



Kapnografin hyödyntäminen fy- sioterapiassa

Opetusmateriaalin tuottaminen Tampereen ammattikorkeakoululle

Anni Salminen, Saara Viinikainen &
Susanna Ylitalo

OPINNÄYTETYÖ
Syyskuu 2020

Fysioterapeutin tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Fysioterapeutin tutkinto-ohjelma

SALMINEN, ANNI, VIINIKAINEN, SAARA & YLITALO, SUSANNA:
Kapnografin hyödyntäminen fysioterapiassa
Opetusmateriaalin tuottaminen Tampereen ammattikorkeakoululle

Opinnäytetyö 52 sivua
Syyskuu 2020

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa opetusmateriaali kapnografin hyödyntämisestä Tampereen ammattikorkeakoulun fysioterapiakoulutuksen käyttöön. Opinnäytetyö toteutettiin toiminnallisena opinnäytetyönä, jonka tavoitteena oli koota tietoa kapnografi- ja pulssioksimetriseurantalaitteen käyttömahdollisuuksista osana fysioterapiaa. Yhteistyökumppanina toimi Tampereen ammattikorkeakoulu, jolta toimeksianto saatiin. Opetusmateriaali toteutettiin PowerPointesityksenä, joka on tarkoitettu vain yhteistyökumppanin käyttöön eikä sitä julkaista opinnäytetyöraportin yhteydessä.

Kapnografi on laite, joka mittaa uloshengityksen hiilidioksidipitoisuutta hengitysykliä aikana ja piirtää reaaliajassa käyrää monitorille. Lisäksi laitteen avulla voidaan seurata hengitysykliä pituutta ja siihen liitetyn pulssioksimetrin avulla voidaan tarkastella veren happisaturaatiota ja sydämen sykettä. Kapnografia voidaan hyödyntää toiminnallisten hengityshäiriöiden fysioterapiassa, psykoedukation tukena sekä tuomaan tietoa hengityksen ja hermoston tasapainotilasta.

Opetusmateriaalin aihe rajattiin laitteen käytön kannalta tärkeisiin aiheisiin, joita olivat hengityksen fysiologia, epätasapainoinen hengitys sekä kapnografin toimintaperiaate ja sen hyödyntäminen fysioterapiassa. Opinnäytetyötä varten haastateltiin kolmea fysioterapeuttia koskien kapnografin hyödyntämistä sekä kahta TAMK:n fysioterapian lehtoria koskien hyvää opetusmateriaalia.

Johtopäätöksenä voidaan todeta kapnografilla olevan monipuoliset käyttömahdollisuudet fysioterapiassa erilaisten asiakasryhmien keskuudessa. Opetusmateriaaliin on kiteytetty, miten kapnografia voidaan hyödyntää fysioterapian tukena ja se tuo uusia näkökulmia fysioterapeuttiopiskelijoille hengityksen parissa työskentelemiseen. Jatkossa kapnografia voisi hyödyntää erilaisissa tapaustutkimuksissa esimerkiksi kipupotilailla, sekä olisi mielenkiintoista kuulla asiakkaiden kokemuksia laitteen käytöstä ja hyödyistä fysioterapiassa kattavammin.

Asiasanat: kapnografi, hengitys, epätasapainoinen hengitys, opetusmateriaali

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Physiotherapy

SALMINEN, ANNI, VIINIKAINEN, SAARA & YLITALO, SUSANNA:
Utilisation of Capnography in Physiotherapy
Producing Teaching Material for Tampere University of Applied Sciences

Bachelor's thesis 52 pages
September 2020

Capnography is a device that measures exhaled carbon dioxide during each respiratory cycle. Capnography can be used in physiotherapy to provide information about a patient's breathing and it can be used with different patient groups. This study aimed to gather information about the utilisation of capnography in physiotherapy. The purpose of this study was to produce teaching material for physiotherapy students in Tampere University of Applied Sciences.

The study was carried out as a practice-based study in cooperation with Tampere University of Applied Sciences. Theoretical information about the physiology of the respiration system, dysfunctional breathing, the capnography device and the utilization of capnography in physiotherapy was gathered for the study. Three physiotherapists were interviewed about their experiences with the device as part of physiotherapy.

The teaching material was a PowerPoint presentation. It contained essential facts that support the use of capnography in physiotherapy. The presentation was made according to the assignment and the outcome was clear, compact reader-friendly material. Pictures and charts were used to illustrate various points and to explain difficult topics. The produced educational material is confidential and will thus not be published alongside with the study report. It will only be available for educational purposes in the Degree Programme of Physiotherapy at Tampere University of Applied Sciences.

