



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Jonne Mattila
Sari Vainikainen

Sukellusonnettomuudet

Itseopiskelumateriaali ensihoitajaopiskelijoille

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Ensihoitaja AMK

Ensihoidon koulutusohjelma

Opinnäytetyö

12.4.2021

Tekijät Otsikko	Jonne Mattila, Sari Vainikainen Sukellusonnettomuudet – itseopiskelumateriaali ensihoitajaopiskelijoille
Sivumäärä Aika	29 sivua + 1 liite 12.4.2021
Tutkinto	Ensihoitaja AMK
Tutkinto-ohjelma	Ensihoidon tutkinto-ohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Ensihoito
Ohjaaja	Lehtori Pasi Miettinen
<p>Tämän opinnäytetyön idea syntyi Metropolia Ammattikorkeakoululta. Työmme tarkoituksena oli tuottaa ensihoidon opiskelijoille itseoppimismateriaali sukellusonnettomuuksista ja potilaiden hoidosta ensihoidon näkökulmasta. Valmiin työn pohjalta luomme opiskelijoille Power Point- esityksen koulun omalle Moodle opiskelupohjalle. Työssämme keskitymme laitesukelluksissa käyviin onnettomuuksiin ja niiden tunnistamiseen sekä potilaan hoitoon, jonka oireet johtuvat sukelluksesta. Työn teoreettinen pohja on tehty kirjallisuuskatsauksen muodossa, ja lähteinä käytimme alan oppikirjoja, tieteellisiä artikkeleita ja tietokantahakuja. Työn alussa käsittelemme hengityksen anatomiaa ja fysiologiaa, jonka ymmärtäminen on olennaista, jotta pystyisi ymmärtämään elimistön käyttäytymistä sukelluksen aikana. Sukellusonnettomuudet ovat melko harvinaisia tapauksia yksittäiselle ensihoitajalle ja niiden hoitoa käsitellään ensihoidon tutkintolinjalla hyvin maltillisesti. Kuitenkin onnettomuuksia voi tapahtua niin rannikko- kuin sisävesissäkin ja ensihoitajien on tärkeää osata tärkeimmät asiat liittyen sukellusonnettomuuksiin.</p> <p>Suuri osa virkistysukelluksen harrastajista suomessa sukeltaa kolmeenkymmeneen metriin asti, jolloin sukeltaessa käytetään paineilmaa. Ammatti- eli tekniikkasukelluksessa, käytetään erilaisia kaasuseoksia, jotka mahdollistavat sukellukset jopa sataan metriin asti. Sukelluskaasujen vaikutus kehossa, ja sukelluksen aikana paineen lisääntyminen ovat keskeisiä asioita sukelluksen jälkeen ilmaantuissa oireissa.</p> <p>Sukellussairaus on yläkäsite, joka jaetaan sukeltajantautiin sekä valtimokaasuemboloihin. Syvemmissä sukelluksissa tehdään niin sanottuja etappinousuja, joilla tasataan painetta, estäen kaasun kertyminen elimistöön. Kaasun kertyminen elimistöön esimerkiksi nopean pintautumisen aikana aiheuttaa sukeltajantaudin oireita. Myös erilaiset painevauriot ovat mahdollisia kaasun purkautuessa ympäröivän paineen muuttuessa, aiheuttaen esimerkiksi keuhkorepeämän. Keuhkorepeämä voi taas aiheuttaa valtimokaasuembolian, joka joutuessaan verenkiertoon saattaa tukkia verisuonia.</p> <p>Ensihoidossa on tärkeää selvittää tarkka anamneesi. Potilasta hoidetaan oireiden mukaisesti, taustalla voi olla useita eri syitä potilaan oireille. Happihoito, nesteytys ja oikea kuljetuspaikka ovat ensisijaisen tärkeitä toimenpiteitä. Vakavasti oireilevia potilaita hoidetaan TYKS:ssä, jossa on jatkuva hoitovalmius ylipainehappihoitoon.</p>	
Avainsanat	<i>sukellus, sukeltajantauti, painevaurio, ensihoito</i>

Authors Title	Jonne Mattila, Sari Vainikainen Diving accidents in Finland - Learning material for emergency care students
Number of Pages Date	29 pages + 1 appendices 12 April 2021
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Emergency Care
Specialisation option	Emergency Care
Instructor	Pasi Miettinen, Senior Lecturer
<p>Idea of this thesis was given from Metropolia University of applied sciences. Purpose of this final project was to produce a learning material of diving accidents and treatment of such patients, from emergency care`s point of view. Based on our final project, we made also a Power Point presentation that is going to be accessible to emergency care students on Moodle platform.</p> <p>On this final project we focused on scuba diving accidents, and how to recognize and treat patients with symptoms due to diving. Theoretic base was done in form of a literature review. Textbooks of this particular field, scientific articles and database searches were used as main sources. In our written product we start by looking at anatomy of respiratory systems and physiology, which are essential to understand before one could understand how the human organism reacts during diving. Diving accidents are rare when it comes to a single emergency care worker, and this subject is not handled enough in school. Still such accidents can take place both on coastline and inland waters, therefore emergency care workers should have know-how when it comes to scuba diving accidents.</p> <p>Most of the divers in Finland dive as a hobby and diving is limited to thirty meters, they also use mainly compressed air as a diving gas. Professional divers use various mixes of gases, and they can dive even down to hundred meters. Diving gases` impact on the human organism with increased pressure during the dive play a central role in symptoms that appear after diving. Decompression Illness (DCI) is general concept for diving sicknesses, which is divided to Decompression Sickness (DCS) and arterial gas embolism (AGE). In deeper dives during the ascent, pauses are taken on stages in order to prevent accumulation of gases in body tissues. Accumulation of gases during rapid ascent cause symptoms of Decompression Sickness. Various barotraumas are also possible, if the gas dissolves as ambient pressure changes. For example, this can cause rupture in lungs, which can lead up to arterial gas embolisms. These can create a blockage in artery system.</p> <p>Anamnesis plays important role in emergency care. Patient is treated in accordance with symptoms, and there can be a variety of underlying reasons. Oxygen and infusion treatment, and transport to a proper hospital unit are primary when it comes to emergency care. Patients with serious symptoms are treated in Turku University Hospital, which provide Hyperbaric oxygen therapy (HBOT).</p>	
Keywords	<i>diving, DCS, barotrauma, emergency care</i>

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Keskeiset käsitteet	2
3	Hengityksen anatomia ja fysiologia	3
3.1	Hengityselimistön anatomiaa	3
3.2	Hengityselimistön fysiologia	5
3.3	Kaasut, paine ja sukeltaminen	7
3.4	Elimistö sukelluksen aikana	9
4	Sukellusonnettomuudet	11
4.1	Sukeltaminen	11
4.2	Sukeltajantauti	12
4.3	Barotrauma	14
4.4	Hypotermia	16
4.5	Sukellusonnettomuuksien ensihoito	17
5	Opinnäytetyön tarkoitus, tavoitteet ja tutkimuskysymykset	20
6	Opinnäytetyön menetelmät	21
6.1	Tiedonhaku	22
7	Pohdinta	24
7.1	Eettisyys ja luotettavuus	25
7.2	Ammatillinen kasvu	26
	Lähteet	27
	Liitteet	
	Liite 1. Itseoppimismateriaalin PowerPoint-diat	

1 Johdanto

Suomessa hukkuu vuosittain noin 100-150 ihmistä (Suomen uimaopetus ja hengenpelastusliitto ry). Sukellusonnettomuudet ovat Suomessa suhteellisen harvinaisia tapauksia, vuosittain noin 20-30 tapausta, joista kuolemaan johtaneita onnettomuuksia on 0-5 (Jama 2018b: 628). Varsinkin sukellusonnettomuudet ovat erittäin harvinaisia ensihoidossa, ja yksittäiselle ensihoitajalle tehtäviä ei tule kokemukseksi saakka.

Sukeltajantauti voidaan yhdistää helposti rannikko- ja merialueisiin. Kuitenkin TYKSiin, ainoan päivystyksellistä ylipainehappihoitoa tarjoavan sairaalan materiaalin perusteella suomalaisista sukeltajantautitapauksista lähes puolet tapahtuu kaivos- tai louhossukellusten yhteydessä. Kaivosten ja louhosten vesi on kirkkaampaa, joka tarjoaa paremman näkyvyyden. Samoin kaivossukellukset ovat pitkäkestoisia ja syviä. Koska sukelluskaivoksia- ja louhoksia on ympäri Suomea, voi sukellusonnettomuuksia tavata ensihoidossa myös sisämaassa. (Arola 2018.)

Opinnäytetyössämme käsittelemme sukellusonnettomuuksia ja niiden fysiologiaa, joiden pohjalta luodaan itseopiskelumateriaalia ensihoidon opiskelijoille Metropolia ammattikorkeakoululle. Ensihoidon tutkintolinjalla kyseistä aihetta käsitellään äärimmäisen heikosti, ja haluammekin tuoda opiskelijoille tuoretta ja tutkittua tietoa sukellusonnettomuuksista ensihoidon näkökulmasta. Tarkastelemme työssämme sukelluksen aikana tapahtuvia onnettomuuksia, niiden hoitoa, sekä vaikutusta ihmisen kehossa. Fysiikan ja fysiologian ymmärtäminen sukeltamiseen liittyen on olennaista ymmärtääkseen sukellusonnettomuuksista (Edmonds – Bennett – Lippman – Mitchell 2016: 15).

Työn alussa käsittelemme myös hengityksen normaalia toimintaa anatomian ja fysiologian näkökulmasta. Terveen elimistön toiminnan ymmärtäminen luo lukijalle mahdollisuuden ymmärtää mitä sukellusonnettomuuksissa tapahtuu. Olemme rajanneet tarkastelun työssämme laitesukelluksissa käyviin onnettomuuksiin sekä sairauksiin ja jättäneet ulkopuolelle sukelluksen ulkopuoliset hukkumiset, vapaasukelluksen, sekä matalaan veteen hypättäessä tulevat mahdolliset rankavammat. Samoin sivuamme sukeltajantaudin ylipainehappihoidosta sairaalassa. Ylipainehappihoito on oma erikoisalansa, ja jättäydymme sen tarkemmasta tarkastelusta työmme rajaamiseksi.

2 Keskeiset käsitteet

AGE (Arterial Gas Embolism) eli ilmaembolia – Sukellusonnettomuudessa vapautuva kaasu purkautuu valtimoverenkiertoon (Jones – Kaighley – Nathaniel – Wyatt 2020).

Barotrauma eli Painevaurio – Vaurio, joka syntyy kaasun tilavuuden muuttuessa käänteisesti suhteessa paineeseen. (Suvilehto – Räisänen-Sokolowski 2018).

DCI (Decompression Illness) eli sukellussairaus – Sukellusonnettomuuksien yläkäsite (Jama 2018a).

DCS (Decompression sickness) eli sukeltajantauti – Sukellettaessa ylipaineessa kertynyt inertti kaasu kupliintuu ja aiheuttaa oireita kohdekudoksessa (Jama 2018a).

Diffuusio – Aineen siirtyminen soluun tai solusta pois ohuen kalvon läpi. Esimerkiksi happi ja hiilidioksidi kulkeutuvat diffuusion avulla solun sille puolelle, missä niiden pituus on pienempi. (Sand – Sjaastad – Haug – Bjålie – Toverud 2014: 21).

Emfyseema – Keuhkolaajentuma (Sand ym. 2014: 373).

Inertti kaasu – Aineenvaihduntaan osallistumaton kaasu, jota käytetään syvemmissä sukelluksissa estämään happimyrkytystä ja typpinarkoosia (Arola 2018).

Immersion – Veden varaan tai veden ympäröimäksi joutumista (Jama 2018b: 622).

Submersion – Kokonaan veden alle joutumista (Jama 2018b: 622).

Typpinarkoosi eli syvyyslumina – Liiallisen typen aiheuttama tila, joka muistuttaa humalaa. Aluksi sukeltaja voi tuntea olevansa euforisessa tilassa, mutta narkoosi johtaa nopeasti tarkkaavaisuuden häiriöihin, hallusinaatioihin sekä tajunnantason häiriöihin. Nämä tekijät lisäävät onnettomuuksien riskejä. (Rocco ym. 2019.)

Ylipainehappihoito eli hyperbaric oxygen (HBO) – Paineammiossa hengitettävää 100% happea, jota käytetään hoitomuotona ensisijaisesti sukeltajantaudissa (Suvilehto – Arola – Valtonen 2019).

Ensihoito - Ensihoidolla tarkoitetaan kiireellistä sairaalan ulkopuolista hoidon tarpeen arviointia, hoitoa ja mahdollista kuljetusta. Ensihoitopalvelu on päivystysluontoista ja toimii osana terveydenhuoltoa. Aiemmin ensihoidosta on käytetty nimitystä sairaankuljetus sekä lääkinällinen pelastustoimi, jolloin ainoa tavoite on ollut potilaan kiireellinen tai kii-reetön kuljetus hoitopaikkaan. Nykyään kuitenkin ensihoito on mielletty osana terveydenhuoltoa, jossa tavoitteena on potilaan tutkiminen, hoidon tarpeen arviointi, hoitami-nen sekä tarpeen vaatiessa kuljetus sairaalaan. (Silfvast – Kinnunen 2014: 14.) Suo-messa sairaanhoitopiirit järjestävät ensihoitopalvelun, jolloin toiminta voidaan toteuttaa itse, yhteistyössä pelastustoimen kanssa, toisen sairaanhoitopiirin kanssa tai ostaa pal-velu palveluntuottajalta (STM). Ensihoitopalvelu aktivoituu kansalaisen soittaessa hätä-numeroon 112. Hätäkeskuspäivystäjä arvioi tilanteen ja lähettää tarvittaessa kohteeseen ensihoitoyksikön. (Seppälä 2014: 25-26.)

