

pysty korjaamaan uhkaavaa jäähtymistä, kyseessä on tällöin hypotermia. (Castrén ym. 2012 s. 308; Kuisma ym. 2021 s. 705-706; Saarelma 2022.)

Tapaturmaiseen hypotermiaan kuolee Suomessa vuosittain noin 40-70 ihmistä (Lewandowski 2001). Suomessa hypotermian kehittymisen yksi yleisimmistä seurauksista on kylmän veden varaan joutuminen. + 4 - +6 asteisessa vedessä ihminen voi menettää toimintakykynsä minuuteissa ja jo noin 15 minuutin jälkeen menettää tajuntansa. Hukkuneen elimistö jäähtyy vielä nopeammin aiemmin mainittuun nähden, sillä hukkuneella kylmää vettä kulkeutuu myös elimistön sisään, mm. keuhkoihin, nopeuttaen elimistön jäähtymistä ihon jäähtymisen lisäksi. Kylmän veden varaan joutunut ihminen jäähtyy siis hyvin nopeasti ja kylmään veteen hukkunut erityisen nopeasti. (Saarelma 2022.) Sukelluskaasuista trimixin sisältämä heliumi johtaa kehon lämpöä nopeammin, joka altistaa hypotermian kehittymiselle (Raymond & Cooper 2021).

## 4.6 Hukkuminen

Hukkumisella tarkoitetaan tilannetta, missä nestettä joutuu hengitysteihin estäen ilman hengittämisen keuhkoihin, jonka seurauksena ihminen tukehtuu. Hukkunut voi olla kokonaan tai osittain nesteeseen vajonnut. Usein hukkumisen nesteen elementti on vesi. Nesteeseen kokonaan vajoamisen seurauksena ihminen usein alkuun pidättää hengitystään, kunnes kehittyy larynxspasmi eli kurkunpään spasmi joka estää alkuvaiheessa veden aspiroinnin. Tilanteen edetessä spasmi purkautuu ja hukkunut mahdollisesti aspiroi nestettä keuhkoihin. Hukkumalla kuolleista 98,6 % on aspiroinut nestettä keuhkoihin. Hukuksissa vallitsee ventilaatiovaje, joka johtaa elimistön hapen puutteeseen, eli hypoksiaan. Hypoksian seurauksena kudokset kärsivät hapenpuutteesta aiheuttaen lopulta tajunnan menetyksen ja sydämen pysähtymisen syketaajuuden laskiessa. Sydän pysähtyy hukkuneella tavallisesti pulssittomaan rytmiin, eli PEA:aan tai asystoleen. Hukkumisen syy-seuraus suhdetta on mahdollisten liitännäisvammojen osalta myös syytä pohtia. Usein esimerkiksi vesiliikenneonnettomuuksissa suuret tilannenopeudet voivat altistaa suurienergisille vammoille. (Kuisma ym. 2021 s. 691-

692; Rautiainen 2011.) Laitesukelluksen aikainen hukkuminen johtuu todennäköisimmin tajunnantason heikkenemisestä, esimerkiksi happimyrkytyksen tai valtimokaasuembolian seurauksena (Wilmshurst & Clamb 2020).

Tilastojen mukaan Suomessa hukkuu vuosittain noin 200-250 ihmistä (Kuisma ym. 2021 s.691). Vuonna 2020 Tilastokeskuksen mukaan hukkuneita oli yhteensä 151 tapausta, joista 58 liittyi päihteisiin (Tilastokeskus 2021).

## **5 LAITESUKELLUSONNETTOMUUKSIEN ENSIHOITO**

Laitesukellusonnettomuuksien potilaita tutkittaessa tapahtumatiedot, eli sukellussyvyys, sukelluksen kesto, mahdolliset paineen muutokset, sukelluksessa käytetty hengityskaasu, oireiden laatu ja alkamisaika on syytä selvittää huolellisesti.

Myös muut anamneesit, kuten sukeltajan perussairaudet, käytössä oleva lääkitys, sukelluskokemus ja mahdolliset aikaisemmat sukellusonnettomuudet on tärkeä selvittää oikean ensihoidon aloittamiseksi. Kaikissa sukellusonnettomuuksissa ensihoitona on mahdollisimman varhain aloitettu tehokas happihoito ja nesteytys suun tai laskimon kautta. (Kuokkanen 2002.)

### **5.1 Sukeltajataudin (DCS) ja valtimokaasuembolian (AGE) hoito**

Sukeltajataudin ja valtimokaasuembolian ensihoito vastaavat toisiaan. Kohdatessa potilas hänet asetetaan selinmakuulle ja suojataan kylmältä. Vaakatasossa selinmakuun on todettu nopeuttavan inerttikaasun poistumista elimistöstä. Poikkeuksena ovat potilaat joiden tajunnantaso on alentunut, ja joiden hengitysteitä ei ole varmistettu. Nämä potilaat tulee asettaa kylkiasentoon. Peruselintoiminnot turvataan ensihoidon perusmenetelmin ja aloitetaan mahdollisimman varhain 100% happihoito naamarilla, joka on varustettu hapenkeräyspussilla. Tutkimustuloksissa painotetaan mahdollisimman varhain aloitettua happihoitoa (Schröder ym. 2004.) Varhain aloitettu

happihoito on todettu parantavan sukellusonnettomuuspotilaan ylipainehappihoidon hoitotuloksia sekä selviytymisennustetta. Tajunnanhäiriöisellä potilaalla hengitystiet varmistetaan ja hengitystä avustetaan tarvittaessa naamari-palje-varaajapussi-yhdistelmällä. Jos potilaan hengitystiet varmistetaan intuboinilla, on intubaatioputken kalvosin täytettävä 0,9% keittosuolaliuoksella, sillä painekammiossa ilma puristuu kasaan. Happihoitoa jatketaan potilaan painekammiohoitoon pääsyyn saakka. Normaalisissa ympäröivässä paineessa happea on turvallista hengittää 4-5 tunnin ajan. Kerran tunnissa on kuitenkin suositeltava pitää noin 5 minuutin tauko happihoidosta happimyrkytyksen ehkäisemiseksi. Sukellusonnettomuuspotilaat kärsivät usein nestevajeesta veden varaan jouduttuaan, jonka vuoksi nesteytys aloitetaan aina kaikille. Tajuissaan olevalle ja hyväkuntoiselle potilaalle nesteytys voidaan aloittaa suun kautta antamalla esimerkiksi vettä. Tajunnaltaan alentuneelle nesteytys aloitetaan laskimon kautta Ringer – liuos infuusiona 10 ml painokiloa kohden. Tiputusnopeus on 30 minuuttia, jonka jälkeen infuusiota jatketaan aukiolotiputuksena tai verenkierron tilanteen mukaisesti. (Kuisma ym. 2021 s. 701-704; Vikman 2007 s. 143-144.)