Key words: capnography, respiration, dysfunctional breathing, teaching material

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	OPINNÄYTETYÖN TAVOITE JA TARKOITUS	7
3	OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS	8
	3.1 Toiminnallinen opinnäytetyö.....	8
	3.2 Tutkimusmenetelmät.....	9
	3.3 Eettisyys.....	9
4	HENGITYS	11
	4.1 Hengityselimistö.....	11
	4.2 Hengityslihakset.....	14
	4.3 Keuhkotuuletus	15
	4.4 Hengityksen säätely.....	18
5	EPÄTASAPAINOINEN HENGITYS	23
6	KAPNOGRAFI JA PULSSIOKSIMETRI.....	30
	6.1 Kapnografi.....	30
	6.2 Pulssioksimetri	33
	6.3 Tampereen ammattikorkeakoulun käytössä oleva laite.....	35
7	KAPNOGRAFI- JA PULSSIOKSIMETRISEURANNAN HYÖDYNTÄMINEN FYSIOTERAPIAN TUKENA	37
8	OPETUSMATERIAALI.....	42
	8.1 Oppiminen.....	42
	8.2 Hyvä opetusmateriaali.....	43
	8.3 Opetusmateriaalin suunnittelu ja toteutus	44
9	POHDINTA	47
	LÄHTEET.....	50

1 JOHDANTO

Hengittäminen on elämän perusta. Ensimmäisen sisäänhengityksen ja viimeisen uloshengityksen väliin mahtuvat kaikki elämämme hengitykset. Fysiologisesti hengitys tarkoittaa kaikkia solujen ja ilman välillä tapahtuvien kaasujen vaihdon vaiheita. Hengityksellä on yhteys mieleen ja vuorovaikutukseen. Jokainen ihminen hengittää omalla yksilöllisellä tavallaan. Hengityksen rytmi, syvyys sekä apuhengityslihasten käyttö antavat sanatonta tietoa ihmisen persoonallisuudesta, tunnetilasta sekä ilmaisutavoista. Hengitys on automaattista ja tiedostamatonta, mutta siihen voidaan tietyssä määrin vaikuttaa tahdonalaisesti esimerkiksi pidättämällä tai syventämällä hengitystä. (Martin, Seppä, Lehtinen & Törö 2014, 13, 35–37; Rautaparta 2019, 9.)

Hengitystapa voi muuttua kehon toimintoihin nähden epäoptimaaliseksi, jota voidaan kutsua epätasapainoiseksi hengitykseksi. Hengitys voi joutua epätasapainotilaan muun muassa kroonisen hyperventilaation ja erilaisten sairauksien vuoksi. Epätasapainoinen hengitys ei usein näy päälle päin, jolloin siitä johtuvia oireita voi olla haastavaa liittää hengitykseen. Fysioterapeutin asiakkaalla voi ilmetä oireita, joiden taustalla ei ole oireita selittävää somaattista sairautta. Kapnografi on laite, joka mittaa uloshengityksen hiilidioksidipitoisuutta hengityssykleiden aikana ja piirtää reaaliajassa käyrää monitorille. Laitteeseen voidaan liittää pulssioksimetri, jonka avulla voidaan tarkastella veren happisaturaatiota sekä sydämen sykettä. Kapnografi- ja pulssioksimetriseuranta mahdollistavat hengityksen seuraamisen reaaliajassa, sekä sen antama data kertoo paljon asiakkaan hengitystavasta (Kaakinen 2014, 64,68). Monelle hengitys on hyvin abstrakti asia ja kapnografia voidaan käyttää psykoedukaation tukena selittämään hengitystä ja asiakkaan kokemia oireita.

Opinnäytetyöprosessi sai alkunsa siitä, että eräs opettajamme kertoi kapnografi-laitteesta ja sen käytöstä. Tämä opettaja myös ilmaisi halunsa käyttää laitetta opetuksessa. Tästä syntyi idea opinnäytetyöhön sekä yhteistyö Tampereen ammattikorkeakoulun kanssa. Kiinnostuimme laitteesta ja sen mahdollisuuksista. Samoihin aikoihin Psyfy-lehdessä julkaistiin Netta Viitalan kirjoittama artikkeli kapnografin hyödyntämisestä psykofyysisessä fysioterapiassa, mikä ohjasi

meitä edelleen aiheen pariin. Olemme kiinnostuneita ihmisen kokonaisvaltaisuu-
desta sekä hengityksen vaikutuksista ja sen merkityksestä mieleen ja kehoon.