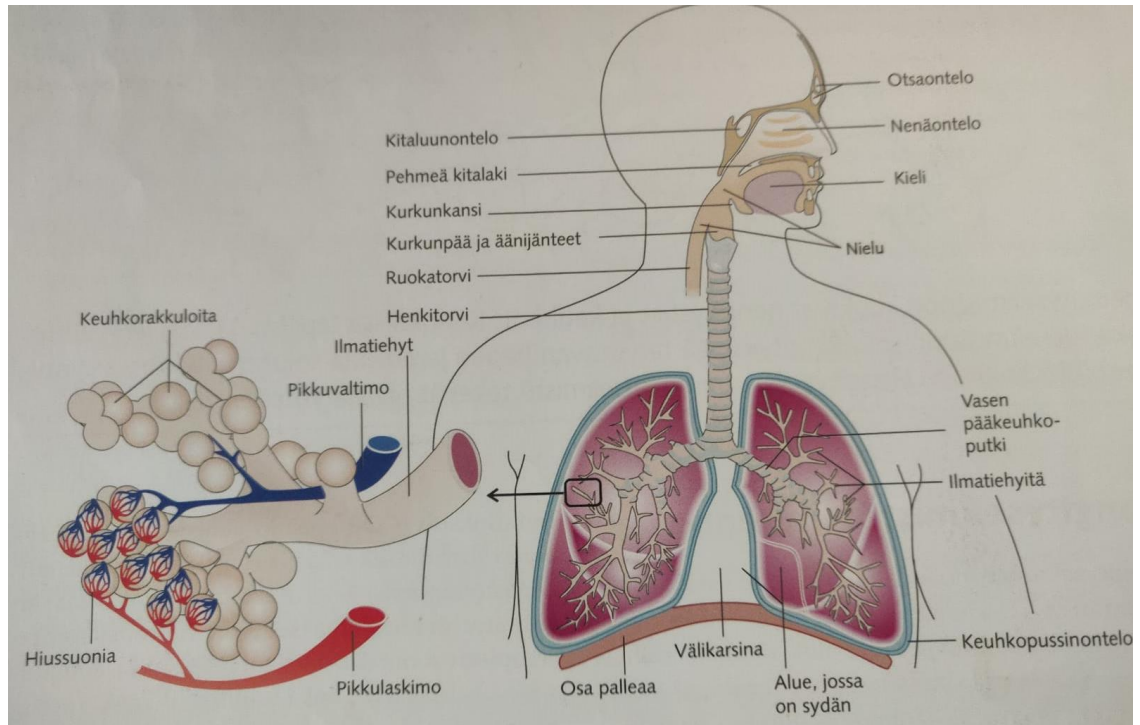
Ensihoito voidaan luokitella perus- sekä hoitotason ambulansseihin. Ensihoitopalvelun henkilöstön koulutus määrittää, onko kyseessä perus- vai hoitotason ensihoitoyksikkö. Jotta ensihoidossa pystyisi työskentelemään, täytyy terveydenhuollon ammattilaisella olla ensihoitoon suuntautuva koulutus. Perustasolla voi työskennellä ensihoitoon suun- tautuvalla lähihoitajan tutkinnolla. Myös nykyajan pelastajatutkinnolla saa työskennellä ensihoidossa yhdessä terveydenhuollon ammattilaisen kanssa. Hoitotason ensihoi- dossa työskentelee vähintään yksi ensihoitaja- AMK tutkinnon suorittanut henkilö tai sai- raanhoitaja, joka on suorittanut ensihoidon lisäkoulutuksen. Perustason valmiuksien li- säksi hoitotaso kykenee viemään potilaan hoidon, lääkeshoidon sekä hoidon tarpeen ar- vion pidemmälle ja vaativammalle tasolle. (Silfvast – Kinnunen 2014: 20.)

3 Hengityksen anatomia ja fysiologia

3.1 Hengityselimistön anatomiaa

Hengityselimistö muodostuu keuhkoista ja hengitysteistä, joiden tehtävänä on toimittaa kudoksille riittävästi happea ja poistaa hiilidioksidia elimistöstä (Karhumäki – Lehtonen – Nieminen – Syrjäkallio – Ylitalo 2012: 65). Hengitystiet jaetaan ylä- ja alahengitysteihin. Ylähengitysteihin kuuluvat nenäontelo, sivuontelot, suuontelo sekä nielu. Hengitys ta- pahtuu levossa nenäontelon kautta. Ilma puhdistuu, kostuu ja lämpenee nenäontelossa ja näin ollen suojaa keuhkoja jäähtymiseltä, kuivumiselta sekä infektioilta. Kallon luissa olevat sivuontelot eli sinukset ovat yhteydessä nenäonteloon sen sivuseinämien pienten

aukkojen kautta. Nenäontelon ollessa tukossa, tai nenäontelon kautta tuleva ilma ei riitä kattamaan hapentarvetta, kulkee ilma suuontelon kautta. Ilman reitti on tällöin lyhyempi keuhkoihin, joten ilma on kuivempaa ja kylmempää. (Sand ym. 2014: 357.)



Kuvio 1. Hengityselimistö, ylä- ja alahengitystiet (Karhumäki ym. 2012: 66).

Alempiin hengitysteihin kuuluvat kurkunpää, henkitorvi ja keuhkoputket sekä ilmatiehyet. Kurkunpää yhdistää nielun henkitorveen. Kurkunpää suojaa hengitysteitä vierasesineiltä. Kurkunpään yläosasta löytyy kurkunkansi, joka painuu nieltäessä kurkunpään peitoksi, jotta ruoka ohjautuu henkitorven sijasta ruokatorveen. Henkitorvi on noin 10-12cm pitkä ja muodostuu 16-20 hevosenkengän muotoisesta lasirustokaaresta. Näitä kaaria yhdistää sidekudos. Henkitorvi pysyy avoimena koko ajan ja ilma pääsee sitä pitkin kulkemaan keuhkoputkiin, jotka haarautuvat oikeaan, sekä vasempaan pääkeuhkoputkeen. Tästä keuhkoputket haarautuvat sekä oikeaan että vasempaan keuhkoon yhä pienemmiksi haaroiksi. Aivan pienimpiä keuhkoputkia nimitetään ilmatiehyiksi ja osa kaasujen vaihdosta tapahtuukin näiden pienimpien ilmatiehyiden kautta. (Sand ym. 2014: 359.) Ilmatiehyiden päässä ovat viinirypäleterttua muistuttavat keuhkorakkulasäkit. Nämä koostuvat keuhkorakkuloista eli alveoleista. Keuhkorakkuloiden ja niitä ympäröivien

hiussuoniverkoston välissä on ohut seinämä, jonka läpi kaasujen vaihto tapahtuu keuhkojen ja verisuonten välillä. (Sand ym. 2014: 359-360.)

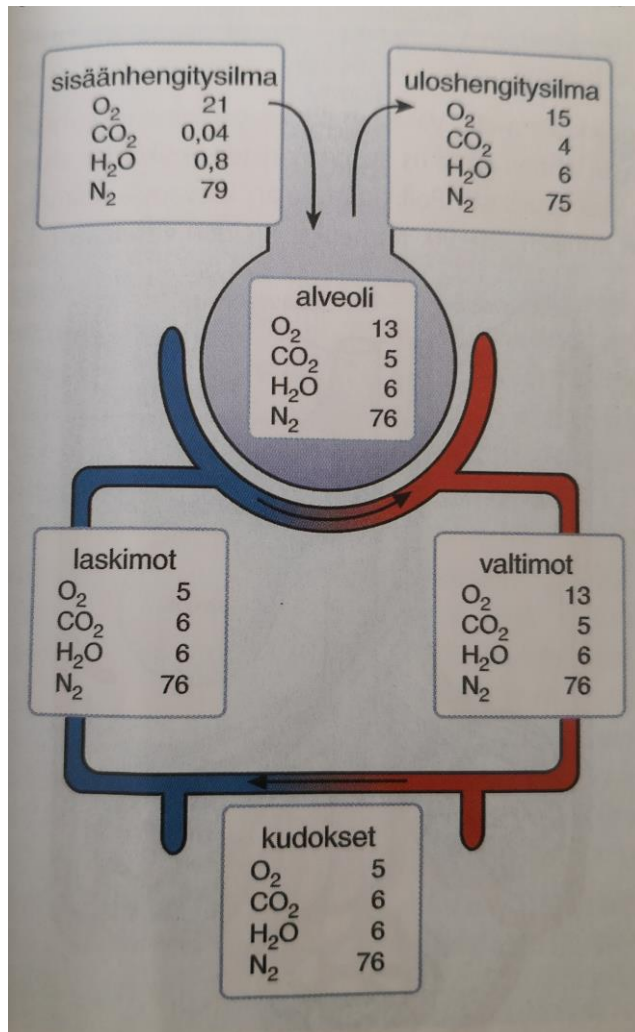
Keuhkot ovat rintakehän sisällä, suljetussa rintaontelossa. Keilamaiset keuhkot jakautuvat lohkoihin, oikeassa keuhkossa on kolme lohkoa ja vasemmassa kaksi. Lohkojen ansiosta keuhkojen liikkuvuus on parempi, joka helpottaa niiden täyttymistä ilmalla. Keuhkoja ympäröivä pleura, eli keuhkopussi on kaksilehtinen kerros, joka peittää keuhkot. (Sand ym. 2014: 361.) Keuhkopussien sisemmän ja ulomman lehden välissä on pleuraontelo, jossa on ohut nestekerros. Tämä mahdollistaa kitkattoman liikkeen lehtien välillä. Pleuraontelossa on negatiivinen paine. Tällöin ulomman lehden puhjetessa esimerkiksi rintakehävamman seurauksena, tai sisemmän lehden puhjetessa keuhkovaurion seurauksena, paine pleuraontelossa muuttuu positiiviseksi ja ilma alkaa painamaan keuhkolohkoa. (Sand ym. 2014: 362.)

3.2 Hengityselimistön fysiologia

Ventilaatiolla eli keuhkotuuletuksella tarkoitetaan ilman kulkua ulkoilmasta alveoleihin ja niistä ulkoilmaan. Sisään hengittäessä rintalasta ja kylkiluut liikkuvat ylös ja ulospäin, ja rintaontelo laajenee ilman virratessa syntyneen alipaineen vuoksi keuhkoihin. Tärkein sisäänhengitysilias pallea vetäytyy alaspäin supistuessaan, jolloin se myös lisää rintaontelon tilavuutta. (Sovijärvi – Salorinne 2012: 57.) Ulos hengitettäessä sisäänhengitysilihakset veltostuvat, jolloin rintakehä ja sen kimmoiset rakenteet, sekä keuhkokudos vetävät rintakehää ja keuhkoja takaisin kokoon. Samoin sisäänhengityksen aikana vatsaontelossa muodostunut paine työntää veltostunutta palleaa ylöspäin. Näin käytännössä uloshengitys tapahtuu levossa ilman lihastyötä. (Sand ym. 2014: 363; Sovijärvi – Salorinne 2012: 57.) Aikuisen ihmisen kertahengitystilavuus levossa on noin 500 ml. Keuhkoihin jää normaalin uloshengityksen jälkeen vielä reilusti ilmaa. Käytettäessä maksimaalisesti uloshengitysilihaksia, voidaan uloshengityksellä saada vielä 1500 ml keuhkoista pois. Voimakkaimmankin uloshengityksen jälkeen keuhkoihin jää noin 1000 ml ilmaa. Hengitysteissä oleva ilma ei osallistu kaasujen vaihtoon, ja sen takia hengitysteitä kutsutaan anatomiseksi kuolleeksi tilaksi. Myös esimerkiksi snorkkeli suurentaa kuollutta tilaa. Hengitysteiden kuollut tila on noin 150 ml. (Sand ym. 2014: 366-367.)

Keuhkoissa tapahtuva kaasujen vaihdunta voidaan jakaa kolme vaiheeseen: keuhkorakuloiden tuuletukseen, kaasujen diffuusioon keuhkorakuloiden ja keuhkojen hiussuonten välillä, sekä kaasujen kuljetukseen keuhkoverenkierrossa ja suuressa

verenkierrossa (Sovijärvi – Salorinne 2012: 55). Ilman virtaaminen alveoleihin ja sieltä pois määräytyy ulkoisen ilmanpaineen ja alveolipaineen eroon. Ilma siirtyy aina suuremmasta paineesta pienempään. Keuhkojen laajentuessa paine keuhkorakkuloissa laskee ulkoilmaa pienemmäksi. Tämä paine-ero imee taas ilmaa hengitysteiden kautta keuhkorakkuloihin, kunnes paine tasoittuu. Kun ilmanpaine on vakio, ilman happiosapaine riippuu keuhkorakkulatuuleuksesta ja elimistön hapenkulutuksesta. Keuhkorakkulatuuleukseksi lasketaan keuhkotuuleuksen tuoma ilma keuhkoihin, josta vähennetään kuollut tila. (Sand ym. 2014: 362,369.) Hengityskaasujen vaihtuminen tapahtuu alveoleissa diffuusiona keuhkorakkulailman ja keuhkohiussuonien veren välillä. Alveoli-ilman happiosapaineen ollessa suurempi (13,3 kPa) keuhkoihin saapuvaa laskimoveren happiosapainetta (5,3 kPa), happi diffundoituu alveoli-ilmasta vereen. Keuhkotuuleuksen tuoma happi (O_2) siirtyy siis alveolista keuhkoverenkiertoon, ja kulkeutuu hemoglobiiniin sitoutuneena valtimoverisuonistossa veren mukana kudoksiin. Solujen aineenvaihduntatuote, hiilidioksidi (CO_2), kulkeutuu takaisin laskimoverisuonissa takaisin keuhkoihin, jossa se poistuu taas diffuusion avulla keuhkoihin sieltä poistettavaksi. (Sand ym. 2014: 367-369.)



Kuvio 2. Kaavakuva elimistön kaasujen vaihdunnasta keuhkoissa ja kudoksissa (Sovijärvi – Saalorinne 2012: 55).