Sukeltajataudin 2-tyypin ja valtimokaasuembolian potilaat on kuljetettava mahdollisimman pian lähimpään mahdolliseen painekammiohoitoon. Tyypin 1 sukeltajantautipotilaat, joilla on nivel- tai lihaskipuja, on syytä kuljettaa painekammiohoitoon viipymättä. Iho-oireista kärsivät, joiden oireet eivät kokonaan häviä 30 minuutin kuluessa 100% happihoidolla, kuuluvat sairaalaseurantaan. (Kuisma ym. 2021 s. 703.)

Ylipainehappihoidon toteutuminen painekammiossa on todettu sukeltajataudin ja valtimokaasuembolian tehokkaimmaksi hoidoksi. Paineekammio mahdollistaa 100% puhtaan hapen hengittämisen ja hapen osapaineen nousun kudoksissa, joka on hoidon tehon perusta. Happimyrkytyksen ehkäisemiseksi hoidosta pidetään väillä taukoja. Kyseisen hoidon tavoitteena on pienentää syntyneitä typpikuplia ja liuottaa kaasut elimistön nesteisiin, jolloin ne poistuvat uloshengityksen mukana. Hoidon jatkuessa myös liuenneen hapen määrä moninkertaistuu verenkierrossa ja sen myötä myös alveoleissa ja kudoksissa. Kyseinen mekanismi edistää typpikuplien liukenemistä. Hoito toteutetaan 2,8-1,9 barin paineessa, joka vastaa syvyydeltään 18-9 metriä. Jos potilaalla epäillään valtimokaasuemboliaa, hoito aloitetaan 6 barin paineessa, joka

vastaa 51 metrin syvyyttä. Tavanomainen hoito on kestoaltaan 90 minuuttia, mutta voi vaihdella jopa 6 tunnin keston saakka. Ylipainehappihoidon jälkeen yli 70 % potilaista paranee täysin tai lähes täysin. Noin 7%:lle potilaista jää pysyviä vaurioita. (Kuisma ym. 2021 s. 701-704; Sipinen 2002; Sipinen 2010; Vikman 2007 s. 143-144.)

Suomessa ylipainehappihoitoa antavia painekammioita on Turun yliopistollisessa sairaalassa, yksityisessä laitoksessa Helsingissä, Kuopion pelastusopistossa, Oulun pelastuslaitoksella, puolustusvoimien keskussotilassairaalassa, Upinniemen varuskuntasairaalassa ja Saaristomeren merenpuolustusalueella sekä muutamalla merenpuolustusalueella (Sipinen 2002).

## **5.2 Happi- ja häkämyrkytyksen hoito**

Happimyrkytyksen synty on arvaamaton ja sen ennakoiminen on haasteellista, sillä myrkytyksen synty on mahdollinen myös matalissa hapen osapaineissa. Happimyrkytys havaitaan usein vasta sukeltajan menettäessä jo tajuntansa ja mahdollisesti kouristaessa sukelluksen aikana. Tämä johtaa usein sukeltajan hukkumiseen. Ensihoidon kannalta happimyrkytyksen havaitseminen on täten haasteellista. Ensihoidolla ei ole hoitokeinoja happimyrkytykseen, mutta myrkytyksen seurauksena syntyneet vammat, kuten mm. sukeltajantauti ja hukkuminen hoidetaan kuten tämän opinnäytetyön kyseisissä kappaleissa on kuvattu. (Mäkijärvi ym. 2015 s. 4; Vikman 2007 s. 91-92.)

Häkämyrkytystä epäiltäessä tapahtumatiedot, kuten altistuksen laatu ja kesto, ovat ensihoidon kannalta keskeisiä pyrkiä selvittämään. Potilas tutkitaan ensihoidon perusmenetelmillä ja tajuissaan olevalle ja spontaanisti hengittävälle potilaalle aloitetaan mahdollisimman varhain 100%:nen happihoito naamarilla, joka on varustettu hapenkeräyspussilla. Tajuton tai hypoventiloiva potilas intuboidaan ja ventiloidaan hengityspalkeella, joka on varustettu hapenkeräyspussilla. Happivirtaus asetetaan 15 litraa minuutissa tai kytketään potilas respiraattoriin 100%:lla happivirtauksella. Mahdollisimman suuri happipitoisuus on erityisen tärkeää, sillä häkämyrkytystilanteessa happi toimii hiilimodoksidin vasta-aineena. Veren

häkäpitoisuuden puoliintumisaika lyhenee 80 minuuttiin 320 minuutista siirtyessä 100%:een happihoitoon. Happihoitoa tarvitsevat kaikki potilaat, joiden häkäpitoisuus on yli 10% tai kaikki oireilevat. Yli 40% pitoisuus merkitsee jo vakavaa häkämyrkytystä. Happihoitoa jatketaan oireiden loppumiseen saakka tai häkäpitoisuuden laskiessa alle 5%:iin. Tupakoivilla potilailla 10% arvoon voidaan olla jo tyytyväisiä. Mikäli happihoitoa on jatkettu yli 6 tuntia, on hoito myös syytä lopettaa. Tavallisesti happihoidon kesto on noin 40-80 minuuttia. Tajunnantasoltaan alentuneelle aloitetaan laskimon sisäinen nestehoito. Tajuttomilla ja vakavissa myrkytyksissä (häkäpitoisuus yli 40 %), on harkittava ylipainehoidon saatavuuden mahdollisuutta, sillä se vähentää mm. kuolleisuutta kyseisissä tapauksissa. Ylipainehoidon tarkoituksena on lyhentää hiilimonoksidin puoliintumisaikaa entisestään ja parantaa täten kudosten hapen saantia elimistössä. Ylipainehoidon aloituksesta päätetään oman alueen sairaalassa lääkärin toimesta, sillä päivystysaikaan ylipainehoidon toteutus on mahdollista ainostaan Turun yliopistollisessa sairaalassa (TYKS). Häkämyrkytyspotilaista ylipainehoidon TYKS:ssa on saanut viime vuosina noin 10-20 potilasta vuodessa. Tajunnantasoltaan alentuneelle aloitetaan laskimon sisäinen nestehoito. Vakavissa häkämyrkytyksissä, esimerkiksi potilaan kouristaessa, hoidetaan kouristus normaalisti alueellisten hoito-ohjeiden mukaisesti. (Salomaa 2019, Salmenperä ym. 2004, Mäkijärvi ym. 2015 s. 47-48; Kuisma ym. 2021 s. 684-688.)