Opinnäytetyön tavoitteena on koota tietoa laitteen hyödyntämisestä sekä sen
tuomista mahdollisuuksista fysioterapeuttiopiskelijoille, fysioterapeuteille sekä ai-
heesta kiinnostuneille. Opinnäytetyö on toteutettu toiminnallisena opinnäyte-
työnä ja toimeksianto on saatu Tampereen ammattikorkeakoululta. Opinnäyte-
työn tarkoituksena on tuottaa opetusmateriaali kapnografin hyödyntämisestä fy-
sioterapiassa. Opetusmateriaali on suunnattu TAMK:n fysioterapiakoulutuk-
sen käyttöön. Työn aihe rajattiin laitteen käytön ymmärtämisen kannalta tärkei-
siin aiheisiin ja koskemaan yhteistyökumppanin käytössä olevaa laitetta. Kapno-
grafin käytöstä osana fysioterapiaa löysimme vain vähän teoretietoa. Aiheen sy-
ventämiseksi opinnäytetyötä varten on haastateltu kolmea fysioterapeuttia, jotka
käyttävät laitetta osana työtään. Haastattelut toteutuivat sähköpostin välityk-
sellä.

2 OPINNÄYTETYÖN TAVOITE JA TARKOITUS

Opinnäytetyön tavoitteena on koota tietoa kapnografi- ja pulssioksimetriseuran-
talaitteen käyttömahdollisuuksista osana fysioterapiaa. Tavoitteena on myös li-
sätä fysioterapeuttien ja fysioterapeuttiopiskelijoiden tietoisuutta kapnografi- ja
pulssimetriseurannan hyödyistä sekä käyttöaiheista. Opinnäytetyön tarkoituk-
sena on tuottaa opetusmateriaali Tampereen ammattikorkeakoululle kapnografi-
ja pulssioksimetriseurannasta ja niiden käyttömahdollisuuksista fysioterapiassa.

3 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS

3.1 Toiminnallinen opinnäytetyö

Tämä opinnäytetyö on toteutettu toiminnallisena opinnäytetyönä, jonka tueksi on tehty kirjallinen selvitys aiheeseen liittyvistä asioista ja ilmiöistä. Toiminnallisessa opinnäytetyössä ei ole välttämätöntä analysoida kerättyä aineistoa yhtä tarkasti kuin tutkimuksellisissa opinnäytetöissä. Selvityksen ei tule olla liian laaja, ettei työmäärä kasva liialliseksi. (Vilkkä & Airaksinen 2004, 56–57.) Opinnäytetyö on toiminnallinen opinnäytetyö, sillä sen tarkoituksena on tuottaa Tampereen ammattikorkeakoululta saadun toimeksiannon mukainen opetusmateriaali. Laadukkaan kokonaiskuvan saavuttamiseksi opinnäytetyöhön on kerätty teoretietoja kirjallisista- ja elektronisista lähteistä, sekä haastateltu eri asiantuntijoita.

Toiminnallisen opinnäytetyön erityispiirteenä on sen tavoite ohjeistaa, opastaa, järjestää tai järjesteittää jotakin toimintaa ammatillisessa kentässä. Konkreettisesti se voi olla jokin ohjeistus, ohje, opastus tai tapahtuman järjestäminen. Toteutus- tapavaihtoehtoja on monia, joita ovat esim. opas, portfolio, kotisivut, näyttely tai tapahtuma. Toiminnallinen opinnäytetyö ja sen toteutustapa vaihtelevat koulutusalalla sekä kohderyhmän mukaan. Käytännön toteutuksen ja teoreettisen raportoinnin yhdistäminen on keskeistä toiminnallisessa opinnäytetyössä. (Vilkkä & Airaksinen 2004, 9–10.)

Kirjallinen selvitys on tehty tuomaan informaatiota hengityksen fysiologiasta, epätasapainoisesta hengityksestä ja niihin vaikuttavista tekijöistä, kapnografin ja pulssioksimetrin toimintaperiaatteista sekä hyvän opetusmateriaalin tuottamisesta. Selvityksen tekemiseen on käytetty mahdollisimman tuoreita lähteitä. Osa kerätystä tiedosta ovat yleispäteviä, eivätkä ne ole muuttuneet vuosien saatossa, joten mukana on myös lähteitä 2000-luvun alusta.

3.2 Tutkimusmenetelmät

Osana toiminnallista opinnäytetyötä voidaan käyttää tiedonkeruuseen asiantuntijoiden haastatteluja, joita hyödynnetään lähdemateriaalina päättelyn tukena sekä tuomaan teoreettista syvyyttä (Vilkkä & Airaksinen 2004, 58). Tätä opinnäytetyötä varten on haastateltu kahta Tampereen ammattikorkeakoulun fysioterapian lehtoria sekä kolmea työssään kapnografia hyödyntävää fysioterapeuttia. Halusimme antaa haastateltaville mahdollisuuden tuoda heille tärkeät asiat omalla tyyllillään esille, siksi valitsimme niin kutsuttuja avoimia kysymyksiä, joissa ei ole vastausvaihtoehtoja. Asiantuntijoiden haastattelut on tehty valitsevan COVID 19-tilanteen takia sähköpostitse. Fysioterapeuttien haastattelut on tehty elo–syyskuussa 2020 ja lehtorien haastattelut on tehty touku–kuussa 2020. Haastateltavina olleet fysioterapeutit halusivat, että heidän vastauksensa esitetään opinnäytetyössä anonymisti. Fysioterapian lehtorit puolestaan antoivat luvan nimiensä julkaisuun.