3.3 Kaasut, paine ja sukeltaminen

Kaikki molekyylit liikkuvat koko ajan. Kaasumolekyylit liikuessa säiliössä ne törmäilevät säiliön seinämiin aiheuttaen seinämiin kohdistuvaa painetta. Kaasun kokonaispaine riippuu kaasumolekyylitilavuusyksikköä kohden. Kaasuseoksessa taas jokaisella kaasulla on oma paineensa, joka ei ole riippuvainen muiden kaasujen paineesta. Tällöin eri kaasujen prosentiosuudet kaasuseoksessa määräävät kaasujen osapaineet. Ulkoilmassa on 79 % typpeä, 21 % happea, pieniä määriä vesihöyryä, hiilidioksidia ja muita kaasuja. Kokonaisilmanpaine on noin 101,3 kPa merenpinnan tasolla.

Ilmanpaineesta tällöin hapen osapaine (pO_2) on 21% eli 21,3 kPa, hiilidioksidin osapaine (pCO_2) taas vain 0,04 kPa. (Sand ym. 2014: 369.)

Kaasumolekyyli määrän paineen ja sen käytettävissä olevan tilan suhde on vakio, ja sitä ilmaistaan *Boylen* kaasulain avulla. Käytännössä se kuvaa sitä, että kaasun käytettävissä olevan tilan kaksinkertaistuessa paine puolittuu. Samalla tavalla, kun tila pienenee, paine suurenee. (Sand ym. 2014: 362-363.) *Daltonin* lain mukaan kaasuseoksen kaasujen osapaineiden kokonaispaine on yhtä suuri kuin yksittäisen kaasun kokonaispaine täyttäessään saman tilan. *Henryn* laki taas kuvaa nesteeseen liukenevan kaasun määrän olevan verrannollinen saman kaasun osapaineeseen nesteen yläpuolella. Ympäristön paineen, ja tällöin myös kaasun osapaineen nousu johtaa suuremman määrän kaasun liukenemisesta vereen ja kudostenesteeseen. (Jones – Brett – Han – Wyatt 2021.)

Maanpinnalla vallitsee ilmanpaine ilmakehän takia. Ilmanpaine alenee mentäessä ylöspäin maanpinnasta, ja samoin paine nousee mentäessä vedenpinnan alapuolelle. Veden ollessa ilmaa raskaampaa, korkeuden muutokset paineessa ovat suurempia veden alla kuin esimerkiksi ilmassa. Meren pinnalla ilmanpaine on 1 ATA (atmosphere). Jokaista 10 metriä kohden vedenpinnan alla, paine nousee 1 ATA verran. (Edmonds ym. 2016: 15-16.) Paineen noustessa lineaarisesti (kuvion 3. ja 4. mukaisesti), suhteellisen paineen muutos on erilainen. Kuviossa 3. osoitetaan, miten kaasumassan tilavuus on kääntäen verrannollinen absoluuttiseen paineeseen. Kuviossa 4. näytetään edellinen taulukko toisin päin, havainnollistaen miten esimerkiksi kolmenkymmenen metrin syvyydessä hengitetty paineilmakupla laajenee sukeltajan noustessa. (Clinchy 1996: 59). Merenpinnalta 10 metriin sukeltaessa muutos 1 ATA:sta 2 ATA:n on 200%, 2 ATA:sta 3 ATA:n 150%, sekä 3 ATA:sta 4 ATA:n 133%. Tällä on vaikutusta siihen, että samansuuruisilla nousuilla pinnan lähellä suhteelliset paineen muutokset ovat suurempia, joilla on vaikutus esimerkiksi painevaurioiden syntyyn. (Jones ym. 2021.) Hengittäessä veden alla sukeltajan ventilaation tilavuus on suunnilleen sama kuin hengittäessä pinnalla. Kuitenkin paineen takia sylinterissä, jossa olisi ilmaa 100 minuutille 1 ATA:ssa, kestää 50 minuuttia 2 ATA:ssa, ja 20 minuuttia 5 ATA:ssa. Päästettäessä pullosta 5000 litraa kaasua merenpinnalla, olisi sama päästettävä määrä 5 ATA:ssa eli 40 metrin syvyydessä 1000 litraa. (Edmonds ym. 2016: 19.)

Kuvio 3. Suhteellinen kaasumäärä elimistössä sukeltaessa alaspäin (Clinchy 1996: 59).

Syvyys metreissä	Absoluuttinen paine	Suhteellinen kaasumäärä
Merenpinnan taso	1 ATA	X
10	2 ATA	1/2X
20	3 ATA	1/3X
30	4 ATA	1/4X
40	5 ATA	1/5ATA

Kuvio 4. Suhteellinen kaasumäärä elimistössä noustessa sukelluksessa (Clinchy 1996: 59).

Syvyys metreissä	Absoluuttinen paine	Suhteellinen kaasumäärä
Merenpinnan taso	1 ATA	4 X
10	2 ATA	4/2 X
20	3 ATA	4/3 X
30	4 ATA	X

3.4 Elimistö sukelluksen aikana

Hengityslaitte sukelluksessa antaa ulkoisen paineen suuruista hengityskaasua. Tästä johtuen sukeltaessa paine ei vaurioita keuhkoja. (Suvilehto – Räisänen-Sokolowski 2018; Edmonds ym. 2016: 17.) Mentäessä syvemmälle kaasu puristuu ja muuttuu tiheämmäksi seokseksi, johtuen molekyylien suuremmasta määrästä tietyssä tilassa. Syvyydessä hengitettäessä sukeltajan on siis siirrettävä isompi kaasumassa jokaisella hengenvedolla, joka aiheuttaa hengitystyön lisääntymisen. (Edmonds ym. 2016: 19.)

Sukeltaessa vesi tuottaa puristavaa voimaa kohti elimistöä. Jokainen 1 cm mentäessä syvemmälle vedessä, tuottaa 0,74 mmHg ulkoista painetta. Tämä hydrostaattinen paine aiheuttaa nesteiden siirtymistä raajoista torson alueelle, aiheuttaen verivolyymien

sentralisaation. Myös kylmä vesi aiheuttaa vasokonstriktiota periferiassa. Näistä johtuen diureesi suurenee, ja veren plasman osuuden pienentyessä veri konsentroituu, eli väkevöityy. Hemokonsentraatiolla ei ole suurta vaikutusta normaaleilla sukelluksilla. Kuitenkin janon tunne ja virtsaamisen tarve ovat seurausta tälle. (Edmonds ym. 2016: 22-23; Wilcock - Cronin – Hing 2006.) Myös sukellusrefleksillä on samanlaisia fysiologisia vaikutuksia. Sukellusrefleksistä puhuttaessa tarkoitetaan hengityksen taukoa, bradykardiaa ja verenkierron sentralisaatiota, jotka ovat elimistön reaktioita vedelle, varsinkin kylmään veteen mentäessä (Jama 2018b: 622-623). Immersion vaikutuksena sydämen syke laskee 4-6% neutraalin lämpöisessä vedessä. Veren sentralisoituessa valtimon baroreseptorit laskevat sykettä estääkseen liiallisen verenpaineen nousun (Wilcock ym. 2006). Bradykardia liitetään vahvasti myös kylmään veteen, liittyen sukellusrefleksiin (Edmonds ym. 2016: 452).

Sukeltaminen ja muutos suurempaan ympäröivään paineeseen muuttaa myös lämmön säätelyä kehossa. Normaalisti ruumiin lähellä on eristävää ilmaa vaatteiden ja ihon ansiosta. Vedessä ruumista vasten oleva vesi vaihtuu sukeltajan liikkeessa. Tämän takia sukeltaja jäähtyy tai lämpenee nopeammin kuin samassa lämpötilassa maan pinnalla. (Edmonds ym. 2016: 24.) Samoin lämpöhäviötä tapahtuu sukelluskaasuja hengitettäessä. Paineilman ollessa kylmää ja kuivaa, kehon on kostutettava ja lämmitettävä hengitettävää kaasuseosta, josta aiheutuu lämmön haihtumista. (Jones ym. 2021.)

Hukkumisella tarkoitetaan hengitysvajausta, joka johtaa hapen puutteeseen hengitysteihin joutuneen veden vuoksi. Uhri voi olla vajonnut veteen osittain – immersio, tai kokonaan – submersio. (Jama 2018b: 622.) Veteen vajoamisen seurauksena uhri pidättää hengitystä, jonka seurauksena kehittyy suojaimekanismina kurkunpään voimakas supistuminen, joka estää alkuvaiheessa veden aspiroinnin, eli veden hengittämisen hengitysteihin ja keuhkoihin. Ennen tukehtumista elimistö joutuu asteittain syvenevään happeen tilaan eli respiratoriseen asidoosiin, joka johtuu hiilidioksidin kertymisestä elimistöön vajaan keuhkotuuletuksen vuoksi. Tämän seurauksena kurkunpään supistuminen eli spasmi laukeaa ja uhri aspiroi nestettä keuhkoihin. Hapenpuutteen vuoksi elimistö kärsii huonosta kudosten happeutumisesta, joka johtaa tajunnan menetykseen ja sydämen pysähtymiseen. (Rautiainen 2011.)

4 Sukellusonnettomuudet

4.1 Sukeltaminen

Suomessa ammattimaista sukellustoimintaa toteuttavat pelastuslaitokset, puolustusvoimat, rajavartiolaitos, sekä julkiset ja yksityiset tutkimus- ja työsukellustoimijat. Ammattisukeltajia on Suomessa alle 800. Valtaosa Suomen, noin 20 000 – 30 000 virkistysukelluksen harrastajista, sukeltaa alle 30 metrissä, jolloin hengityskaasuna käytetään paineilmaa. Virkistysukelluksen syvyysalueen alapuolella tapahtuvaa sukellusta kutsutaan tekniikkasukellukseksi. Tekniikkasukelluksessa taas käytetään happirikastettua ilmaa eli *nitroxia*, tai hapen, typen ja heliumin sekoitusta, *trimixiä*. (Jama 2018c: 628.) Puhdas happi olisi näissä syvyyksissä erittäin myrkyllinen kaasu (Sipinen 2010). Syvemmissä sukelluksissa käytettävillä inerttikaasuilla ehkäistään happimyrkytystä tai typpinarkoosia. Syvyyden vuoksi tekniikkasukellus tapahtuu etappisukelluksena, jolloin pintaan tullessa pidetään paineentasaustaukoja, jotka tapahtuvat suunnitellusti. (Jama 2018c: 628.)

Laitesukeltajalle tapahtuessa jotain yllättävää veden alla, puhutaan sukellusonnettomuuksista. Harrastelijoilla onnettomuuksiin voidaan osoittaa selvä yhteys puutteellisen osaamisen, sekä epäkunnossa olevien varusteiden kesken. Ammattisukeltajilla onnettomuudet ovat harvinaisia. Ilman loppuminen, eksyminen luolassa, keskikorvan paineentasaushäiriön laukaisema huimaus voivat johtaa paniikkiin, tahattomaan vajoamiseen ja takertumiseen pohjamutaan- kiviin tai kasveihin. (Puolakka 2014: 291.) Myös sairaskohotukset, laiteviat, panikointi veden alla, ja harvinaisissa tapauksissa hengityskaasun epäpuhtaudet aiheuttavat onnettomuuksia. (Jama 2018c: 629.)

Tavallisin laitesukeltajan kuolinsyy on hukkuminen (Jama 2018b: 628; Ramnefjell – Morild – Mørk – Lilleng 2012). Sukeltajantaudin saamisen riskiä nostaa kylmä vesi, ylipaino, huono fyysinen kunto ja sukelluksen poikkeava rasittavuus (Jama 2018c: 629). Suurin osa sukellusonnettomuuksista johtuu muista kuin lääketieteellisistä syistä, jopa 80 prosenttia sukellusonnettomuuksista aiheuttajana on niin sanottu inhimillinen tekijä, jolloin toimitaan ohjeiden vastaisesti tahattomasti tai tahallisesti (Suvilehto, Räisänen-Sokolowski 2018). Indonesialaisessa tutkimuksessa, jossa tutkittiin 120 sukeltajaa, havaittiin ettei ravinnolla, työelämällä tai iällä ollut suoraa yhteyttä sukeltajantaudin saamiseen (Wahyu – Naiem – Salmah – Thamrin – Abdullah 2020). Suurin osa kuolemaan

johtavista sukellusonnettomuuksista olisi vältettävissä noudattamalla asianmukaisesti sukelluksessa olevia turvallisuusohjeita (Ramnefjell ym. 2012).

DCI eli sukellussairaus on yläkäsite, joka jaetaan sukeltajantautiin (DCS), sekä valtimo-kaasuembolioihin (AGE). Sukellusonnettomuuksien aiheuttamat sairaudet jakautuvat niin, että 58% johtuu sukeltajantaudista ja 8% valtimokaasuembolioista ja lopuilla oirekuva on sekamuotoinen. (Jama 2018c: 628.) Mitchellin mukaan sukellussairaus termiä on käytetty väärin, jolloin on puhuttu kupliintuneen inertin kaasun aiheuttamista oireista, tarkoittaen sukeltajantautia. Tärkeää Mitchellin mielestä on kuitenkin erottaa termit keskenään. Perinteisiä DCS ja AGE termejä on hyvä käyttää, kun puhutaan spesifisti tautien patofysiologiasta ja oirekuvista. DCI termiä käytettäisiin kliinisessä keskustelussa, jolloin termi on hyödyllinen, tai puhuttaessa yksittäisistä potilaista ja jolloin ei ole tarpeen erotella termejä. (Mitchell 2019.)

4.2 Sukeltajantauti

Laitesukellus syvään veteen, eli 10-40 metriin tai jopa 100 metriin altistaa sukeltajantaudin syntyyn. Typeä muodostuu sitä enemmän elimistöön, mitä syvemmälle sukellaan. Hengitetyt kaasut liukenevat hengityksen kautta verenkiertoon sekä kudostesteeseen, pyrkien saavuttamaan tasapainon ulkoisen paineen kanssa. Aineenvaihduntaan osallistumattomat kaasut poistuvat elimistöstä uloshengityksen mukana. Jos elimistö ei ehdi näitä kaasuja poistamaan, syntyy kudoksissa sekä verenkierrossa kuplia. Nämä kuplat aiheuttavat sukeltajantaudin oireet, jotka ilmenevät iho-oireina, tuki- ja liikuntaelimistön kipuina, sekä neurologisina häiriöinä. (Sipinen 2010.)