Potilasta tutkiessa on otettava huomioon, että niinsanottu normaali pulssioksimetri ei erota veren häkäpitoisuutta happipitoisuudesta ja voi tämän vuoksi näyttää normaalia happisaturaatiolukemaa, vaikka potilaalla olisi vakavakin häkämyrkytys. Häkämyrkytyksen epäilyyn on ensihoidossa laajalti käytössä veren häkäpitoisuuden tunnistava häkäpulssoksimetri, joka liitetään monitoridefibrilaattoriin. (Kuisma ym. 2021 s. 686.)

### 5.3 Hypotermian hoito

Jääkylmän veden varaan joutunut potilas on suositeltavaa nostaa vedestä vaaka-asennossa, hypotension ja kammiovärinäriskin minimoimikseksi. Hypoterminen potilas tutkitaan ensihoidon perusmenetelmin, ABCDE (Airway, Breathing, Circulation, Disability, Exposure) – toimintamallia ja varovaisuutta noudattaen, koska hypotensio, eli matala verenpaine sekä kammiovärinärisä ovat suurentuneet. Ensihoidon tavoitteena on peruselintoimintojen turvaaminen ja lisäjäähtymisen estäminen. Varsinainen potilaan lämmittäminen ei kuulu ensihoidon toimenpiteisiin, vaan lämmittäminen toteutetaan sairaalassa. Mahdolliset märät vaatteet poistetaan ja potilaan ihoa kuivataan, välttämättä kuitenkin ihon hieromista. Lisäjäähtymisen estämiseksi potilaan vartalon ympärille kiedotaan lämpösäteilyä heijastavaa materiaalia, esimerkiksi avaruuslakana. Potilaalle aloitetaan happihoito ja tarvittaessa hengitystä tuetaan hengityspalkeella 5-8 kertaa minuutissa varoen kuitenkin hyperventiloitua. Vaikeassa hypotermiassa myös hengitysteiden varmistaminen, esimerkiksi nieluputkella voi altistaa kammiovärinälle, jonka vuoksi nielun manipulaatiota on vältettävä. Hengitystiet varmistetaan ainoastaan tarvittaessa, huolehtien kuitenkin potilaan riittävästä hapettumisesta ja ventilaatiosta. Laskimon sisäinen nestehoito aloitetaan vasta kun potilas on saatu lämpimään tilaan, koska kylmässä ilmassa lämmitetty infuusioneste viilenee nopeasti. Lämmin Ringer-liuos sopii hyvin nestehoidon aloitukseen. Sydämenrytmin monitorointi kuuluu hypotermisen potilaan perustutkimuksiin. Jos rytmissä on havaittavissa J-aalto, kertoo se alilämpöisyydestä. Vaikeassa hypotermiassa (ruumiinlämpö alle 30 astetta) hengitystaajuus 4 kertaa minuutissa ja syketaajuus 10-20 kertaa minuutissa ovat mahdollisia sekä mahdollisesti myös riittäviä pitämään peruselintoimintoja yllä. Vaikean hypotermian erottaminen kuolemasta voi olla haasteellista. Tämän vuoksi kohdatessa tajuton ja hypoterminen potilas, elintoimintojen selvittämiseen voi käyttää aikaa minuutin verran ennen elvytyksen aloittamista tai siitä pidättäytymisestä. Kammiovärinä tulee kuitenkin diagnosoida viipymättä ja mahdollinen elvytys toteutetaan voimassa olevan elvytys-protokollan mukaisesti. Hypotermisen potilaan kohdalla elvytystä kuljetuksen aikana on syytä harkita. (Mäkijärvi ym. 2015 s. 42-43; Naarajärvi ym. 2019 s. 116; Kuisma ym. 2021 s. 710-71, Castrén ym. 2012 s. 308-312.)



## 5.4 Hukkuneen hoito

Mahdollisuuksien mukaan tapahtumatiedot pyritään selvittämään mahdollisimman tarkkaan jo matkalla kohteeseen. Ensihoidon kannalta on erityisen tärkeä selvittää, kauanko sukeltaja on ollut veden varassa tai veden pinnan alapuolella. Kiireisin toimenpide on sukeltajan pelastaminen vedestä moniviranomaisyhteistyöllä. Suomessa pelastustoimen erikoiskoulutettu meripelastusryhmä, MIRG-ryhmä (Maritime Incident Response Group) on erikoistunut merellä tapahtuvien onnettomuuksien hoitamiseen. Sukeltaja nostetaan vedestä vaakasuunnassa kammiovärinä riskin minimoimiseksi. Potilas tutkitaan ensihoidon perusmenetelmin ABCDE-toimintamallia käyttäen. Hukkuneen elvytys toteutetaan elottomuuden toteamisen ja viiden (5) alkupuhalluksen jälkeen tavanomaiseen tapaan painelu-puhalluselvytyksellä, jonka suhde on 30:2. Ennen defibrilaatioelektrodien asettamista potilaan ylävartaloa kuivataan elektrodien kiinni pysymiseksi. Tajuttomalla suu ja nielu imetään mahdollisista eritteistä. Hukkumisen seurauksena hapensaanti ja hiilidioksidin poisto häiriintyvät, jonka seurauksena kudokset kärsivät hapenpuutteesta ja tämän vuoksi potilaalle aloitetaan happihoito mahdollisimman varhain. Hengitystä avustetaan tarvittaessa maski-palje-varaajapussi-yhdistelmällä happivirtauksella 15 litraa minuutissa. Tajuissaan olevalle potilaalle aloitetaan tarvittaessa happihoito varaajapussilla varustetulla happimaskilla suurella happivirtauksella. Mikäli happihoito ei korjaa hapettumishäiriötä ja potilaan happisaturaatio on edelleen alle 90%, on harkittava CPAP-hoidon aloittamista (Continuous Positive Airway Pressure). CPAP-hoito parantaa mm. kaasujenvaihtoa, luoden keuhkoihin ylipaineen. Vaihtoehtoisesti voi harkita NIV-hoidon aloitusta (Non-Invasive Ventilation), joka mahdollistaa samat ominaisuudet mitä CPAP-hoito. Potilaan hengitystyön käytyä kohtuuttomaksi aloitetuista hoidoista huolimatta, harkitaan tarvittaessa potilaan intubaatiota. Laitesukeltajien kohdalla on huomioitava jänniteilmavirtauksen mahdollisuus. Potilaalla rekisteröidään 12-kanavainen EKG ja mahdolliset rytmihäiriöt hoidetaan tavanomaiseen tapaan. Mahdollisesti matalaa verenpainetta hoidetaan sitä tukevilla lääkkeillä. Nestehoito aloitetaan hukkuneille laskimonsisäisesti, esimerkiksi Ringer-infuusionesteellä 10 ml painokiloa kohden, tarvittaessa aina 20 ml painokiloa kohden saakka. (Silfvast ym. 2016 s. 223-225, Castrén 2012 s. 292; Kuisma ym. 2021 s. 694-697, 383.)