3.3 Eettisyys

Eettisyys on aina keskeisessä asemassa, kun tuotetaan kolmannen osapuolen toimeksiantoa. Opetusmateriaalia tehdessä ollaan vastuussa opetettavan asian siirtymisestä materiaalin käyttäjälle. Valmiiseen opetusmateriaaliin päätyvien tietojen tulee olla oikeita ja niiden alkuperä tulee olla selvillä. Opinnäytetyössä käytettyjä lähteitä on tarkasteltu kriittisesti ja niistä on pyritty valitsemaan mahdollisimman uusia julkaisuja. (Tuomi 2007, 143–152.)

Opinnäytetyöstä on tehty kirjallinen sopimus Tampereen ammattikorkeakoulun kanssa. Sopimuksen mukaan opinnäytetyöhön liittyvää opetusmateriaalia ei julkaista opinnäytetyön yhteydessä. Opinnäytetyön aihe muodostui yhteistyökumppanin toiveesta. Kapnografian käytöstä ja hengityksestä löytyy paljon teorian tietoa, mutta tietoa sen käytöstä osana fysioterapiaa oli haastavaa löytää. Opinnäytetyön sisältö on suunnattu fysioterapeuttiopiskelijoille, fysioterapeuteille ja muille aiheesta kiinnostuneille.

Opinnäytetyön toteutuksessa on käytetty sähköpostin välityksellä tehtyjä haastatteluita. Haastatteluja on tehty fysioterapeuteille, jotka käyttävät kapnografia työssään, sekä Tampereen ammattikorkeakoulun fysioterapian lehtoreille. Kapnografian käyttöön liittyvään haastatteluun vastaajat ilmaisivat suostumuksensa kysymyksiin vastaamiseen fysioterapeuteille suunnatun Facebook-ryhmän julkaisussa, jonka jälkeen haastattelu on tehty sähköpostitse. Haastattelun jälkeen haastateltavat ovat antaneet kirjallisen suostumuksen vastauksien hyödyntämisestä opinnäytetyössä. Fysioterapian lehtorit ovat antaneet suullisen suostumuksen haastatteluun, jonka jälkeen haastattelu on toteutettu sähköpostitse. Kaikki haastatteluun vastanneet saavat lukea valmiin opinnäytetyön ennen sen julkaisua.

4 HENGITYS

Hengitys tarkoittaa kaikkia solujen ja ilman välillä tapahtuvien kaasujen vaihdon vaihteita. Näihin vaiheisiin kuuluvat ventilaatio eli keuhkotuuletus, kaasujenvaihto ja soluhengitys. Ennen soluhengitystä tapahtuvat vaiheet voidaan jakaa neljään osaan: ventilaatioon, kaasujenvaihtoon keuhkorakkuloiden, ilman ja veren välillä, kaasujen kuljetukseen, sekä kaasujenvaihtoon veren ja kudosten välillä. (Martin ym. 2014, 40; Sand, Sjaastad, Haug, Bjålie & Toverud. 2014, 362–373.) Levossa aikuinen hengittää minuutissa noin 12–15 kertaa. Pienillä lapsilla hengitystaajuus on paljon suurempi eli noin 30–40 kertaa minuutissa. Aikuisten keskimääräinen hengityksen minuuttitilavuus on levossa 6–7 litraa. (Karhumäki 2014, 86, 88.)

Respiraation eli hengityksen tarkoituksena on tuoda happea elimistöön sekä poistaa lihastoiminnan ja aineenvaihdunnan seurauksena syntynyttä hiilidioksidia. Lisäksi hengitys säätelee elimistön solujen hiilidioksidipitoisuuksia sekä happo-emästasapainoa. Hengityksellä on myös muita erilaisia tehtäviä elimistössämme. Hengityksen rytmin avulla voidaan säädellä sydämen sykettä mekaanisesti. Hengitystapa kertoo sanattomasti ihmisen tunnetilasta sekä persoonallisuudesta. Lisäksi ventilaatiolla on tärkeä rooli tunteiden tunnistamisessa ja säätelyssä. Hengitys antaa myös tukea äänelle ja puheelle sekä ylläpitää joustavuutta selkärangassa ja sitä ympäröivissä rakenteissa. Jokainen ihminen hengittää yksilöllisellä tavalla, jossa hengityksen syvyys, rytmi ja hengityslihasten käyttötapa vaihtelevat. (Martin ym. 2014, 36–37.)