Ilmassa typeä on 78 %, ja sen imeytyminen riippuu lisääntyneen paineen määrästä ja ajasta kuinka paljon kaasua hengittää (Walker – Murphy – Lavoie 2021). Fysiikan lakien mukaisesti paine kasvaa vedessä 1 barin jokaista 10 metriä kohden. Sukelluksessa typpi, tai muu inertti kaasu imeytyy kudoksiin paineen kasvaessa, jolloin mitä syvemmälle sukellaan, sitä runsaammin kaasua pystyy imeytymään. Kudoksessa inertti kaasu pyrkii saavuttamaan saman osapaineen hengitysilman kanssa. (Suvilehto – Räisänen-Sokolowski 2018.) Esimerkiksi 30 metriin sukeltaessa elimistössä saattaa olla typeä nelinkertainen määrä pinnalla oloon verrattuna (Sipinen 2010). Pintaan tultaessa elimistö pyrkii poistamaan typeä ja muita kaasuja elimistöstä hengityksen avulla. Sukeltajan noustessa pintaan nopeampaa kuin 10 metriä minuutissa tai jättämällä pysähdykset

etappitauoilla, elimistöön kertynyt typpi ei ehdi poistumaan riittävän nopeasti. Kudoksiin jääneet typpikuplat aiheuttavat sukeltajataudin oireet. (Arola 2018; Kuokkanen 2002.)

Sukeltajantauti on luokiteltu perinteisesti I- ja II-tyyppiin oireiden perusteella. Suvilehdon ja Räisänen-Sokolowskin mukaan tällä tavalla ei ole taudin patofysiologian kannalta merkitystä, joten sitä ei tulisi enää käyttää. DCS voidaan luokitella lievä- tai vakava-asteiseksi. (Suvilehto – Räisänen-Sokolowski 2018.) Myös Jaman mukaan potilaalla voi olla molempien tyyppien oireita, ja oireiden jako ei kuvaa taudin patofysiologiaa (Jama 2018c: 629). Sukeltajataudissa oireet saattavat olla sekamuotoisia ja sisältää tyyppin I-että II oireita, sekä vaikeimmissa tapauksissa myös painevaurioiden oireita. Sipisen mukaan luokittelu on määrittelemätöntä, mutta kuitenkin käytännöllistä hoidon kiireellisyyttä arvioitaessa (Sipinen 2010).

Lieviä sukeltajataudin oireita ovat paikalliset lihas- ja nivelsäryt, ihon kutina, punoitus ja turvotus. Yleisoireita voivat olla huonovointisuus ja poikkeavan kova väsymys. (Jama 2018b: 629; Suvilehto – Räisänen-Sokolowski 2018.) Myös päänsärky on todettu oireena monella potilaalla. Ihomuutoksia- ja oireita pidetään lievän DCS:n oireina, mutta ihon marmorisuus on merkki mahdollisesta neurologisesta DCS:ta, jolloin se lasketaan vakaviin oireisiin. (Edmonds ym. 2016: 146.)

Vakavissa DCS:n oireissa ilmenee jo peruselintoimintojen häiriöitä ja vakavia oireita (Suvilehto – Räisänen-Sokolowski 2018). Keuhkojen DCS on harvinainen ilmenemismuoto, mutta mahdollisesti tappava. Oireet alkavat pian sukelluksen jälkeen, ja usein nousulla etappipysähdykset ovat jääneet pois jostain syystä. (Edmonds ym. 2016: 147.) Normaalisti keuhkot suodattavat laskimoissa muodostuneet kuplat, mutta kuplien määrän ylittäessä keuhkojen kyvyn poistaa niitä, syntyy keuhko-oireinen DCS (Jama 2018c: 628). Yleensä potilaalla on oireina yskää, hengenahdistusta ja retrosternaalista kipua. Potilaalla ilmenee oireiden mukaisesti hypoksemiaa, ja mahdollisesti kollapsi verenpaineiden laskun takia. (Jama 2018b: 629; Suvilehto - Räisänen-Sokolowski 2018; Edmonds ym 2016: 147.) Sydänperäiset oireet voivat olla lieviä rytmihäiriöitä, ilmakuplien aiheuttama iskemia sydämessä, tai jopa sydäninfarkti. Kardiopulmonaaliset oireet voivat johtaa sydämen pumppausvajaukseen, keuhkopöhöön ja lopulta jopa sydänpysähdykseen. (Jama 2018c: 629; Suvilehto – Räisänen-Sokolowski 2018.)

Neurologinen DCS ilmenee kognitiivisina häiriöinä, joita voivat olla muistihäiriöt, sekaavuus, puheen tuoton häiriö, poikkeavan kova väsymys, näköhäiriöt sekä huimaus.

Harvinaisia, mutta mahdollisia ovat myös tajunnantason häiriöt ja kouristelu. Selkäydintasolla DCS voi aiheuttaa oireita koko selkärangan alueella, mutta useimmiten vaikutus on rintarangan hermotuksiin. Oireet alkavat ensimmäisen puolen tunnin aikana sukelluksen jälkeen, jolloin voi tulla molemminpuolisia tuntopuutoksia. Tunnoton alue voi kehittyä laajemmaksi ja edetä halvaukseen. Alaraajojen halvauksessa potilas menettää virtsaamisen tarpeen tunteen ja peräaukon alueen tunnon. Myös yläraajojen tuntopuutokset ja voimien menetykset ovat mahdollisia. Oireet voivat korjaantua hapella mutta pysyvät jälkiseuraamukset ovat yleisiä, vaikka potilas saisikin ylipainehappihoitoa. (Edmonds ym. 2016: 147.) Sisäkorvan oireet voivat olla huimaus, tinnitus ja kuulon heikentyminen. On tärkeää muistaa pois sulkea sisäkorvan barotrauma, jolloin hoitona ei ole ylipainehappihoito. (Jama 2018c: 629; Suvilehto – Räisänen-Sokolowski 2018.)

Sukeltajataudin oireet alkavat keskimäärin 1,8 tunnin kuluttua sukelluksesta. Oireet voivat pahentua 24-36 tunnin ajan. Muistisääntönä voi pitää sitä, että mitä nopeammin oireet ilmenevät, sitä vaikeampi taudinmuoto on kyseessä. (Jama 2018c: 629.) DCS:n oireet voivat pahentua tai puhjeta matkustettaessa lentokoneella, jos taustalla on sukellus (Wohl 2011). Tämän takia sukeltamisen jälkeen sukeltaja on lentokiellossa 12-24 tunnin ajan, riippuen sukellusten määrästä (Jama 2018c: 628).

4.3 Barotrauma

Sukelluksen aikana ilmatäyteisten onteloiden, kuten välikorvien, sinusten, suoliston ja keuhkojen sisältämän kaasun tilavuus muuttuu. Sukellettaessa alaspäin ja paineen noustessa tärykalvo venyy, jolloin sukeltajan täytyy tasata painetta välikorvassa erilaisilla paineentasaustekniikoilla. Jos taseus ei onnistu, tärykalvo voi puhjeta ja aiheuttaa huimausta, pahoinvointia ja desorientaatiota. Tämä taas altistaa sukellusonnettomuudelle ja hukkumiselle. Barotrauman esiintyminen välikorvassa on yksi yleisimpiä terveydellisiä ongelmia. (Suvilehto – Räisänen-Sokolowski 2018.)

Sukelluksista noustaessa ympäröivä paine laskee ja kaasu laajenee. Laajeneva kaasu voi aiheuttaa vaurioita siellä missä on liikaa ilmaa. (Jones 2021; Suvilehto – Räisänen-Sokolowski 2018.) Nousun aikana barotrauma voi syntyä paineen alentuessa nenän sivuonteloissa. Taustalla on usein hoitamaton ylähengitystieinfektio tai allergia. Barotraumoja voi syntyä myös suolistossa, tai väliaikaisesti paikatuissa hampaissa. Kasvomaski ja kuivapuku voivat aiheuttaa barotraumoja myös iholle ja silmiin. (Suvilehto – Räisänen-

Sokolowski 2018). Paineen muutokset altistavat barotraumalle lähempänä pintaa (Jones ym. 2021).

Keuhkojen barotrauma on vakavin barotraumoista (Edmonds ym. 2016: 65; Suvilehto – Räisänen-Sokolowski 2018). Keuhkojen barotrauma syntyy, kun sukelluksen nousun aikana keuhkoputkissa ja keuhkorakkuloissa on liikaa ilmaa, ja paineen aleneminen laajentaa kaasumäärää. Tämä saattaa aiheuttaa ilmarinnan tai keuhkorepeämän, jonka seurauksena voi syntyä mediastinaalinen- tai subkutaaninen emfyseema tai jopa valtimokaasuembolia. Oireenkuva riippuu siitä mihin kaasu vapautuu. (Jones 2020; Suvilehto – Räisänen-Sokolowski 2018; Wohl 2011.) Syy siihen, miksi sukeltaja ei hengitä normaalisti tai pidättää hengitystään voi olla useita. Sukeltaja voi nousta tahattomasti liian nopeasti ylös, tai sairaskohtauksen takia sukeltaja voi olla tajuton tai kouristaa, jolloin sukeltajalle tehdään hätänosto. Myös panikointi, laiteviat ja air trapping, eli obstruktion seurauksena syntyvä keuhkon ilmasalpaus on mahdollista. (Jama 2018c: 630; Edmonds ym. 2016: 69.)

Sukelluksen aiheuttama ilmarinta ei eroa normaalista ilmarinnan taudinkuvasta (Edmonds ym. 2016:71). Tyypillisinä oireina esiintyy hengenahdistusta, pistävä kipu sekä kuiva ärsytysyskä. Kipu saattaa heijastaa myös vamman puoleiseen olkapäähän, kun kasaan painunut keuhko ärsyttää pallelihasta. (Holmström 2018b: 360). Keuhkon repeäminen ja kaasun purkautuminen voi aiheuttaa välikarsinan alueen eli mediastinaalisen, tai ihonalaisen eli subkutaanisen kaulan alueen emfyseeman. Oireet voivat alkaa nopeasti vaikeissa tapauksissa tai vasta tuntien päästä lievemmissä tapauksissa. Oireiden alkaminen tuntien päästä saattaa johtua myös siitä, että kaasu ei ole ehtinyt kulkeutua vielä lopulliseen paikkaansa, missä se aiheuttaa oireita. Oireina voi olla äänen käheyttä, palan tunnetta kurkussa, hengenahdistusta sekä nielemisvaikeutta. Kliinisiin oireisiin kuuluvat kaulan ja rintakehän niin sanottu ”krepitus” ihon alla, jota sukeltajat itse kuvailevat kananmunan kuoren rikkoutumisen ääneksi. Muita oireita ovat syanoosi, takykardia sekä hypotensio. (Edmonds ym. 2016: 69-71.) Tilojen erottaminen ensihoidossa toisistaan voi olla haastavaa, sillä potilaalla voi olla myös useampi oirekuva (Jama 2018c: 630).

Vaarallisin keuhkojen barotraumasta johtuva tautimuoto on AGE eli valtimokaasuembolia. Kaasukuplien päätyessä valtimokiertoon, ne aiheuttavat tukoksia siirtyessään verenkierrossa pienempiin verisuoniin. (Edmonds ym. 2016: 71; Wohl 2011.) Kaasukuplien käyttäytyminen riippuu niiden koosta. Mitä isompi kupla, sitä vakavamman tukoksen se

voi aiheuttaa. Yleensä AGE:n oireet alkavat välittömästi pintautumisen jälkeen, tai jopa jo vedessä ollessa. Näin ollen sukeltajalla voi olla oireina voimakas hengenahdistus- ja vaikeus, rintakipu, tajunnantason häiriöt sekä verenkiertovajaus ja sydänpysähdys. Kun aivovaltimoissa ja sydämessä on liian paljon kaasua, johtaa tämä tajuttomuuteen, eikä elvytys tai painekammio enää ehdi pelastamaan uhria. Tämä johtaa lähes aina kuolemaan sukelluksen yhteydessä. (Jama 2018c: 630; Suvilehto – Räsänen-Sokolowski 2018.) Kliinisesti valtimokaasuembolia on mahdoton tunnistaa. Elvytys kannattaa aloittaa joka tapauksessa, sillä kyseessä saattaa olla AGE:n sijaan ilmarinta tai emfyseema tai kaikkien näiden yhdistelmä. (Suvilehto – Räsänen-Sokolowski 2018.)

AGE:n syntyminen on mahdollista myös muilla mekanismeilla (Mitchell 2019). PFO, eli avoin foramen ovale on reikä oikean ja vasemman eteisen seinässä. Reiän pitäisi sulkeutua lapsena. (Denoble 2017.) Pysyvästi avoin foramen ovale on tutkimuksissa todettu jopa 30 prosentilla väestöstä (Jama 2018c: 630). Foramen ovalen takia laskimoihin kerääntyneet kuplat menevät valtimoverenkiertoon sydämen eteisten välissä olevasta reiästä, eikä näin pysty suodattumaan keuhkoverenkierrossa. Laskimopuolelta valtimokiertoon päässyt kaasu on teknisesti myös valtimokaasuembolia joka voi aiheuttaa sekaanuksen barotraumasta johtuvan AGE:n välillä. (Mitchell 2019.) IPAVA eli intrapulmonary arterious venous anastomoses, tarkoittaa oikovirtausta keuhkoverenkierrossa suuren kuplanmuodostumisen myötä. Tällöin kuplat pääsevät oikovirtauksen takia sydämen vasemmalle puolelle ja systeemiverenkiertoon. (Jama 2018c: 630.)