Immersio, eli veden varaan joutuminen, saattaa laukaista epäselvästä syntymekanismista keuhkopöhhön. Mahdollisesti kehittynyttä keuhkopöhhöä hoidetaan tavanomaiseen tapaan CPAP-hoidolla. (Kuisma ym. 2021 s. 693, 390-391)

## 6 TARKOITUS JA TAVOITE

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on luoda itseopiskelumateriaali vakavien laitesukellusonnettomuuksien ensihoidosta ammattikorkeakoulua suorittaville ensihoidon opiskelijoille. Työ on toteutettu toiminnallisella menetelmällä luoden PowerPoint esityksen kerätyn tiedon perusteella. Tavoitteena on lisätä ensihoidon opiskelijoiden tietoisuutta ensihoidon kannalta keskeisiä laitesukellusonnettomuuksista ja laitesukellusonnettomuuksien ensihoidosta sekä lisätä ymmärrystä laitesukellusonnettomuuksien syntymekanismista tarkoituksenmukaisen fysiikan avulla.

Toiminnallisessa opinnäytetyössä aiheen ja tavoitteiden tulee olla harkittuja ja perusteltuja. (Vilkkä & Airaksinen 2003 s. 26) Ensihoidon ammattikorkeakoulun opinnoissa tai ensihoidon kirjallisuudessa laitesukellusonnettomuuksia käsitellään vähän jonka vuoksi halusin luoda itseopiskelumateriaalin aiheesta ensisijaisesti ensihoidon opiskelijoille. Saatavilla oleva tutkimus materiaali ei käsittele aiheita ensihoidon näkökulmasta, jonka vuoksi tämä opinnäytetyö on luotu ensihoidon kannalta merkittävistä, eli vakavista laitesukellusonnettomuuksista. Materiaali on sovellettavissa myös pelastuksen opiskelijoille sekä pelastuksessa ja ensihoidossa toimiville. Laitesukellusonnettomuuksista on tehty myös aiempia ammattikorkeakoulutason opinnäytetöitä jotka ovat lähinnä suunnattu tietyille organisaatioille, tämän vuoksi halusin luoda yleisesti ensihoidon opiskelijoille käytettävän materiaalin opintojen tueksi.

## **7 ITSEOPISKELU VERKOSSA JA ITSEOPISKELUMATERIAALI POWERPOINT-ESITYKSENÄ**

Tilastotietokeskus kuvaa itseopiskelua seuraavasti: itseopiskelu on koulutuksen ulkopuolella tapahtuvaa uuden tiedon ja taidon opiskelua joka tapahtuu vapaamuotoisesti (Tilastotietokeskus). Verkossa tapahtuvalle opiskelulle on tavallisesti luotu verkkopohjainen oppimisympäristö tai www-sivusto. Opiskelija pääsee hyödyntämään opetusmateriaalia opettajan johdolla tai itsenäisesti. Verkossa tapahtuva opiskelu tai verkossa olevan oppimisympäristön käyttö eivät edellytä erityisiä tietoteknisiä taitoja. Verkko-materiaali voi olla perinteinen oppimateriaali, esimerkiksi kirja tai uudenmuotoisia verkon ratkaisuja. (Opintopolku.)

Meisalo ym. kuvailee kirjansa johdannossa, tietotekniikan antavan mahdollisuuden luoda uutta (Meisalo ym. 2003 s. 17). Mielestäni toteamus kuvaa hyvin opinnäytetyön tarkoitusta itseopiskelumateriaalin luomisesta. Digitaalinen oppimateriaali on digitaalisessa muodossa oleva aineisto, joka on tarkoitettu ennalta määritellyn aiheen opiskelua varten. Kyseiseen oppimateriaaliin määritellään kuuluvaksi niin digitoidut ääni- ja kuvatallenteet kuin tekstinkäsittelyohjelmalla kirjoittamat esitelmät. Meisalo ym. toteaa kirjassaan, että opiskelijoiden tulisi voida opiskella omien edellytystensä ja itselle sopivien menetelmien sekä aikatulujen mukaan, esimerkiksi työn ohessa. (Meisalo ym. 2003 s. 179) Mielestäni itseopiskelumateriaalit mahdollistavat hyvin edellä mainitut oppimisen seikat.

## **8 OPINNÄYTETYÖ PROSESSINA**

### **8.1 Toiminnallinen opinnäytetyö**

Opinnäytetyön menetelmäksi valikoitui toiminnallisen opinnäytetyön menetelmä, sillä opinnäytetyössä on kerätyn tiedon perusteella luotu äänituettu powerpoint – esitys ensihoidon opiskelijoille itseopiskelumateriaaliksi.

Toiminnallisen opinnäyetyön tavoitteena on, mm. käytännön toiminnan opastaminen eri toiminnan menetelmin, esimerkiksi toteuttamalla opas tai ohje. Opinnäyetyön tuotos on toiminnallisessa opinnäyetyössä merkittävin osa. Tuotos luodaan käyettäväksi aina ennalta määritellylle kohderyhmälle, eli ennen tuotoksen luomista kohderyhmä määritellään ja mahdollisesti rajataan tuotoksen kannalta sopivimmaksi.

Tuotoksen luomisen lisäksi opinnäyetyöstä kirjoitetaan raportti joka tuo yhteen käytännön ja teorian. Teoria osuudessa opiskelija osoittaa pystyvänsä yhdistämään ammattillisen teorian ja käytännön toisiinsa. Opinnäyetyön raportti sisältää mitä, miten ja miksi on tehty sekä millainen opinnäyetyön prosessi on ollut ja millaisia johtopäätöksiä opinnäyetyössä on saavutettu. (Vilkkä & Airaksinen 2003 s. 9, 38, 40-43, 65)

## **8.2 Itseopiskelumateriaalin suunnittelu ja toteutus**

Salonen (2013) konstruktivisen mallin mukaan kehittämishanke sisältää eri vaiheita, jotka ovat ideavaihe, suunnitteluvaihe, tuotoksen toteutusvaihe, arviointivaihe sekä viimeistelyvaihe. Tässä työssä tuotoksen luomista kuvataan soveltavasti Salosen mallin mukaisesti.