4.1 Hengityselimistö

Hengityselimistö jaetaan kolmeen osaan; **ylä- ja alahengitysteihin** sekä **keuhkokudokseen**. Ylähengitysteihin kuuluvat nenä- ja suuontelo, nielu sekä nenän sivuontelot, joiden tehtävänä on puhdistaa, lämmittää ja kostuttaa hengitettävää ilmaa sekä kuljettaa hengityskaasuja. (Vierimaa & Laurila 2017, 96.) Alahengitysteitä ovat kurkunpää, henkitorvi, keuhkoputket sekä ilmatiehyet, joiden vä-

lillä hengityskaasut kulkevat. Keuhkokudos huolehtii hengitysilman ja verenkierron välisestä kaasujen vaihdosta. Omalta osaltaan hengityselimistö on mukana myös elimistön happo-emästasapainon säätelyssä, kaasumaisten kuona-aineiden poistossa sekä äänenmuodostuksessa. (Kauranen 2017, 461; Sand ym. 2014, 358.)

Nenäontelo suojaa keuhkoja liialta kuivumiselta, jäähtymiseltä sekä infektioilta kosteuttamalla, puhdistamalla ja lämmittämällä hengitettävää ilmaa. Epiteelisolut limakalvoilla tuottavat limaa, johon ilmassa olevat epäpuhtaudet tarttuvat hengitettäessä. (Vierimaa & Laurila 2017, 97.) Lima kulkeutuu nieluun värekarvojen avulla ja sieltä edelleen nieltynä ruuansulatuskanavaan. Lima ja sen sisältämät epäpuhtaudet ja mikrobit kulkeutuvat edelleen mahalaukkuun, jossa ne pilkkoutuvat suolahapon vaikutuksesta (Sand ym. 2014, 357; Vierimaa & Laurila 2017, 97.)

Ilmavirtauksen ollessa riittämätön nenäontelon kautta, sisäänhengitystä tapahtuu myös **suuontelon** kautta. Suuontelon kautta hengitettäessä ilma ei lämpene ja puhdistu yhtä tehokkaasti kuin nenäontelon kautta hengitettäessä, koska suuontelossa ei ole niin runsasta hiusverisuonitusta eikä värekarvoja. (Vierimaa & Laurila 2017, 97.) Suun kautta hengitettäessä ilman kulkunopeus on suurempi ja tästäkin syystä kosketus limakalvoihin on vähäisempää. Suuontelon kautta hengitettäessä riski mm. astmaoireisiin ja hengitystieinfektioihin kasvaa. (Sand ym. 2014, 358.)

Nenä- ja suuontelon yhdistää **nielu**, jonka kautta ilma virtaa alempiin hengitysteihin (Vierimaa & Laurila 2017, 97). Sisäänhengitysilmat suu- ja nenäonteloista yhdistyvät nielussa. Nielussa on aukot ruokatorveen ja kurkunpäähän. Niiden epiteeli on vahvaa, sillä ne joutuvat rasituksen alaiseksi ruuan kulkiessa niiden läpi. (Sand ym. 2014, 358.)

Kurkunpää, henkitorvi sekä keuhkoputket kuuluvat alempiin hengitysteihin. **Kurkunpää** on kuuden senttimetrin pituinen putki, joka yhdistää nielun henkitorveen. Myös äänihuulet sijaitsevat kurkunpäässä. (Sand ym. 2014, 358.) Rustoisen kurkunpään yläosassa on kurkunkansi, joka nieltäessä sulkeutuu estäen esimerkiksi ruuan kulkeutumisen hengitysteihin. Kurkunpään jatkeena on noin 10–15

cm pitkä **henkitorvi**, jonka vankat rustorakenteet mahdollistavat sen avoimena pysymisen. (Vierimaa & Laurila 2017, 99–100.) Henkitorven läpimitta on aikuisella noin 2,5 cm ja se muodostuu 16–20 lasirustokaaresta, jotka yhdistyvät toisiinsa kimmoisilla sidekudossäikeillä. (Sand ym. 2014, 358.)

Henkitorvi jakautuu alaosaan **kahdeksi pääkeuhkoputkeksi** ja siitä eteenpäin yhä pienemmiksi haaroiksi. Kumpaankin keuhkoon menee noin kymmenen keskikokoista keuhkoputkea, jotka jakautuvat edelleen yhä pienemmiksi keuhkoputkiksi. Kaikista pienimmät haarat menevät aina keuhkorakkuloihin eli alveoleihin asti. (Vierimaa & Laurila 2017, 100–101.) Niin kauan, kun näiden putkien seinämissä on rustoa, kutsutaan niitä keuhkoputkiksi. Haaroja, joissa ei enää ole rustorakenteita, sanotaan ilmatiehyiksi. Infektioilta suojaava hengitystie-epiteeli peittää henkitorven, keuhkoputkien ja suurimpien ilmatiehyiden sisäpintaa. (Sand ym. 2014, 358–359.)