4.4 Hypotermia

Aivojen hapenkulutus vähenee 5% jokaista 1 celsius astetta kohden. Hypotermia suojaa aivoja hapenpuutteen vaikutuksilta. Tähän kuitenkin vaikuttavat veden lämpötila hukuttamisen aikana. Elimistön jäähtyminen voidaan jakaa primaariin hypotermiaan, jossa elimistö jäähtyy ensin ja sydän pysähtyy tämän jälkeen. Tässä saavutettaisiin paras aivoja suojaava vaikutus. Sekundaarisessa jäähtymisessä, joka on yleisempää, sydän pysähtyy ensin ja tämän jälkeen elimistö alkaa jäähtyä ympäristön lämpötilaa vastaavaksi. (Jama 2018d: 635.) Veden omatessa korkean lämmönjohtavuuden hypotermia on mahdollinen sukelluksissa, varsinkin syvissä ja pitkissä sukelluksissa ja kylmässä vedessä. Sukeltajat käyttävät eri paksuisia märkä- ja kuivapukuja olosuhteista riippuen (Jones ym. 2021.)

Hukkumisonnettomuuden uhrilta mitataan ydinlämpö mahdollisimman pian. Ensihoidossa käytetyt tärykalvomittarien mitta-asteikko ei yleensä kata hyvin matalia lämpötiloja ja korvakäytävä pitäisi kuivata ennen mittausta luotettavampien tulosten saamiseksi. Paras mittaustulos saataisiin nenänielusta tai peräsuolesta lämpöanturikaapelilla. Kuitenkin ulostemassa heikentää mittaustulosta peräsuolesta, joten nenänielusta mitattu ydinlämpö olisi ensihoidossa lienee luotettavin. (Jama 2018d: 637-638.) Hypotermia tarkoittaa ydinlämmön laskua alle 35 asteeseen. Vakavasta hypotermiasta puhutaan, kun ydinlämpö laskee alle 28 asteeseen. (Rautiainen 2011.)

4.5 Sukellusonnettomuuksien ensihoito

Potilaan tilasta ja sen vakavuudesta muodostetaan yleissilmäyksellä karkea arvio kohteeseen saavuttua. Yleissilmäyksellä voidaan päätellä hoidon kiireellisyydestä, sekä resurssien riittävydestä. (Väisänen – Hiltunen – Reitala 2014: 150.) Ensihoidon kannalta olennaista kohteeseen mennessä on selvittää tarkka aika submersioajasta, eli kuinka kauan uhri on ollut veden alla. Ripeä pelastaminen vedestä on kiireisin toimenpide ja mahdollinen rangan tukeminen sukellusturmassa on vasta toissijaista. (Rautiainen 2011.) Tärkeimmät ensihoidon seurattavat peruselintoiminnot ovat tajunta, hengitys ja verenkierto. Elottomuus tulee tunnistaa ilman apuvälineitä, potilaan ollessa reagoimaton ja hengittämätön. (Holmström 2018a: 122.) Hätäensiavuksi toteutettavia toimia ovat potilaan siirto välittömältä vaaralta, hengityksen ja verenkierron turvaaminen tai elvyttäminen. Ensiarvio tehdään mahdollisten ensiaputoimien jälkeen. Ensiarvio tehdään samassa järjestyksessä potilaalle; c – hallitsematon vuoto/rankavamma (critical bleeding, spine), A – hengitystie (airway), B – hengitys (breathing), C – verenkierto (circulation), D – tajunta (disability) ja E – näkyvät löydökset (expose). (Holmström 2018: 123; Väisänen ym. 2014: 150).

Esitiedot ovat tärkeä osa hoidon alkaessa. Sukelluksen syvyys, kesto, käytetyt hengityskaasut sekä mahdolliset nopeat paineenmuutokset selvitetään potilasta tutkittaessa. Myös perussairaudet, mahdolliset lääkitykset, aikaisemmat sukellukset ja mahdolliset aikaisemmat sukellusonnettomuudet selvitetään. Oireista selvitetään alkamisajankohta eli ovatko oireet alkaneet sukelluksen aikana vai sen jälkeen. (Kuokkanen 2002.)

Kylmästä vedestä pelastettaessa tulisi potilas nostaa vedestä vaakatasossa, sillä suuret verenkierron muutokset voivat provosoida kammiovärinän (Jama 2018b: 625). Potilas asetetaan selinmakuulle ja suojataan kylmältä. Inertin kaasun poistuminen elimistöstä

helpottuu, kun potilas on vaakatasossa. (Jama 2018b: 630). Sukeltajataudin sekä valtimokaasuembolian hoito on samanlaista. Ensihoitona kaikkiin sukellusonnettomuuksiin on happi, joka aloitetaan mahdollisimman nopeasti. Happivirtauksen tulisi olla riittävän suuri, eli 15l/min varaajamaskilla. Jos potilas on tajuton, tulisi hänet intuboida. Normaalista poikkeavasti intubaatioputken kuffi täytetään keittosuolalla painekammiohoitoa varten. (Kuokkanen 2002.) Ensihoidossa aloitettu happihoito parantaa ylipainehappihoidon tuloksia ja parantaa sukeltajan ennustetta. Happihoito vähentää, tai jopa kokonaan estää ilmaembolian muodostumista. (Jama 2018b: 630.) Keuhko-oireet voivat spontaanisti poistua, varsinkin jos happihoito on aloitettu nopeasti (Edmonds ym. 2016: 147). Jos sukeltaja on pintaunut hallitsemattomasti tai on pintautuessaan tajuton tai eloton, täytyy jänniteilmarinnan mahdollisuus pitää mielessä (Jama 2018b: 631). Jänniteilmarinnan purkuun käytetään neulatorakosenteesiä. Keuhkopussi punktoidaan laskimokanyylyä sekä ruiskua käyttäen keskisolisinjassa 2. ja 3. kylkiluun välistä. (Peräjoki - Taskinen 2018: 568). Ilmarintaa epäiltäessä puretaan ilmarinta dreenaamalla, mielellään jo ennen painekammiota (Suvilehto – Räisänen-Sokolowski 2018). Dreeni asetetaan keuhkopussiin imuun kiinnitettynä, jotta keuhko saadaan laajenemaan (Holmström 2018b: 360).

Sukelluksen jälkeen potilas on yleensä dehydroitunut sukelluksesta johtuvan diureesin takia. Hoitona on nesteytys laskimonsisäisesti Ringerin liuksella 10ml/kg 30 minuutin aikana. Jos potilaan tajunnantaso on hyvä, voi potilas juoda nesteitä myös suun kautta. Kuivumisen seurauksena potilaan kudosten verenkierto heikkenee, happivaje lisääntyy ja typen poistuminen elimistöstä hidastuu. (Kuokkanen 2002.)

Sukeltajaa tutkittaessa on hyvä muistaa mahdollisen keuhkopöhön oireet, joita ovat yskänärsytys, äkillinen hengenahdistus ja madaltuneet saturaatioarvot. Oireet saattavat alkaa sukelluksen aikana. Taudin patofysiologiaa tunnetaan hyvin vähän. Yleensä taustalta löytyy jo ennestään oleva sydän- ja verenkiertoelimistön sairaus, mutta immersion aiheuttamaa keuhkopöhöä on todettu myös hyväkuntoisilla sukeltajilla. (Jama 2018: 630).

Mikäli uhri todetaan elottomaksi, aloitetaan peruselvytys viidellä puhalluksella sekä painelu- puhalluselvytyksellä. Uhri saattaa oksentaa nieltä vettä elvytyksen aikana. Tarvittaessa uhria voi hetkellisesti kääntää kylkiasentoon veden poistamiseksi, mutta tavoite olisi pyrkiä mahdollisimman keskeytyksettömään paineluun. (Rautiainen 2011.) Kun hoitotason yksikkö saapuu kohteeseen, aloitetaan hoitoelvytys. Hoitoelvytys tapahtuu normaalin elvytysprotokollan mukaisesti. Aluksi uhrin ylävartalo kuivataan elektrodien

tarttuvuuden takaamiseksi. Intubaatio, tehokas paineluevitys ja adrenaliini riittävät yleensä ensihoidoksi. Kammiotakykardia ja kammiovärinä defibrilloidaan normaaliin taapaan. (Jama 2018b: 625)

PEEP-taso säädetään 5 cmH₂O ja tarvittaessa 10 cmH₂O, mutta tämän korkeampia lukemia ei tulisi käyttää. Liian suuri PEEP kohottaa intratorakalista painetta ja näin ollen saattaa heikentää sydämen minuuttivirtausta varsinkin hypovolemisilla potilailla. Jos potilas on ollut pitkään veden alla, voidaan harkita natriumbikarbonaatin antamista boluksena. Tämä saattaa tehostaa adrenaliinin tehoa, mutta lisää myös hiilidioksidin tuottoa, joka täytyy ottaa huomioon, kun säädetään ventilaatiota spontaanin verenkierron palautumisen jälkeen. Nenä-mahaletkua käyttämällä tyhjenetään mahalaukun sisäinen paine heti kun se on mahdollista. Elvytys ei kuitenkaan saa häiriintyä kyseisen toimenpiteen vuoksi. Mahalaukun täyttyminen veden tai ilman nielemisen vuoksi saattaa pitää yllä vaaalista heijastetta ja aiheuttaa bradykardiaa tai jopa asystolian. Vatsaontelon kohonnut paine nostaa myös rintaontelon painetta, joka saattaa vaikeuttaa ventilaatiota ja romauttaa sydämen minuuttivirtauksen. Nenä-mahaletku laitetaan kaikille hukkumisonnettomuuden uhreille viimeistään spontaanin verenkierron palautumisen jälkeen. (Jama 2018b: 625.)

Jos potilas on alilämpöinen ja eloton, tulisi elottomuuden tunnistamiseen käyttää aikaa normaalia enemmän, sillä syke ja hengitys saattavat olla hyvinkin hitaita. Jos alkurytminä on kammiovärinä, aloitetaan elvytys normaalisti. Lähtörytmien ollessa asystolia tai PEA, hoidon aktiivisuutta arvioidaan hukuksissa olevan ajan mukaan. Sydämen käynnistyminen ydinlämmön ollessa alle 32 astetta on epätodennäköistä. Tässä tapauksessa potilaan kuljettaminen elvyttäen sairaalaan tulee kyseeseen. Sairaalassa potilaan sisäinen lämmittäminen on mahdollista. (Väyrynen – Kuisma 2018: 317) Jos ydinlämpö on alle 30 astetta, elvytyslääkkeitä ei tulisi tässä tapauksessa antaa (Jama 2018c: 639).

Ainoa hoitokeino oireiseen sukeltajantautiin on ylipainehappihoito (Arola 2018). Ensimmäisessä potilaalle annetaan happihoitoa korkealla FiO₂:lla, kunnes potilas pääsee ylipainekammioon, tai oireet väistyvät. Ensimmäisessä ensihoito konsultoi oman alueen ensihoitolääkäriä tai päivystävää sukelluslääkäriä. Hoito tapahtuu valtakunnallisesti Turun yliopistollisessa keskussairaalassa, jossa on ympärivuorokautinen hoitovalmius. Turussa hoidetaan myös tehohoitoa vaativia potilaita. (Jama 2018a.) DCS:n kaikki hoidot tähtäävät kaasun poistamiseen elimistöstä sekä kudoshapetuksen palauttamiseen. Jos iskeemisiä vaurioita on ehtinyt tulla, on näiden korjaaminen myös

tarpeellista. Sukeltajantautipotilaan kuljetus ylipainehappihoitoon tulee aloittaa vasta viitaalielintoimintojen vakauduttua. Potilaan kuljetus tapahtuu maayksiköllä tai helikopterilla matalalentokuljetuksena, jotta potilaan tila ei heikkenisi korkean ilmanpaineen vuoksi. (Perttilä 2002).

Intuboimaton ja tajunnantasoltaan madaltunut potilas kuljetetaan kylkiasennossa ja hengitysvaikeudesta kärsivä potilas puoli-istuvassa asennossa, mikäli verenpaineen taso sen sallii (Jama 2018c).

5 Opinnäytetyön tarkoitus, tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tarkoituksenamme oli suorittaa opinnäytetyö kirjallisuuskatsauksena ja sen pohjalta tuottaa itseopiskelumateriaalia aiheesta ensihoidon opiskelijoille Power Point-esityksen muodossa. Power Pointilla haluamme herättää opiskelijan mielenkiinnon aiheesta ja ohjata lukemaan opinnäytetyömme, joka käsittelee aihetta kirjallisuuskatsaukseen perustuen.

Power pointin avulla pyrimme selkeään ja helposti lähestyttävään materiaaliin sukellusonnettomuuksista. Valmis työ viedään opiskelijoiden nähtäväksi ja luettavaksi koulumme opiskelupohjalle Moodleen. Hyvä itseopiskelumateriaali on helppolukuinen, selkeä ja hyvin jaoteltu. Tarkoituksena oli saada opiskelijoille tiivis paketti, jossa esiintyy tärkeimmät asiat ytimekkäästi. Moodlen opiskelupohjalle tehty esitelmä tarjotaan opiskelijoille opettajan toimesta. Lopuksi Power Pointin loppuun tulee linkki opinnäytetyöhömme, josta halukkaat voivat tutustua työmme laajempaan versioon ja syventää osaamistaan. Opinnäytetyössämme onkin laajemmin kerrottu anatomiasta ja fysiologiasta, ja hieman laajemmin sukellussairauksista.

Opinnäytetyön tarve lähti Metropolia Ammattikorkeakoululta. Sukellusonnettomuuksien harvinaisuuden vuoksi aihetta käsitellään maltillisesti ensihoidon koulutuksessa, joten itseopiskelumateriaali tulee tältä osin tarpeeseen. Myös alan kirjoissa aihetta käsitellään rajallisesti.

Opinnäytetyön tavoitteena ja tarkoituksena on saada ensihoidon opiskelijoille selkeää ja ajantasaista tietoa sukellusonnettomuuksista, fysiologiasta niiden taustalla, sekä ensihoidon toimenpiteistä kentällä. Opinnäytetyössä pyrimmekin siihen, että materiaali olisi

helppolukuinen ja selkeä, jotta opiskelija pystyy materiaalin opiskelemaan itsenäisesti. Samalla halusimme tuoda esille fysiologian näkökulmaa sukellusonnettomuuksissa, joka auttaa ymmärtämään kokonaisuutta. Kokoamalla yhteen tietoa tähän opiskelumateriaaliin saimme aikaan paketin, joka käsittelee sukellusonnettomuuksien fysiologiaa, sekä niiden hoitoa. Tavoitteenamme on jatkaa opinnäytetyötä innovaatioprojektin muodossa, jossa kehitämme aiheeseen liittyvän oppimistehtävän, jossa ensihoidon opiskelija voi testata osaamistaan.