Idea vakavien laitesukellusonnettomuuksien ensihoidosta syntyi omasta aidosta kiinnostuksesta aihetta kohtaan. Ensihoidon kirjallisuus ja ammattikorkeakouluopinnot käsittelevät aihetta rajallisesti, josta ajatus toiminnallisesta opinnäyetyöstä ja itseopiskelumateriaalin luomisesta sai alkunsa.

Opinnäyetyön suunnitteluvaiheessa kohderyhmäksi rajautui ensisijaisesti ensihoidon opiskelijat. Theseus-tietokannan mukaan aiheesta on tehty myös aikaisempia opinnäyetyitä, mutta kaikki tuotokset ovat suunnattu tietyille ammattikorkeakoululle tai organisaatiolle. Tästä syntyi ajatus yleisen itseopiskelumateriaalin luomisesta. Työn aihe rajautui vakaviin laitesukellusonnettomuuksiin, jotta tuotoksen sisältö olisi ensihoidon näkökulmasta olennainen.

Tietopohjan kirjoittamisen alkuvaiheessa loin alustavan sisällysluettelon, joka muokkautui tietopohjan kirjoittamisen edetessä. Tietopohjan valmistuttua aloitin itseopiskelumateriaalin suunnittelun ja toteutuksen.

Verkko-opintomateriaalin voi toteuttaa useammalla eri tavalla. Toteutustavan valintaan vaikuttaa, esimerkiksi ennalta määritetty kohderyhmä sekä tuotoksen oppimistavoitteet. Verkko-opintomateriaalin toteutus etenee suunnittelun kautta toteutusvaiheeseen ja testauksen kautta tuotoksen jakeluun. (Keränen&Penttinen 2007 s. 138, 148.)

Itseopiskelumateriaali on päädytty toteuttamaan powerpoint-esityksenä. Powerpoint on helppokäyttöinen esitysgrafiikkaohjelma. Tutkimukset osoittavat, että kuvallisen ja sanallisen aineiston käyttö yhtäaikaista edistää aiheen oppimista. Powerpoint-esityksessä molempien muotojen yhtäaikaista käyttöä on mahdollista. (Lammi 2011 s. 24-25.) Powerpoint-esityksen valinta oli luonteva ja varma valinta itseopiskelumateriaalin toteuttamiseksi. Alkuperäinen suunnitelma oli luoda Powerpoint-esitys äänituennalla, mutta äänituenta on aikataulu syistä jätetty pois, jotta keskittyminen laadukkaaseen tuotokseen olisi mahdollista.

Suomen opetushallitus on luonut verkko-opintomateriaalille laatukriteerit. Laatukriteerit keskittyvät käyettävyyteen ja millaista oppimista materiaali voisi tukea. (Opetushallitus 2022) Itseopiskelumateriaalin luomisessa on käyetty tukena opetushallituksen luomia kriteereitä sekä Lammi (2011) kirjoittamaa kirjaa viestinnän tehosta Powerpoint-esityksenä.

Oppimateriaaliessa tekstin kirjoittamisen tavoitteena on antaa tietoa ja kehittää lukijalle mielikuvia. Teksti ja tekstin ilmaisu ovat oppimateriaaliessa keskeisessä asemassa, sillä se vaikuttaa miten lukija ymmärtää lukemansa tekstin. Verkossa olevan materiaalin lukeminen on usein hitaampaa, kuin painetun kirjan lukeminen.

Verkossa suositaan helppolukuista tekstiä, joka on lyhyttä ja ytimekästä sekä aiheen otsikoinnit selkeitä. (Keränen&Penttinen 2007 s. 170.) Powerpoint-itseopiskelumateriaalissa on pyritty otsikoimaan diat huolellisesti ja selkeästi. Teksti on pyritty toteuttamaan selkeänä ja ytimekkäänä, valiten kerätystä tietopohjasta tavoitteiden kannalta olennaiset asiat. Tuotoksen luomisessa on huomioitu rajattu kohderyhmä, jonka vuoksi joitakin ensihoidollisia lyhenteitä on käytetty.

Verkkosivuilla olevat kuvat vetävät puoleensa lukijan mielenkiinnon. Tämä pätee varmasti myös verkko-oppimateriaaleissa. Värit herättävät lukijoissa erilaisia mielikuvia. Kananen (2018) on kirjassaan kerännyt taulukon eri värien merkityksestä. Taulukossa esitetään, esimerkiksi punaisen värin olevan tunteikas, intohimoinen, aggressiivinen ja rakastava väri. Värillistä fonttia ei kuitenkaan teksteissä suositella. (Kananen 2018 s. 63, 68.) Powerpoint-esityksessä on käytetty kuvia luomaan tutoksesta visuaalisesti kaunis ja miellyttävä. Käetyt kuvat on valikoitu Sukeltajaliitto Ry:n verkkosivuilta, jotka edustavat mahdollisimman Suomalaista kuvaa sukelluksesta. Kuvista valikoutui mustavalkokuvat, jotka antoivat tuotokselle yleisilmeen. Yleisilme mukailee tuotoksessa alusta loppuun saakka. Tektin väriksi valikoutui valkoinen, joka erottuu tummasta taustasta selkeästi ja sopii visuaaliseen ilmeeseen.

Valmis Powerpoint-itseopiskelumateriaali koostuu 37 diasta, joista yksi dia koostuu materiaalissa käyetyistä lähteistä. Materiaali mukailee aiemmin kerätyn tietopohjan rakennetta, joka tuo selkeyttä ja yhtenäisyyttä töiden seuraamiseen. Materiaali on saatavilla Thesus-tietokannassa liitteenä ja on yleisesti kaikkien hyödynnettävissä.

### 8.3 Tiedonkaku

Tuostosta varten materiaalin etsimisessä on käytetty useita erilaisia hakusanoja sopivan materiaalin löytämiseksi. Tietokantana on käytetty kotimaista sekä ulkomaista tietokantaa. Kotimaisessa tietokannassa hakusanoina on käytetty opinnäyetyössä olevien sairauksien nimiä, kuten *sukeltajantauti*, *valtimokaasuembolia* ja *happimyrkytys*.

Laitesukellusonnettomuuksien määrän selvittämisessä on käytetty hakusanaa, *Laitesukellusonnettomuudet Suomessa*. Lisäksi sen erilaisia ilmaisumuotoja, kuten *Sukellusonnettomuudet Suomessa 2020*. Suomen tilastoja onnettomuuksien määrästä oli saatavilla rajallisesti ja hajanaisesti, joka hankaloitti systemaattista tutkimista.