Keuhkot sijaitsevat rintaontelossa ja ne ovat parilliset (Vierimaa & Laurila 2017, 100). Rintaontelon yläosa ulottuu kaulan alueen lihaksiin ja alaosa rajoittuu palleaan, joka erottaa rinta- ja vatsaontelon toisistaan (Sand ym. 2014, 361). Keuhkojen yläosat ulottuvat solisluiden tasolle ja alaosat pallean tasolle. Keuhkot jakautuvat lohkoihin ja jaokkeisiin, joiden välissä on sidekudoksesta koostuvia väliseiniä. (Vierimaa & Laurila 2017, 100–101.) Oikea keuhko on kooltaan hieman suurempi ja siinä on kolme lohkoa, vasemmassa keuhkossa on vain kaksi lohkoa. Lohkomainen rakenne edesauttaa keuhkojen liikettä hengitettäessä ja parantaa niiden kykyä täyttyä ilmalla. (Sand ym. 2014, 362.) Kummassakin keuhkossa on lohkojen lisäksi kymmenen jaoketta, joilla on omat keskikokoiset keuhkoputket (Vierimaa & Laurila 2017, 100–101).

Alveolit eli keuhkorakkulat ovat pallomaisia ja niillä on ohuet seinämät, joita peittää runsas hiusverisuonitus (Sand ym. 201, 359). Molemmat keuhkojen puoliskot koostuvat noin 150 miljoonasta alveolista eli yhteensä alveoleja on noin 300 miljoonaa (Vierimaa & Laurila 2017, 100). Alveolien yhteen laskettu pinta-ala on jopa 80 neliometriä eli noin tenniskentän koko. Kaasujen vaihto tapahtuu alveolien ohuen seinämän läpi. (Sand ym. 2014, 359–360.) Keuhkojen kasaan pai-

numista uloshengityksen loppuvaiheessa estää alveolien seinämissä olevat erikoistuneet solut, jotka tuottavat surfaktanttia eli pintajännitysainetta (Vierimaa & Laurila 2017, 100–101).

Keuhkoja ympäröi kaksikerroksinen ja –lehtinen sidekudoksesta muodostunut **keuhkopussi**. Parietaalinen eli ulompi keuhkopussin lehti on kiinnittynyt rintaontelon seinämään sekä palleaan. Viskeraalinen eli sisempi lehti taas on kiinnittynyt keuhkokudoksen pintaan. Ulomman ja sisemmän lehden välistä tilaa kutsutaan keuhkopussionteloksi eli **pleuraonteloksi**. Pleuraontelossa on lievä alipaine ja siellä oleva vähäinen neste vähentää kitkaa. Alipaine saa lehdet painumaan vasten toisiaan ja tästä johtuen sisäänhengityksen aikana, jolloin rintakehä laajenee, sisempi lehti tulee ulomman lehden perässä. Keuhkot laajentuvat rintaontelon mukana. Sama tapahtuu päinvastoin uloshengityksen aikana ja keuhkojen tilavuus pienenee. (Sand ym. 2014, 361–362; Vierimaa & Laurila 2017, 101.)

4.2 Hengityslihakset

Tasapainoisen hengityksen keskeisin lihas on **pallea**. Se on rintakehän ja vatsaontelon välillä sijaitseva kupolimainen side- ja lihaskudoksesta muodostunut levymainen rakenne. Pallean kiinnityskohtia ovat rintakehän sisäpinta, kylkiluut, kylkirustot, miekkalisäke sekä selkänikamat. (Hervonen 2004, 97; Martin, Seppä, Lehtinen & Törö 2014, 40.) Pallea jaetaan kolmeen osaan sen lähtö- ja kiinnityskohtien mukaan. Palleassa on aukkoja, jonka läpi kulkee mm. aortta sekä ruokatorvi. (Hervonen 2004, 97–98; Kokatnur & Rudrappa 2017.)

Lisäksi hengitykseen osallistuvat **kylkivälilihakset**, jotka nimensä mukaan täyttävät kylkiluiden väliset raot. Ne jaetaan ulompiin ja sisempiin kylkivälilihaksiin. Ulommat kylkivälilihakset osallistuvat sisään hengitykseen nostamalla kylkiluita ja näin suurentamalla rintakehän tilavuutta. Sisemmät kylkivälilihakset vastavuoroisesti osallistuvat aktiiviseen uloshengitykseen vetämällä kylkiluita alaspäin pienentäen rintakehän tilavuutta. (Hervonen 2004, 94–95; Kauranen 2017, 463.)