Työssämme esiintyvät tutkimuskysymykset olivat seuraavat:

- Mitä pitää ottaa huomioon sukellusonnettomuuksien hoidossa?
- Mitä sukellusonnettomuudessa tapahtuu?

6 Opinnäytetyön menetelmät

6.1 Opinnäytetyön menetelmät

Opinnäytetyö toteutettiin parityönä. Teimme opinnäytetyötä yhdessä koululla, sekä erikseen etänä pilvipalveluihin tukeutuen. Pidimme ohjauskeskustelun ohjaajamme kanssa kaksi kertaa, sekä osallistuimme tarjottuihin työpajoihin, jotka antoivat meille eväitä työn rakenteeseen sekä kirjoittamiseen. Opinnäytetyömme kokonaisuudessaan jakautui suunnitelmavaiheeseen, jolloin saimme osan materiaalista ja käsityksen aiheesta ja sen laajuudesta. Opinnäytetyön toteutusvaiheessa haimme vielä lisää tietoa ja kun saimme tarpeeksi lähteitä, kirjoitimme työn yhdessä. Menetelmät opinnäytetyön toteutukseen vaihtui toteutuksen aikana, kun emme saaneet asiantuntijalähteitä, tai emme itse voineet käydä kurssia sukeltamiseen liittyen.

6.2 Tiedonhaku

Sopivaa aineistoa etsiessä kokeilimme useita erilaisia hakusanoja. Tietokantoina käytettiin kotimaista sekä kansainvälistä tietokantaa. Cinahl ja Medic toimivat käytettyinä tietokantoina ja hakusanoina käytimme aluksi *Decompression sickness, AND Nitrogen AND diving*. Toinen haku oli *Nitrogen AND Diving* hakusanoilla. Osa artikkeleista ja tutkimuksista olivat vanhempia monen vuoden takaa ja aivan uusinta tietoa oli haasteellista löytää, joten tietoa löytyi melko rajallisesti. Siksi rajasimme tiedonhakuja kymmenen vuoden sisään tiedon luotettavuuden vuoksi. Myöhemmin rajasimme suomenkielisessä hakukoneessa hakusanoja kuten *sukel* AND sukeltajantauti*, sekä *hukkum* AND elvytys*, jolloin saimme paremmin meille sopivaa materiaalia. Mainittavan arvoinen asia mielestämme oli se, että hakukoneilla tietokannoista haettaessa emme löytäneet mielestämme tarpeeksi hyviä lähteitä. Artikkelit ja tutkimukset olivat vanhempia, ja manuaalisella haulla saimme tuoreempia artikkeleita. Samoin PubMed hakukoneen kautta yritimme löytää artikkeleita, mutta manuaalisella haulla saimme muutamia erittäin tuoreita tieteellisiä artikkeleita, jotka löysimme PubMedin kautta. Alempana taulukossa (Kuvio 5.) olemme eritelleet tiedonhakumme.

Pyrimme käyttämään kirjallähteissä uusimpia painoksia, pidimme rajana kymmenen vuotta vanhoja teoksia. Kuitenkin jotkut spesifit kirjat ja artikkelit tietyiltä kirjoittajilta saattoivat olla hieman vanhempia. Anatomian oppikirjat olivat vuosilta 2012 ja 2014, mutta oletimme asioiden pysyneen muuttumattomina. Yksi oppikirja oli vuodelta 1998, mutta asiat sieltä eivät olleet ristiriidassa muun aineiston rinnalla. Sukellukseen liittyviä kirjoja oli haastava löytää ja pitkän etsiskelyn ja kyselyn jälkeen saimme sukellusta käsittelevän tietokirjan. Kirja oli kuitenkin vuodelta 1984, jolloin päädyimme olla käyttämättä kyseistä kirjaa teoksessamme.

Kuvio 5. Tiedonhaku

Tieto- kanta	Hakusa- nat, haku- sana-yhdis- telmät	Valinta- ja poissulku- kriteerit	Osumien määrä (kpl)	Valinta otsikon perus- teella (kpl)	Valinta tiivistel- män pe- rusteella (kpl)	Valinta koko- tekstin perus- teella (kpl)
Cinahl	Decom- pression sickness, AND Nitro- gen AND diving	Academic Journals, 2010-2021	22	1	1	1
Cinahl	Nitrogen AND Diving	Academic Journals 2010-2021	38	1	1	1
Medic	sukel AND sukeltajan- tauti	Vain koko- tekstit	9	4	4	4
Medic	Hukkum* AND Elvy- tys	Vain koko- tekstit	7	1	1	1
Manuaali- nen haku			26	26	26	26

7 Pohdinta

Opinnäytetyötä aloittaessa pohdimme sopivia aiheita, joka kiinnostaisi meitä molempia. Päätimme heti alussa, että aihe rajautuisi ensihoidon näkökulmasta. Työskentelemme molemmat ensihoidossa ja näin ollen aiheen näkökulma oli meille heti selkeä. Idea aiheeseen tuli koulun puolelta ja tartuimmeinkin aiheeseen innolla. Kokemusta sukeltamisesta meiltä ei omasta takaa ole, ja tämäkin toimi innoittajana aiheeseen. Halusimme oppia ja ymmärtää mitä sukelluksen aikana elimistössä tapahtuu. Kuten aikaisemmin on tullut esille, ei sukelluksen aikana tapahtuvia onnettomuuksia käsitellä opiskelun aikana kuin pintapuolisesti ja opiskelu jää pitkälti oman oppimisen varaan. Opinnäytetyö oli erinomainen tapa saada itse lisää oppia ja tuoda tuleville ensihoidon ammattilaisille ajankohtaista tietoa sukellusonnettomuuksista ja niiden hoidosta ensihoidon näkökulmasta.

Työn alkuvaiheissa olimme luoneet selkeän kuvan työn etenemisestä ja tartuimme innolla tiedon hakuun. Huomasimme kuitenkin pian, että laadukasta ja ajankohtaista tietoa oli haastavampi löytää kuin olimme ajatelleet. Myös työn rajaamisen kanssa koimme haasteita aluksi. Ymmärsimme jo melko aluksi, että alkuperäinen opinnäytetyön aiheemme *Sukellusonnettomuudet ja hukkuneen ensihoito* olisi turhan laaja kokonaisuus. Pidimme ohjauskeskustelun työmme ohjaajan kanssa, jonka jälkeen päätimme keskittyä yleisiin ja kirjallisuudessa tunnetuimpiin sukellusonnettomuuksiin. Ajatuksenamme olikin keskittää opinnäyte työ laitesukellukseen. Veteen hypänneiden rankavammat, vapaasukelluksen ja hukkuneen ensihoidon jätimme aiheesta kokonaan pois.

Otimme yhteyttä Suomen sukellus- ja ylipainelääketieteellisen yhdistyksen (SSLY) puheenjohtajaan Anne Räisänen-Sokolowskiin sähköpostitse. Olisimme toivoneet pääsyä SSLY:n järjestämälle Sukellusonnettomuuden ensihoito- kurssille (ADALS), mutta vallitsevan Covid-19 tilanteen takia lähiopetuksia sukelluskursseille ei tällä hetkellä kuitenkaan järjestetty ja sukellusmateriaalia jaetaan ainoastaan kursseille osallistuneille. Samoin kysyimme lähestymistapaa ja vinkkejä tiedonhakuun ADALS-lääkäriltä, Timo Jalmalta. Saimmekin neuvon, ettemme hakisi tietoa liian laajoista "Diving Medicine"- kirjoista, jolloin asia on liiankin syvällistä meidän käyttötarkoitukseemme.

Olimme myös yhteydessä yhteen pelastuslaitokseen. Ajatuksenamme oli tiedustella, jos olisimme saaneet luvan käyttää heidän sukellustoiminnan koulutuspakettejaan. Kuitenkaan sieltäkään emme saaneet materiaalia käyttöön. Olisimme halunneet lisätä

oppimistamme ja opinnäytetyön laajuutta ja luotettavuutta sukelluskurssin, tai alan omien koulutuspakettien avulla, mutta se ei tässä kohtaa ollut mahdollista.

Tehdessämme opinnäytetyötä halusimme löytää mahdollisimman tuoretta tietoa, mahdollisimman uusia artikkeleita ja tuoreita kirjapainoksia. Vasta viikkojen työn jälkeen saimme neuvon, ettei esimerkiksi "Diving Medicine"-kirjat ole välttämättä parhaimpia lähteitä käytettäväksi työhön, niiden käsitellessä aihetta niin syvällisesti. Koimmekin hankaluutena saada kirjoitettua aiheesta selkeästi ja ymmärrettävästi, sekä samalla käsitellen asiaa tarpeeksi laajasti. Aiheen rajaaminen oli haastavaa jatkuvan uuden tiedon edessä. Sukelluslääketiede on oma alansa ja suurin osa teksteistä oli vain muutamien alan osaajien kirjoittamia.

Sukellusonnettomuuksien hoito on rajallista ensihoidossa ja keskittyikin henkeä pelastaviin toimenpiteisiin, peruselintoimintojen tukemiseen ja ylläpitämiseen. Samoin sukeltajantaudissa ainoa lopullinen hoitomuoto on ylipainehappihoito, jolloin ensihoidon tehtävänä on kuljettaa potilas hoitoon paikkaan, jossa ylipainehappihoito on mahdollista ja huolehtia peruselintoiminnoista, aloittaa happi- sekä nestehoito.

Jatkoa ajatellen voisi opinnäytetyötä tehdä ensihoidon työntekijöiden näkökulmasta. Kuinka hyvin ensihoitajat kokevat opiskelun aikana saaneensa tietoa sukellusonnettomuuksista ja kuinka hyvin ensihoitoyksiköt kokevat pärjäävänsä kentällä sukelluspotilaiden kanssa. Vaikka ensihoidossa on mahdollisuus lääkärin konsultaatioon, toisi syvemmän ja laajemman tiedon osaaminen varmuutta omaan osaamiseen kentällä. Samoin kokemuksia ja tilastoja sukellusonnettomuuksista on kirjoitettu ylipainehappihoitoyksikön toimesta, mutta ensihoidon kokemuksista ei ole saatu kerättyä dataa. Olisi mielenkiintoista tietää miten ensihoitajat ovat kokeneet sukelluspotilaan hoitamisen kentällä.

7.1 Eettisyys ja luotettavuus

Eettisyyden ja luotettavuuden varmistamiseksi opinnäytetyö toteutettiin hyvän tieteellisen käytännön mukaisesti, jonka on laatinut Tutkimuseettinen neuvottelukunta. Opinnäytetyössä noudatetaan rehellisyyttä, yleistä huolellisuutta sekä tarkkuutta, jotka ovat Hyvän tieteellisen käytännön keskeisiä periaatteita (TENK 2012). Opinnäytetyötä tehdessä otimme huomioon muiden tutkijoiden ja kirjoittajien tekemän työn sekä saavutukset ja viittasimme heidän tekemiin julkaisuihin asianmukaisella tavalla Metropolia kirjallisen

työn ohjeiden mukaan. Lähdeluettelon tekeminen, sekä lähdeviittausten merkitseminen toteutettiin Metropolian omien kirjallisen työn ohjeiden mukaan.

Varmuutta aineiston luotettavuuteen lisäsi yhteydenotto sukelluslääkäreihin Anne Räisänen-Sokolowskiin ja Timo Jamaan, jotka kertoivat hyviksi tiedon lähteiksi artikkeleita ja aineistoja, joita olimme jo valinneet. Jama myös kertoi Ensihoito- kirjan luvut päivitettyiksi ja meillä oli käytössä kirjan uusin painos. Uusia muutoksia liittyen sukellusonnettomuuksien ensihoitoon, tai hoitotapaan ei lähiaikoina ole odotettavissa Jaman mukaan.

7.2 Ammatillinen kasvu

Lähtökohtaisesti emme tienneet sukellustoiminnasta paljoakaan, ja sukeltajantaudista hyvin pinnallisesti. Samoin fysiologian opiskelu on ollut tavallisten sairauksien ja taudinkuvien opettelua. Opinnäytetyöprosessin aikana olemme oppineet paljon sukelluksesta ja sen aikana tapahtuvista onnettomuuksista, niin fysiologian kuin hoidonkin näkökulmasta. Tämä tukee tulevaisuudessa osaamistamme työelämässä kohdattaessa potilas, jolla on anamneesissa sukellustapaturma. Prosessin aikana kertosimme paljon anatomiaa ja fysiologiaa, sekä opimme paljon uutta ihmisen elimistöstä sukellussairauksien pohjalta. Opinnäytetyö oli varmasti laajin kirjallinen tuotos molemmille tekijöille tähän mennessä. Työn suunnitteluvaiheen, tiedon haun ja kirjoittamisen kokonaisuus oli työläs, mutta toisaalta antoisa. Näimme tämän mahdollisuutena oppia lisää ja syventää jo pohjalla olevaa tietoa, mikä motivoi meitä eteenpäin.

Lähteet

Arola, Olli J. 2018. Suomalainen saa sukeltajantaudin kotona tai kaukomailla. Finnanest. Suomen Anestesiologiyhdistyksen lehti. 51 (3). 94-197. Verkkodokumentti. https://www.finnatest.fi/files/arola_suomalainen_saa.pdf. Viitattu 12.9.2020

Clinchy, Richard A. 1996. Dive First Responder. St. Louis, MO, USA: Mosby Lifeline

Denoble, Petar 2017. PFO and diving. DAN. Alert Diver. Verkkodokumentti. https://alertdiver.eu/en_US/articles/pfo-and-diving. Viitattu 24.2.2021.