Ulkomaisista tietokannoista tutkimuksia on etsitty Google Scholar:ista sekä suoraan PunMed:n verkkosivuilta. Hakusanoina on käytetty samoja hakusanoja mitä kotimaisissa tietokannoissa, mutta englanninkielellä. Hakusanoja olivat esimerkiksi, *decompression sickness*, *arterial gas ebolism*, *scuba diving accidents*. Pääsääntöisesti Google Scholarin kautta on käytetty PubMedin julkaisemia tutkimuksia. Ulkomaisista tietokannoista materiaalia löytyi kohtuullisen hyvin, mutta ongelmana oli usein tutkimuksissa oleva näkökulma, josta oli poimittava ainostaan oleellinen ja tarpeellinen tieto opinnäyetyön

tarkoituksen kannalta. Kotimaisista sekä ulkomaisista tutkimuksista ja artikkeleista on pyritty valitsemaan uusimmat julkaisut, mutta rajallisesti saatavilla olevan materiaalin vuoksi on jouduttu käyttämään myös vanhempia julkaisuja.

Tietopohjan rakentamisessa on käyetty tukena ensihoidon, akuuttihoiton ja sukelluksen kirjallisuutta. Kirjallisuudesta on pyritty käyttämään uusimpia painoksia, etenkin ensihoidon kohdalla. Sukelluksesta saatavilla olevaa kirjallisuutta on saatavilla vähän, jonka vuoksi tässä työssä käyettäväksi valikoutui vuoden 2007 painos. Kirjasta käyetyin materiaalin voi kuitenkin olettaa pysyneen muuttumattomana. Tätä on pyritty varmistamaan mahdollisuuksien mukaan muista tässä työssä käyettyjen tutkimusten mukaan.

## 9 POHDINTA

Opinnäyetyön tarkoituksena oli luoda yleinen itseopiskelumateriaali vakavien laitesukellusonnettomuuksien ensihoidosta ensihoidon opiskelijoille. Tavoitteena oli lisätä ensihoidon opiskelijoiden tietoisuutta vakavien laitesukellusonnettomuuksien sekä happi- ja häkämyrkytyksen, hypotermian ja hukkumisen syntymekanismista, tunnistamisesta ja ensihoidon toteuttamisesta itseopiskelumateriaalin kautta.

Mielestäni itseopiskelumateriaalia varten raketun tietopohjan lopputulos on tyydyttävä, vaikka haasteena olikin saatavilla olevien tieteellisten tutkimusten vähäisyys, niin Suomessa kuin myös muualla maailmalla. Suomessa on tehty ensimmäinen tieteellinentutkimus vakavaan sukeltajantautiin sairastuneiden määrästä vasta vuonna 2019. Tämän vuoksi, tutkimustulosten vertailu Suomen ja muun maailman välillä oli erityisen haasteellista. Lisäksi tutkimuksissa ei oltu perehdytty ensihoidolliseen näkökulmaan, joka toi mukanaan omat haasteensa. Muuta materiaalia mm. sairauksien syntymekanismista, tunnistamisesta ja ensihoidosta löytyi kohtuullisen hyvin. Itseopiskelumateriaalin luominen powerpoint-esityksenä onnistui hyvin. Panostin esityksen visuaalisesti kauniiseen ja selkeään ulkonäköön, sillä koen visuaalisesti kauniin esityksen olevan mielekkäämpää seurattavaa. Esityksen visuaalisuuteen olen tyytyväinen, vaikka jäin kuitenkin pohtimaan joidenkin diojen

selkeyttä. Opinnäyetyön aikataulu oli tiivis, joka huomioiden, olen tyytyväinen lopputulokseen.

Olen erityisen tyytyväinen aiheen onnistuneeseen rajaukseen. Mielestäni oli hyvä rajata aihe ainoastaan vakaviin laitesukellusonnettomuuksiin, sillä niiden tunnistaminen ja ensihoidon aloitus ovat keskeisessä asemassa sukeltajan selviytymisen kannalta.

Olen saanut opinnäyetyön aiheen myötä paljon uutta tietoa laitesukellusonnettomuuspotilaan ensihoidon kannalta olennaisista asioista, joista olen erityisen tyytyväinen. Tämän vuoksi, koen kasvaneeni ensihoidon ammattilaisena. Opinnäyetyön prosessi on ollut työläs, mutta myös tulevaisuutta varten antoisa.

Jatkokehityshdotuksena esitän, itseopiskelumateriaalin luomista äänituennalla sekä selvittää ensihoitajien valmiuksia laitesukellusonnettomuuspotilaan tunnistamisessa ja ensihoidon toteuttamisessa.

## **9.1 Luotettavuus ja eettisyys**

Opinnäyetyössä tietoperustan rakentamiseksi aineistoja hankitaan erilaisista lähteistä, mm. kirjallisuudesta, lehdistä, esitteistä, raporteista ja lausunnoista sekä verkosta saatavilla olevista materiaaleista. Käytetyn lähteen materiaalia ei saa muunnella tai vääristää. Lähdeviitteiden ja lähdeluettelon perusteella lähteen luotettavuutta on mahdollista arvioida. Mahdollisuuksien mukaan lähteistä on suositeltava valita uusin tutkimus tai tieto, sillä monella alalla tutkimustieto muuttuu nopeasti.

(Vilkkä&Airaksinen 2003 s. 70, 72-73.) Tässä opinnäyetyössä käytetty aineisto on arvioitu kriittisesti ja huolellisesti selvitetty materiaalin luotettavuus. Lähteistä on käytetty mahdollisuuksien mukaan uusimpia tutkimuksia, mutta myös vanhempaa materiaalia on käyetty. Vanhemman materiaalin käytön valinnassa on käytetty omaa harkintaa ja suhtauduttu materiaaliin kriittisemmin ja selvitetty, että uudemman materiaalin sisältö ei kumoa vanhempaa materiaalia. Tieteelliset artikkelit ovat haettu suurelta osin PubMed:istä, jonka myös Kuisma ym. (2021), mainitsee kirjassaan luotettavaksi tietokannaksi. Opinnäyetyössä on käytetty Salosen (2013) luomaa



kehittämishankkeen pohjaa sekä tukena Vilkan&Airaksisen (2003) toiminnallisen opinnäyetyön kirjaa. Tämä lisää työn luotettavuutta, kun työ on toteutettu kehittämishankkeen ohjeiden mukaisesti.