Apuhengityslihaksiksi kutsutaan lihaksia, jotka avustavat hengitystä mm. rasituksen aikana auttaen elimistöä saamaan tehostetusti happea. Tilanteissa,

joissa varsinaiset hengityslihakset ovat heikentyneet, apuhengityslihakset voivat osittain korvata varsinaisten hengityslihasten toiminnan. Varsinaiset hengityslihakset voivat heikentyä esimerkiksi sairauden, selkäydinvamman, leikkauksen jälkitilan, epäedullisten liikkeiden tai asentojen tai psyykkisten haasteiden vuoksi. (Martin ym. 2014, 42.) Hengitystä avustavien lihasten pääfunktiot eivät ole hengittämiseen liittyviä, vaan niiden toiminta liittyy liikkumiseen sekä asennon ylläpitoon. Apuhengityslihasten tehtävä on entisestään laajentaa rintaonteloa sekä ylläpitää selkärangan ja kylkiluiden vakautta. Hengitystä avustavia lihasryhmiä ovat osa hartiarenkkaan sekä kaulan lihasryhmistä, muut kylkiluihin kiinnittyvät lihakset sekä selkä-, rinta- ja vatsalihakset. Myös lantionpohjan lihakset osallistuvat hengitystapahtumaan omalta osaltaan toimimalla eräänlaisena vastavaikuttajana pallealle. (Martin ym. 2014, 43–44.)

Kaikki hengitystapahtumaan liittyvät lihakset toimivat synergiassa. Jos jokin horjuttaa tätä synergiaa (esim. sairaus, epäergonomiset asennot, lihasheikkoudet tai psyykkiset häiriöt) lopputuloksena on usein kiputiloja juuri hengitystä avustavien lihasryhmien alueilla esim. niska- ja hartiaseudulla tai alaselässä. Synergian rikkoutuessa myös hengitettävä ilma kulkeutuu huonommin keuhkojen alaosiin. (Martin ym. 2014, 44.)

4.3 Keuhkotuuletus

Keuhkotuuletus eli ventilaatio tarkoittaa vaihetta, jossa ilma kuljetetaan keuhkoihin ja niistä pois (Sand ym. 2014, 356). Kaasujenvaihdoksi kutsutaan hapen kuljettamista kaikkialle kehoon, sekä lihastoiminnan ja aineenvaihdunnan seurauksena syntyneen hiilidioksidin poistamista (Martin ym. 2014, 36). Hengitystiet eivät osallistu keuhkorakkulatuuletukseen eikä kaikki sisään hengitetty ilma päädy alveoleihin asti, vaan sitä jää tähän niin sanottuun kuolleeseen tilaan eli hengitysteihin. Kuollut tila on tilavuudeltaan noin 150 ml terveellä aikuisella. (Nienstedt ym. 2016, 277.)

Ilma kulkeutuu aina isommasta osapaineesta kohti pienempää osapainetta. Keuhkorakkuloiden paine eli alveolipaine säätelee ilman virtaamista keuh-

koihin ja niistä ulos. Painevaihtelut perustuvat keuhkojen supistumiseen ja laajenemiseen, minkä seurauksena alveolipaine on vuoroin pienempi ja suurempi kuin ilmanpaine. Keuhkotuuletukseen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. virtausvastus hengitysteissä, rintakehän ja keuhkojen kimmoisuus, sekä alveolien pintajännite. (Sand ym. 2014, 362, 365.) Keuhkotuuletusta säätelee aivorungossa sijaitsevat hengityskeskus, jonka tehtävänä on mm. lähettää supistumiskäskyjä hengityslihaksille (Karhumäki ym. 2014, 86).

Levossa pallean supistuminen aloittaa **sisäänhengityksen**. Supistuessa pallea vetäytyy alaspäin, jolloin syntyy imuvaikutus ja ilma virtaa keuhkoihin. Apuhengityslihakset avustavat sekä tarvittaessa tehostavat sisäänhengitystä. (Martin ym. 2014, 40–41.) Pallean ja muiden sisäänhengityslihasten supistuessa rintaontelo laajenee. Pleuraontelo puolestaan ei kykene laajentumaan merkittävästi ja rintakehän laajentuessa sen paine pienenee. Syntyneen alipaineen seurauksena sisäänhengityksen aikana keuhkot laajenevat rintaontelon mukana. Keuhkojen laajentuessa alveolien paine muuttuu ulkoilman painetta pienemmäksi, minkä seurauksena ilma kulkeutuu hengitysteistä alveoleihin ja syntynyt paine-ero tasaantuu. (Sand ym. 2014, 362–363.)