Edmonds, Carl – Bennett, Michael – Lippmann, John – Mitchell, Simon J. 2016. Diving and subaquatic medicine. Fifth edition. Boca Raton, FL, USA: CRC Press. E-kirja.

Holmström, Peter 2018a. Ensiarvio ja yleistutkimus. Teoksessa Kuisma, Markku – Holmström, Peter – Nurmi, Jouni – Porthan, Kari – Taskinen, Tuomas. Ensihoito. Helsinki: Sanoma Pro. 122-123.

Holmström, Peter 2018b. Hengitysvaikeus. Teoksessa Kuisma, Markku – Holmström, Peter – Nurmi, Jouni – Porthan, Kari – Taskinen, Tuomas. Ensihoito. Helsinki: Sanoma Pro. 333-363.

Jama, Timo 2018a. Duodecim. Akuuttihoito- opas. Verkkoartikkeli. Artikkelin tunnus: aho01802(001.066). Luettu 17.9.2020.

Jama, Timo 2018b. Hukkuminen. Teoksessa Kuisma, Markku – Holmström, Peter – Nurmi, Jouni – Porthan, Kari – Taskinen, Tuomas. Ensihoito. Helsinki: Sanoma Pro. 622-627.

Jama, Timo 2018c. Sukellusonnettomuudet. Teoksessa Kuisma, Markku – Holmström, Peter – Nurmi, Jouni – Porthan, Kari – Taskinen, Tuomas. Ensihoito. Helsinki: Sanoma Pro. 628-633.

Jama, Timo 2018d. Hypotermia. Teoksessa Kuisma, Markku - Holmström, Peter – Nurmi, Jouni – Porthan, Kari – Taskinen, Tuomas. Ensihoito. Helsinki: Sanoma Pro. 633-641.

Jones, Mark W. - Brett, Kaighley – Han, Nathaniel – Wyatt, Alan H. 2021. Hyperbaric Physics. Statpearls 2021. Verkkodokumentti. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/288462468/>. Viitattu 19.2.2021.

Karhumäki, Eliisa Päästä varpasiin. Ihmisen anatomia ja fysiologia. Helsinki: Edita. Lehtonen, Mari – Nieminen, Kari – Syrjäkallio-Ylitalo, Marja 2012. 65-66.

Kuokkanen, Juha 2002. Sukeltajantaudin ja sukellusonnettomuuksien hoito. Suomen lääkäri-lehti. 57 (25-26). 2769-2772.

Mitchell, Simon J. 2019. DCS or DCI? The difference and why it matters. Diving Hyperb Med 30;49 (3). 152-153. Viitattu 3.2.2021.

Perttilä, Juha 2002. Tehohoitopotilaan ylipainehappihoidon toteutus. Suomen lääkäri-lehti. 57 (24). 2649-2751.

Peräjoki, Katja – Taskinen, Tuomas 2018. Vammapotilaan tutkiminen ja hoito. Teoksessa Kuisma, Markku - Holmström, Peter – Nurmi, Jouni – Porthan, Kari – Taskine, Tuomas. Ensihoito. Helsinki: Sanoma Pro. 558-570.

Ramnefjell, M.P. – Morild, I. – Mørk, S.J. – Lilleng, P.K 2012. Fatal diving accidents in Western Norway 1983-2007. Forensic Science International. 223 (2012). 22-26.

Rautiainen, Paula 2011. Lääketieteellinen aikakausikirja Duodecim. Hukkuneen ensihoito. 127 (13). 1401-1404.

Rocco, Monica – Pelaia, P. - Di Benedetto, P. - Conte, G. - Maggi, L. - Fiorelli, S. - Mercieri, M. - Balestra, C. - De Blasi, R.A, 2019. Inert gas narcosis in scuba diving, different gases different reactions. European Journal of Applied Physiology. 119 (2019). 247-255.

Sand, Olav & Sjaastad, Øystein V. – Haug, Egil – Bjålie, Jan G. – Toverud, Kari C. 2014. Ihminen. Fysiologia ja anatomia. Sanoma Pro Oy. Helsinki.

Seppälä, Juhani 2014. Hätäkeskustoiminta. Teoksessa Castren, Maarit – Helveranta, Kai – Kinnunen, Ari – Korte, Henna – Laurila, Kimmo – Paakkonen, Heikki – Pousi, Jouni - Väisänen, Olli. Ensihoidon perusteet. Helsinki: Pelastusopisto, Suomen Punainen Risti. 25-37.

Silfvast, Tom – Kinnunen, Ari 2014. Ensihoitopalvelu. Teoksessa Castren, Maarit – Helveranta, Kai – Kinnunen, Ari – Korte, Henna – Laurila, Kimmo – Paakkonen, Heikki – Pousi, Jouni - Väisänen, Olli. Ensihoidon perusteet. Helsinki: Pelastusopisto, Suomen Punainen Risti. 14-24.

Sipinen, Seppo 2010. Sukeltajantauti. Duodecim. 126 (4). 435-442.

Sovijärvi, Anssi – Salorinne Yrjö 2012. Hengityselimistön fysiologiaa ja patofysiologiaa. Teoksessa Sovijärvi, Anssi – Ahonen, Aapo – Hartiala, Jaakko – Länsimies, Esko – Savolainen, Sauli – Turjanmaa, Väinö – Vanninen, Esko. Kliinisen fysiologian perusteet. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 55-57

STM = Sosiaali- ja terveysministeriö

STM. Sosiaali- ja terveystilastot. Terveystilastot. Ensihoito. 2021. Luettavissa sähköisesti. <<https://stm.fi/ensihoito>>. Viitattu 21.1.2021

Suomen uimaopetus – ja hengenpelastusliitto ry. Hukkuneiden ennakkotilasto 2020. Verkkodokumentti. <https://www.suh.fi/tiedotus/hukkumistilastot/hukkumiset_2020?v_3928=12476#editbar3928>. Viitattu 22.9.2020

Suvilehto, Jari – Arola, Olli – Valtonen, Mika. 2019. Lääkärin tietokannat. Ylipainehappihoito. Verkkodokumentti. <https://www.terveysportti.fi/apps/ltk/article/ykt01387/search/sukellusl%C3%A4%C3%A4ketiede>. Viitattu 23.9.2020.

Suvilehto, Jari – Räisänen- Sokolowski, Anne 2018. Sukelluslääketiede. Duodecim. Lääkärin käsikirja. Artikkelin tunnus: ykt00455 (019.004). Viimeisin päivitys 23.8.2018.

Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö. Verkkodokumentti. https://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf. Luettu 11.9.2020

Väisänen, Olli – Hiltunen, Tuomas – Reitala, Janne 2012. Potilaan tutkiminen. Teoksessa Castrén, Maaret – Helveranta, Kai – Kinnunen, Ari – Korte, Henna – Laurila, Kimmo - Paakkonen, Heikki – Pousi, Jouni - Väisänen, Olli. Ensihoidon perusteet. Helsinki: Pelastusopisto, Suomen Punainen Risti. 150.

Väyrynen, Taneli – Kuisma, Markku 2018. Sydänpysähdys ja elvytys. Teoksessa Kuisma, Markku - Holmström, Peter – Nurmi, Jouni – Pothan, Kari – Taskinen, Tuomas. Ensihoito. Helsinki: Sanoma Pro. 288-333

Walker, J R. - Murphy-Lavoie, Heather M. 2021. Diving in Water Recompression. Statpearls Publishing. Verkkodokumentti. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29630272/>. Viitattu 21.2.2021.

Wilcock, Ian M. - Cronin, John B. - Hing, Wayne A. 2006. Physiological Response to Water Immersion. Sports Med. 36 (9). 747-765. Verkkodokumentti. https://www.researchgate.net/publication/6850640_Physiological_Response_to_Water_Immersion. Viitattu 5.2.2021.

Wohl, Drew 2011. Diving Emergencies. EMS World. 40 (8). 61-64

Itseopiskelumateriaalin PowerPoint-diat



Sukellusonnettomuudet - itseoppimismateriaali



Yleistä

- Sukellusonnettomuudet ovat melko harvinaisia – voi tapahtua niin rannikko- kuin sisävesistöissäkin
- Vuosittain noin 20-30 tapausta, joista 0-5 johtaa kuolemaan
- Tavallisin kuolinsyy on hukkuminen –aiheuttajana yleensä inhimillinen tekijä, jolloin toimitaan ohjeiden vastaisesti tahattomasti tai tahallisesti
- Sukeltajantaudin riskiä nostaa kylmä vesi, ylipaino, huono fyysinen kunto sekä sukelluksen poikkeava rasittavuus



Mitä laitesukellus on?

- Vapaa-ajan eli virkistyssukelluksen harrastajia on Suomessa noin 20 000-30 000 – sukellus tapahtuu noin 30 metriin
- Alle 30 metrin sukelluksissa käytetään paineilmaa
- Ammatti- eli tekniikkasukelluksessa sukellaan yli 30 metriin – jopa 100 metriin asti
- Tekniikkasukelluksessa käytetään erilaisia kaasuseoksia – *nitroxia* eli happirikastettua ilmaa tai *trimixiä* - hapen, typen ja heliumin sekoitusta - puhdas happi olisi myrkyllistä näissä syvyyksissä
- Suomessa ammattimaista sukellusta toteuttavat pelastuslaitokset, puolustusvoimat, rajavartiolaitos, sekä yksityiset ja julkiset tutkimus- ja työsukellustoimijat.



Hengityksen anatomiaa

- Hengityselimistö muodostuu keuhkoista ja hengitysteistä – tehtävänä toimittaa kudoksille happea ja poistaa hiilidioksidia
- Ylähengitystiet – nenäontelo, sivuontelot, suuontelo sekä nielu
- Alahengitystiet – kurkunpää, henkitorvi ja keuhkoputket sekä ilmatiehyet. Kurkunpään yläosasta löytyy kurkunkansi, joka painuu nieltäessä kurkunpään peitoksi.
- Keuhkoputket jakautuvat oikeaan ja vasempaan keuhkoputkeen - jakautuvat yhä pienemmiksi haaroiksi.
- Keuhkoputkien päässä ilmatiehyet, joissa osa kaasujen vaihdosta tapahtuu – ilmatiehyiden päässä keuhkorakkulasäkit eli **alveolit** – kaasujen vaihto tapahtuu alveolien ja hiussuonten välillä.



Hengityksen anatomia jatkuu..

- Keuhkot ovat suljetussa rintaontelossa. Keuhkoja ympäröi keuhkopussi eli **pleura**, joka on kaksilehtinen kerros – sisemmän ja ulomman lehden välissä on **pleuraontelo**, jossa on ohut nestekerros – neste mahdollistaa lehtien kitkattoman liikkeen
- Pleuraontelossa vallitsee **negatiivinen paine**
- Jos ulompi lehti puhkeaa rintakehävamman seurauksena tai sisempi lehti keuhkovaurion seurauksena, syntyy pleuraonteloon **positiivinen paine** – jolloin ilma alkaa painamaan keuhkoa



Hengityksen fysiologiaa

- **Ventilaatio eli keuhkotuuletus** – ilman kulkua ulkoilmasta alveoleihin ja niistä ulkoilmaan
- Sisäänhengitys - kylkivälilihakset ja pallea
- Uloshengitys – tapahtuu ilman lihastyötä, kimmoiset rakenteet vetävät rakennetta kokoon
- Aikuisen ihmisen kertahengitystilavuus on noin 500 ml
- Keuhkoihin jää jäännösilmaa reilusti, noin 1000ml



Hengityksen fysiologia jatkuu..

- Kaasujen vaihdunta voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen; keuhkorakkuloiden tuuletus, kaasujen diffuusio keuhkorakkuloiden ja keuhkojen hiussuonten välillä sekä kaasujen kuljetus keuhkoverenkierrossa sekä isossa verenkiertossa.
- Ilman virtaaminen alveoleihin ja sieltä pois määräytyy ulkoisen ilmanpaineen ja alveolipaineen eroon – paine siirtyy aina suuremmasta pienempään



Kaasut ja paine

- **Boylen kaasulaki** - Tilavuuden muuttuessa paine muuttuu
- **Henryn laki** - Ympäristön paineen noustessa suurempi määrä kaasua liukenee nesteeseen (veri ja kudokset)
- **Daltonin laki** - Monen kaasun kokonainen osapaine sama kuin yhden kaasun osapaine täyttäessään saman tilan
- Maanpinnalla vallitsee ilmanpaine ilmakehän takia – paine nousee mentäessä vedenpinnan alapuolelle. Vesi on raskaampaa kuin ilma ja näin ollen korkeuden muutokset paineessa on suurempia veden alla kuin ilmassa
- Meren pinnalla ilmanpaine on 1 atmosphere (ATA) - paine nousee 1 ATA verran jokaista 10 metriä kohden mentäessä alaspäin veden alla
- Kaasun tilavuus ja näin riittävyys, sekä vaikutus kehoon erilaista sukeltaessa koska ulkoinen paine vaikuttaa



Elimistö sukelluksen aikana

- Hengityslaite antaa ulkoisen paineen suuruista hengityskaasua -näin ollen keuhkot eivät vaurioidu sukelluksen aikana
- Vesi tuottaa puristavaa voimaa kohti elimistöä. Mitä syvemmälle mennään, sitä enemmän tulee ulkoista painetta - Tämä aiheuttaa nesteiden siirtymistä raajoista torson alueelle eli verivolyymin sentralisaation - lisääntynyt diureesi ja veren väkevöityminen - janon tunne ja virtsaamisen tarve
- Sukellusrefleksi = hengityksen tauko, bradykardia ja verenkierron keskittyminen



Elimistö sukelluksen aikana jatkuu..