Etiikka tarkoittaa pohdintaa oikean ja väärän, hyvän ja pahan välillä (Naarajärvi&Telkki 2019 s. 18). Plagiointi on tutkimustyössä toisen tutkijan ajatusten ja tulosten esittämistä ominaan, joka on vastoin eettisiä periaatteita (Vilka&Airaksinen 2003 s. 78). Työssä on kunnioitettu eettisiä periaatteita ja merkitty lähteet sekä lähdeviitteet aina tunnollisesti ja asiaan kuuluvalla tavalla. Eettisyyttä lisää myös, aito kiinnostus aihetta kohtaan ja halu luoda uudenlainen tuotos.

## LÄHTEET

Arola, O., 2018, *Ylipainehappihoito*, Aikakausikirja Duodecim 2018; 134 (20): 1996-2005, saatavilla: <https://www.duodecimlehti.fi/duo14563>, haettu: 23.3.2022

Casadeús, J-M., Aguirre, F., Carrera, A., Boadas-Vaello, P., Serrando, M., Reina, F., 2018, *Fatal scuba diving accidents in Girona 2003-2017*, Universitet de Girona Escola de Doctorat, 2018 Volume II s. 19, saatavilla:

[https://www.udg.edu/ca/Portals/uploads/publicacions/cataleg/II\\_Conference\\_of\\_Pre-Doctoral\\_Researchers\\_abstract\\_book.pdf#page=21](https://www.udg.edu/ca/Portals/uploads/publicacions/cataleg/II_Conference_of_Pre-Doctoral_Researchers_abstract_book.pdf#page=21), haettu: 8.2.2022

Castrén, M., Helveranta, K., Kinnunen, A., Korte, H., Laurila, K., Paakkonen, H., Pousi, J., Väisänen, O., 2012, *Ensihoidon perusteet*, Otavan Kirjapaino Oy, Keuruu 2012

Cialoni, D., Pieri, M., Balestra, C., Marroni, A., 2017, *Dive Risk Factors, Gas Bubble Formation, and Decompression Illness in Recreational SCUBA Diving: Analysis of DAN Europe DSL Data Base*, PubMed Central 2017; 8: 1587, saatavilla:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5610843/>, haettu: 7.2.2022

Dardeau, M., Pollock, N., McDonald, C., Lang, M., 2012, *The incidence of decompression illness in 10 years of scientific diving*, PubMed.gov 2012; 42 (4): 195-200, saatavilla: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23258455/>, haettu: 7.2.2022

*E-oppimateriaalin laatukriteerit*, 2022, Opetushallitus, saatavilla:

<https://www.oph.fi/fi/julkaisut/e-oppimateriaalin-laatukriteerit>, haettu: 31.4.2022

Europe, D., Bolognini MD, A., 2009, *Tasaako paine*, Sukeltaja 3/09 s. 22, saatavilla: [https://issuu.com/sukeltaja/docs/sukeltaja\\_2009\\_3\\_low](https://issuu.com/sukeltaja/docs/sukeltaja_2009_3_low), haettu: 1.3.2022

Fichtner, A., Brunner, B., Pohl, T., Grab, T., Fieback, T., Koch, T., 2021, *Estimating Inert Gas Bubbling from Simple SCUBA Diving Parameters*, PubMed Central 2021; 42

(9): 840-846, saatavilla: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8328538/>  
haettu: 7.2.2022

Kaikumo, P., Rautiainen, M., 2013, *Laitesukelluksen peruskurssi*, Sukeltajaliitto Ry, 2. suomenkielinen painos, Eura Print Oy, Eura 2013

Kananen, J., 2018, *Digimarkkinointi ja sosiaalisen median markkinointi*, Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Jyväskylä

Keränen, V., Penttinen, J., 2007, *Verkko-oppimateriaalin tuottajan opas*, Docendo, WSOYpro, Jyväskylä

Kuisma, M., Holmström, P., Nurmi, J., Porthan, K., Taskinen, T., 2013, *Ensihoito*, 3–4 painos. Sanoma Pro Oy, Helsinki.

Kuisma, M., Holmström, P., Nurmi, J., Porthan, K., Puolakka, T., 2021, *Ensihoito*, 8. painos, Sanoma Pro Oy, Helsinki.

Kuokkanen, J., 2002, *Sukeltajataudin ja sukellusonnettomuuksien hoito*, Lääkärilehti, 25-26, s. 2769-2772, saatavilla:  
<https://www.laakarilehti.fi/tieteessa/katsausartikkeli/sukeltajataudin-ja-sukellusonnettomuuksien-hoito/?public=ae443cf291b00a50fda02a80d2158cd5#image-0>, haettu: 28.2.2022

Lewandowski, B., 2001, *Tapaturmaisen hypotermiapotilaan hoito Mikkelin keskussairaalassa vuosina 1992-2000*, Lääkärilehti 24/2001, 56, s. 2646-2648, saatavilla: <https://www.laakarilehti.fi/tieteessa/alkuperaistutkimukset/tapaturmaisen-hypotermiapotilaan-hoito-mikkelin-keskussairaalassa-vuosina-1992-2000/>, haettu: 28.2.2022

Lippmann, J., Taylor, D., 2020, *Scuba diving fatalities in Australia 2001 of 2013: Cgain of events*, PunMed.gov 2020; 30; 50 (3): 220-229, saatavilla:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32957123/>, haettu: 7.2.2022

Livingstone, DM., Smith, KA., Lange, B., 2017, *Scuba diving and otology: a systematic review with recommendations on diagnosis, treatment and post-operative care*, PubMed Central 2017; 47 (2): 97-109, saatavilla:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6147252/>, haettu: 7.2.2022

Lundell, R., Arola, O., Suvilehto, J., Kuokkanen, J., Valtonen, M., Räisänen-Sokolowski A., 2019, *Decompression illness (DCI) in Finland 1999-2018: Special emphasis on technical diving*, PubMed Central 2019; 49 (4): 259-265, saatavilla:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7039777/> haettu: 7.4.2022

Magri, K., Eftedal, I., Magri, V-P., Matity, L., Azzopardi, C-P., Muscat, S., Pace, N-K., 2021, *Acute Effects on the Human Peripheral Blood Transcriptome of Decompression Sickness Secondary to Scuba diving*, PubMed Central 2021; 12: 660402, saatavilla:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8222921/>, haettu: 7.2.2022

Meisalo, V., Sutinen, E., Tarhio, J., 2003, *Modernit oppimisympäristöt*, Tietosanoma, 2. uudistettu painos, RT-Print Oy, Pieksämäki 2003