- Syke laskee myös normaalin lämpöisessä vedessä - elimistö estää tällä liiallisen verenpaineen nousun
- Lämmönsäätely muuttuu – ei ole eristävää ilmaa veden ja ihon välissä. Sukeltaja lämpenee ja kylmenee nopeammin.
- Lämpöhäviötä tapahtuu sukelluskaasuja hengittäessä (paineilma kylmää ja kuivaa - elimistön kostutettava ja lämmitettävä ilmaa)



Sukeltajantauti eli DCS

- Sukellussairaus (*Decompression illness, DCI*) on yläkäsite, joka jaetaan sukeltajantautiin (*Decompression sickness, DCS*) sekä valtimokaasuemboloihin (*Arterial Gas Embolism, AGE*)
- Hengitetty kaasu liukenee sukelluksen aikana kudoksiin. Sukelluksen aikana ventilaation avulla poistetaan kaasuja elimistöstä.
- Jos kaasu ei pääse poistumaan ventilaation mukana, muodostuu kaasusta elimistöön kuplia, eli "kaasu kupliintuu".
- Kaasukuplat saattavat päätyä mihin tahansa kudokseen ja aiheuttavat kohdekudoksessa oireita



Sukeltajantaudin oireet

- Ilmenevät iho-oireina, tuki- ja liikuntaelimistön oireina sekä neurologisina häiriöinä
- Voidaan luokitella lievä- tai vaikea-asteiseksi. Mutta saattaa sisältää molempien tyyppien oireita sekä vaikeimmissa tapauksissa myös painevaurion oireita
- **Lievissä oireissa** – ihon kutina ja punoitus, huonovointisuutta ja kovaa väsymystä. Monilla raportoitu myös päänsärkyä.
- Ihon marmoroituminen on merkki mahdollisesta neurologisesta sukeltajantaudista ja luokitellaan vakaviin oireisiin



Sukeltajataudin oireet

- **Vakavissa oireissa** – peruselintoimintojen häiriintyminen - **alkavat pian pintautumisen jälkeen**
- Keuhkojen vaurio on harvinainen, mutta vaarallinen – oireina yskä, hengenahdistus ja rintakipu
- Potilaalla saattaa ilmetä hypoksiaa ja mahdollinen kollapsi verenpaineiden laskun vuoksi
- Sydänperäisiä oireita saattaa olla lievät rytmihäiriöt, iskeemiset muutokset ja jopa sydäninfarkti
- Kardiopulmonaaliset oireet saattavat johtaa sydämen vajaatoimintaan, keuhkopöhöön ja lopulta jopa sydänpysähdykseen
- **Muistisääntönä:** mitä nopeammin oireet alkavat, sitä vakavampi taudinmuoto on kyseessä



Neurologiset oireet sukeltajataudissa

- Ilmenee kognitiivisina häiriöinä - muistihäiriöt, sekavuus, puheentuition häiriöt, väsymys, näköhäiriöt sekä huimaus – **alkavat yleensä noin puolen tunnin kuluessa sukelluksesta**
- Mahdollisia myös tajunnantason häiriöt ja kouristelu
- Tuntopuutokset raajoissa – tuntopuutokset saattavat edetä halvaukseen – virtsa- ja peräaukon alueen tuntopuutokset
- Sisäkorvan oireina tinnitus, huimaus ja kuulon heikentyminen
- **Sukeltajataudin oireet alkavat yleensä pian pintautumisen jälkeen, mutta voivat pahentua 24-36 tunnin ajan**



Painevaurio eli barotrauma

- Tärykalvo yleisin vaurio – saattaa puhjeta, jos painetta ei tasata tietyin väliajoin **sukellettaessa alaspäin**
- Muut painevauriot **nousteissa ylöspäin.**
- Ympäröivän paineen laskiessa kaasun määrä kasvaa ja tila laajenee (Boyle)
- Oireet ja vaurio siellä missä on liikaa ilmaa (keuhkot, suolisto tai jopa paikatuissa hampaissa)
- Keuhkojen barotrauma vakavin tyypeistä, joka johtuu riittämättömästä hengityksestä, tai hallitsemattomasta noususta



Barotrauman oireet

- Keuhkojen painevaurio – paineen aleneminen laajentaa kaasumäärää keuhkoissa ja saattaa aiheuttaa keuhkorepeämän, ilmarinnan, myös mediastinaalinen tai subkutaaninen emfyseema
- Oireet riippuvat siitä mihin kaasu vapautuu
- Sukelluksen aikana tapahtuvan ilmarinnan oireet samanlaiset kuin "normaalin" ilmarinnan – tyyppioireina hengenahdistus, pistävä kipu ja kuiva ärsytysyskä - kipu saattaa heijastua myös vasempaan olkapäähän
- Vaikeissa tapauksissa oireet alkavat heti, mutta voivat myös kehittyä tuntien ajan



Emfyseema - keuhkolaajentuma

- Kaulan alueen emfyseema mahdollinen – oireina äänen käheyttä, palan tunne kurkussa, nielemisvaikeutta ja hengenahdistusta
- Kliinisiin oireisiin kaulan ja rinnan alueen emfyseemassa kuuluu niin sanottu "**kreпитus**" - sukeltajat itse kuvailevat tätä kananmunan kuoren rikkoutumisen ääneksi
- Muina oireina saattaa olla syanoosi, takykardia sekä hypotensio
- Tilojen erottaminen toisistaan haastavaa ensihoidossa – potilaalla voi olla useita oirekuvia



Valtimokaasuembolia eli AGE

- Keuhkojen barotraumasta johtuva valtimokaasuembolia vaarallisin
- Kaasukuplien päätyminen valtimoverenkiertoon
- Kaasukupla tukkii verenkierron – riippuu kuinka iso kupla on ja mihin se päätyy
- Barotraumasta johtuva valtimokaasuembolia lähes aina tappava –paineenkammio tai elytys ei ehdi potilasta pelastamaan
- Aloita kuitenkin aina elvytys! AGE:n tunnistaminen kentällä kliinisesti mahdoton tunnistaa → elottomuus saattaa johtua myös monen sukellussairauden yhdistelmästä



(14)

Valtimokaasuembolian oireet

- Oireet alkavat heti pintautumisen jälkeen tai sukelluksen aikana
- Oireina voimakas hengenhädistys, rintakipu, tajunnantason häiriöt sekä verenkiertovajaus ja sydänpysähdys
- Aivovaltimoissa ja sydämessä on liian paljon kaasua – johtaa tajuttomuuteen ja kuolemaan



Hypotermia

- Hypotermia mahdollinen sukelluksissa – varsinkin pitkissä ja syvissä sukelluksissa sekä kylmässä vedessä
- Jos potilas hukkunut, mitataan ydinlämpö pian
- Paras mittaustulos saataisiin lämpöanturilla nenänielusta tai peräsuolesta - tärykalvomittarien mitta-asteikko ei yleensä kata alhaisimpia lämpötiloja ja korvakäytävä pitäisi kuivata, jotta saadaan luotettava tulos
- Hypotermia tarkoittaa ydinlämmön laskua alle 35 asteeseen
- Vakava hypotermia – kun ruumiinlämpö laskee alle 28 asteeseen



(14)

Kohteeseen tultaessa

Kiireisin toimenpide on ripeä pelastaminen vedestä - mahdollinen rangan tukeminen vasta toissijainen

- **Kylmästä** vedestä noustettaessa muistettava välttää suuria liikkeitä ja potilas evakuoidaan vaakatasossa --> suuret muutokset verenkierrossa voivat provosoida kammiovärinän
- Kohteeseen tultaessa selvitä sukelluksen **syvyys, kesto, käytetyt kaasut sekä paineenmuutokset ja kuinka kauan potilas ollut veden alla**
- Potilaan perussairaudet, allergiat ja säännölliset lääkitykset



Ensihoito

- Tärkeimmät seurattavat peruselintoiminnot ovat tajunta, hengitys ja verenkierto
- Arvioi potilas aluksi aina cABCDE mallin mukaan
- Sukeltajantaudin sekä valtimokaasuembolian hoito on samanlaista – **ensihoidosta tärkein on happi** - joka aloitetaan 15 l/min varaajamaskilla – happi parantaa sukeltajan ennustetta
- Sukelluksen jälkeen potilas on dehydroitunut, joten nesteytys aloitetaan välittömästi Ringerin liuoksella 10ml/kg 30 minuutin aikana – kuivumisen seurauksena typen poistuminen elimistöstä hidastuu



(14)

Ensihoito

- Potilasta hoidetaan vaakatasossa - näin kaasu poistuu elimistöstä paremmin
- Entä jos potilas on tajuton? - Tulisi hänet intuboida - **Intubaatioputken kuffi täytetään keittosuolalla painekammiohoitoa varten**
- Jos potilas on pintautuessa tajuton tai eloton täytyy mielessä pitää jänniteilmarinnan mahdollisuus – purkuun käytetään neulatorakosenteesiä keskisolisinjassa 2. ja 3. kylkiluun välistä
- Ilmarinta puretaan dreenamalla ennen painekammiohoitoa – dreeni kiinnitetään imuun, jotta saadaan keuhko laajenemaan



Ensihoito

- Mikäli uhri todetaan elottomaksi aloitetaan peruselvytys **viidellä puhalluksella** sekä painelu-puhalluselvytyksellä ja hoitoyksikön tultaessa kohteeseen jatketaan hoitoelvytyksellä
- Normaalin elvytysprotokollan mukaisesti
- Jos uhri oksentaa vettä, voi hetkellisesti kääntää kylkiasentoon veden poistamiseksi, mutta tavoite mahdollisimman keskeytyksemätön painelu
- Ylävartalo kuivataan elektrodien tarttuvuuden varmistamiseksi



(14)

Ensihoito

- PEEP – taso säädetään 5cmH₂O – liian suuria lukemia tulee välttää - kohottaa intratrokaalista painetta ja heikentää sydämen minuuttivirtausta
- Harkitse natriumbikarbonaatin antoa boluksena, jos potilas ollut kauan veden alla - tehostaa adrenaliinin antoa, mutta lisää hiilidioksin tuotantoa, joka täytyy ottaa huomioon ventilaatiota säädellessä spontaanin verenkierron palautumisen jälkeen
- Nenä-mahaletkua käytetään tyhjentämään mahalaukun sisäinen paine – toimenpide ei saa häiritä elvytystä
- Mahalaukun täyttyminen vedellä saattaa ylläpitää vagaalista heijastetta – joka johtaa bradykardiaan ja asystoliaan



Ensihoito

- Jos potilas alilämpöinen ja eloton - käytä aikaa elottomuuden tunnistamiseen – syke ja hengitys saattaa olla hyvinkin hitaita
- Ydinlämmön ollessa alle 32 astetta, on sydämen käynnistyminen epätodennäköistä
- Potilaan kuljettaminen elvyttäen tulee tässä tapauksessa kyseeseen – potilaan sisäinen lämmittäminen sairaalassa
- Kammiovärinäessä elvytys aloitetaan normaalisti
- Lähtörytmin ollessa asystolia tai PEA, arvioidaan hoidon aktiivisuutta hukuksissa olevan ajan mukaan



(14)

Ylipainehappihoito

- Ainoa hoito oireiseen sukeltajantautiin on **ylipainehappihoito**
- Valtakunnallisesti hoito tapahtuu päivystyksellisesti Turun yliopistolisessa keskussairaalassa
- Kaikki hoidot tähtäävät kaasujen poistamiseen elimistöstä sekä kudoshapetuksen palauttamiseen
- Kuljetus ylipainehappihoitoon aloitetaan vasta vitaalielintoimintojen vakauttamisen jälkeen
- Kuljetus maayksiköllä tai helikopterilla matalalentokuljetuksena
- Tajunnantasoltaan madaltunut ja intuboitamaton potilas kuljetetaan kylkiasennossa



Lähteet

- Arola, Olli J. 2018. Suomalainen saa sukeltajantaudin kotona tai kaukomailla. Finnanest. Suomen Anestesiologiyhdistyksen lehti. 51 (3). 94-197
- Edmonds, Carl – Bennett, Michael – Lippmann, John – Mitchell, Simon J. 2016. Diving and subaquatic medicine.
- Holmström, Peter Ensiarvio ja yleistutkimus. Hengitysvaikeus. 2018. Teoksessa Kuisma, Holmström, Nurmi, Porthan, Taskinen Ensihoito.
- Jama, Timo. Hukkuminen. Sukellusonnettomuudet. Hypotermia 2018 Teoksessa Kuisma, Holmström, Porthan, Taskinen Ensihoito.
- Jones, Mark W. - Brett, Kaighley – Han, Nathaniel – Wyatt, Alan H. 2021. Hyperbaric Physics.
- Kuokkanen, Juha 2002. Sukeltajantaudin ja sukellusonnettomuuksien hoito. Suomen lääkärilehti. 57 (25-26)
- Sand, Olav & Sjaastad, Øystein V. – Haug, Egil – Bjälle, Jan G. – Toverud, Kari C. 2014. Ihminen. Fysiologia ja anatomia.
- Perttilä, Juha 2002. Tehohoitopotilaan ylipainehappihoidon toteutus. Suomen lääkärilehti. 57 (24). 2649-2751.
- Sovijärvi, Anssi – Salorinne Yrjö 2012. Hengityselimistön fysiologiaa ja patofysiologiaa. Teoksessa Sovijärvi, Anssi – Ahonen, Aapo – Hartiala, Jaakko – Länsimies, Esko – Savolainen, Sauli – Turjanmaa, Väinö – Vanninen, Esko. Kliinisen fysiologian perusteet.
- Suomen uimaopetus – ja hengenpelastusliitto ry. Hukkuneiden ennakkotilasto 2020.
- Sipinen, Seppo 2010. Sukeltajantauti. Duodecim. 126 (4). 435-442.
- Suvilehto, Jari – Arola, Olli – Valtonen, Mika. 2019. Lääkärin tietokannat. Ylipainehappihoito.
- Suvilehto, Jari – Räisänen- Sokolowski, Anne 2018. Sukelluslääketiede. Duodecim. Lääkärin käsikirja.
- Walker, J R. - Murphy-Lavoie, Heather M. 2021. Diving in Water Recompression.
- Wilcock, Ian M. - Cronin, John B. - Hing, Wayne A. 2006. Physiological Response to Water Immersion.
- Wohl, Drew 2011. Diving Emergencies. EMS World. 40 (8). 61-64