McDermott, J., Reynard, C., Perry, J., Dear, J., Child, F., Jenner, R., 2018, *Acute carbon monoxide toxicity in a paediatric cohort: analysis of 10 boys poisoned during a suba diving lesson*, PubMed.gov 2018 56 (9): 856-859, saatavilla:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29519168/>, haettu: 15.4.2022

Mitchell, S., 2019, *DCS or DCI? The difference and why it matters*, PubMed Central 2019; 49 (3): 152-153, saatavilla:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6881199/>, haettu: 7.2.2022

Mäkijärvi, M., Harjola, V-P., Päivä, H., Valli, J., Vaula, E., 2015, *Akuuttihoito opas*, 18. uudistettu painos, Duodecim Oy, Helsinki

Naarajärvi, S., Telkki, T., 2019, *Perustason ensihoito*, 1. painos, Sanoma Pro Oy, Helsinki

Nakayama, H., Shibayama, M., Yamami, N., Togawa, S., Takahashi, M., Mano, Y., 2003, *Decompression sickness and recreational scuba divers*, Emergency medical journal 2003; 20:332-334, saatavilla: <https://emj.bmj.com/content/20/4/332> haettu: 8.4.2022

Nienstedt, W., Kallio, S., 2012, *Luut ja ytimet*, 10. – 13. painos, Sanoma Pro Oy, Helsinki

Olkkonen, E., 2008, *Sukelluslääketieteestä apua sukeltajalle*, Sukeltaja, 2., s. 26-28, saatavilla: [https://issuu.com/sukeltaja/docs/sukeltaja\\_2008\\_2\\_low](https://issuu.com/sukeltaja/docs/sukeltaja_2008_2_low), haettu: 28.2.2022

Opintopolku.fi, *Etäopetus ja verkko-opetus*, saatavilla: <https://opintopolku.fi/wp/aikuiskoulutus/mietitko-aikuiskoulutusta/opiskelumuodot/etaopiskelu-ja-verkko-opiskelu/>, haettu: 1.4.2022

Pietikäinen, M., 2012, *Ensiasteleet seoskaasuihin*, Sukeltaja, 3, s. 38-39, saatavilla: <https://issuu.com/sukeltaja/docs/sukeltaja0312>, haettu: 21.2.2022

Raymond, K., Cooper, J., 2021, *Scuba Diving Physiology*, NCBI, saatavilla: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441837/>, haettu: 7.2.2022

Rocco, M., Pelaia, P., Benetto, P., Conte, G., Maggi, L., Fiorelli, S., Mercieri, M., Balestra, C., Blasi, R., ROAD Project Investigators, 2019, *Inert gas narcosis in scuba diving, different gases different reactions*, PubMed.gov 2019 119 (1): 247-255, saatavilla: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30350155/>, haettu: 15.4.2022

Rostedt, M., Hokkanen, L., 2020, *MIRG – ryhmä*, Pelastusopisto s. 2, saatavilla: <https://www.pelastusopisto.fi/wp-content/uploads/ERSU-koulutuspaketin-MIRG-diat.pdf>, haettu: 14.3.2022

Saarelma, O., 2022, *Hypotermia (ruumiinlämmön lasku)*, Duodecim Terveyskirjasto, saatavilla: <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk00223>, haettu: 14.3.2022

Salmenperä, M., Kuisma, M., 2004, *Häkä- ja palokaasumyrkytys*, Aikakausikirja Duodecim 2004; 120 (4): 457-63, saatavilla: <https://www.duodecimlehti.fi/duo94117>, haettu: 15.3.2022

Salomaa, E-R., 2019, *Häkämyrkytys*, Duodecim Terveyskirjasto, saatavilla: <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk00759>, haettu: 15.3.2022

Salonen, K., 2013, *Näkökulmia tutkimukselliseen ja toiminnalliseen opinnäyetyöhön*, Turun ammattikorkeakoulu, Turku, saatavilla: <https://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522163738.pdf>, haettu: 18.4.2022

Schröder, S., Lier, H., Wiese, S., *Der Tauchunfall*, Springer Link 2004; 53, 1093-1102, saatavilla: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00101-004-0748-3>, haettu: 7.2.2022

Silfast, T., Castrén, M., Kurola, J., Lund, V., Martikainen, M., 2016, *Ensihoito opas*, 8. uudistettu painos, Duodecim Oy, Helsinki

Sipinen, S., 2010, *Sukeltajantauti*, Lääketieteellinen aikakausikirja Duodecim 2010:126 (4): 435-42, saatavilla: <https://www.duodecimlehti.fi/duo98634#s4> haettu: 28.2.2022

Sukeltaja, 2014, *Norjan luolasukellusonnettomuus*, s. 8, saatavilla: [https://issuu.com/sukeltaja/docs/sukeltaja\\_vsk\\_14issuu](https://issuu.com/sukeltaja/docs/sukeltaja_vsk_14issuu), haettu: 28.2.2022

Sukeltajaliitto Ry, *Perustiedot hengityskaasuista*, Sukeltaja, saatavilla: <https://www.sukeltaja.fi/content/fi/11501/55762/Hengityskaasut.html>, haettu: 28.2.2022

Suomen virallinen tilasto (SVT): Kuolemansyyt [verkkojulkaisu].

ISSN=1799-5051. 2020, Liitetaulukko 2. Tapaturmissa kuolleet ulkoisen syyn ja päihtymyksen mukaan 2020 . Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 18.4.2022].

Saantitapa: [http://www.stat.fi/til/ksyyt/2020/ksyyt\\_2020\\_2021-12-10\\_tau\\_004\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/ksyyt/2020/ksyyt_2020_2021-12-10_tau_004_fi.html)

Tilastokeskus, *Itseopiskelu*, Tilastokeskus määritelmä 1., saatavilla:

<https://www.stat.fi/meta/kas/itseopiskelu.html>, haettu: 1.4.2022

Vikman, T., 2007, *Sukellus*, 7. painos, Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Vilka, H., Airaksinen, T., 2003, *Toiminnallinen opinnäyetyö*, Gummerrus Kirjapaino Oy, Jyväskylä 2003

Wilmshurts, P., Clamp, M., 2020, *Impaired consciousness when scuba diving associated with vasovagal syncope*, PunMed Central 2020; 50 (4): 421-423, saatavilla:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8026232/>, haettu: 7.2.2022

Woikoski, *Paineilma (Air)*, saatavilla: <https://www.woikoski.fi/teollisuus-ja-elintarviketeollisuus/kaasut/teolliset-kaasut/paineilma.html> , haettu: 31.3.2022