Sisäänhengityksessä happi siirtyy alveolien ja kapillaarien välillä, jolloin happi kulkeutuu vereen liunneena ja **hemoglobiiniin** sitoutuneena. Hengitetystä hapesta 98,5 % sitoutuu hemoglobiiniin ja loput happimolekyylit kulkeutuvat veren mukana. Yhteen hemoglobiinimolekyyliin voi sitoutua neljä happimolekyyliä. Veren hemoglobiinipitoisuus ja hemoglobiinin happikyllästeisyys sekä sydämen minuuttitilavuus määrittävät sen, paljonko happea kuljetetaan kudoksille. Kapillaareista happi kulkeutuu diffuusion avulla solujen käytettäväksi. (Sand ym. 2014, 369–371.)

Hengityskaasut eli happi ja hiilidioksidi kulkevat kudosten välillä passiivisesti ilman muualta tulevaa energiaa. Kaasujen siirtyminen tapahtuu aina suuremman osapaineen alueelta pienemmän osapaineen alueelle. Tätä tapahtumaa kutsutaan **diffuusioksi**. Alveolien hapen osapaine on sisäänhengityksen lopussa suuri, kun taas alveoleja ympäröivissä hiusverisuonissa hapen osapaine on pieni, joten happi siirtyy diffuusion avulla alveolien ohuen seinämän läpi hiusverisuoniin. Hapekas veri puolestaan siirtyy kudoksiin diffuusion avulla, koska kudosten

hapen osapaine on veren osapainetta pienempi. Solujen käytettyä hapen energi-
antuotantoonsa, sivutuotteena syntynyt hiilidioksidi kulkee diffuusion avulla ensin
kudoksista verenkiertoon ja alveoleista keuhkojen kautta uloshengitysilmaan.
(Vierimaa & Laurila 2017, 103–104.)

Lepotilassa **uloshengitys** ei vaadi aktiivista lihastyötä. Uloshengitys tapahtuu,
kun sisäänhengitykseen käytettävät lihakset rentoutuvat ja rintakehän sekä keuh-
kokudosten kimmoiset rakenteet vetävät rintakehää ja keuhkoja sisäänpäin.
(Martin ym. 2014, 4; Sand ym. 2014, 363–364.) Keuhkojen ja rintaontelon tilan
pientymisen seurauksena keuhkorakkuloiden paine kasvaa ulkoilman painetta
korkeammaksi, jonka seurauksena ilma virtaa ulos keuhkoista (Martin ym. 2014,
41). Vatsaontelon paine työntää rentoutunutta palleaa ylöspäin ja keuhkojen tila-
vuus pienenee niiden vetäytyessä kasaan. Keuhkorakkuloiden kohonnut paine
ylittää ilmanpaineen, jonka seurauksena ilma virtaa hengitysteiden kautta
ulos. Ilma virtaa keuhkorakkuloista ulos niin kauan, kunnes paine-ero on tasoit-
tunut. (Martin ym. 2014, 41; Sand ym. 2014, 363–364.) Lepotilassa uloshengitys
on tavallisesti kestoiltaan pidempi kuin sisäänhengitys. Uloshengityksen jälkeen
hengityksessä on pieni tauko, joka edesauttaa hiilidioksidipitoista ilmaa poistu-
maan keuhkoista. Hengityksessä esiintyvien taukojen aikana hengitysilhakset
pääsevät rentoutumaan ja hengityskaasut tasaantuvat. (Martin ym. 2014, 41–
42.)

Fyysisessä rasituksessa uloshengitys muuttuu aktiiviseksi. Hengityksen tihenty-
misen ja syvenemisen vuoksi sisemmät kylkivälilihakset sekä vatsaontelon sei-
nämien lihakset aktivoituvat. Sisempien kylkivälilihasten tehtävänä on supistues-
saan vetää kylkiluita alaspäin. Vatsaontelon seinämien aktivoituminen puoles-
taan lisää vatsaontelossa syntyvää painetta ja nopeuttaa näin pallean työnty-
mistä kohti rintaonteloa. Aktiivisen uloshengityksen tarkoituksena on tehostaa
uloshengitystä nopeuttamalla rintaontelon tilan pienenemistä. Uloshengityksen
nopeutuessa voidaan lisätä hengitystiheyttä. (Sand ym. 2014, 362–363.)

4.4 Hengityksen säätely

Hengityksen tehtävänä on taata aerobiseen aineenvaihduntaan riittävä happipitoisuus sekä säädellä veren hiilidioksidipitoisuutta ja happo-emästasapainoa solujen toiminnan kannalta sopivaksi (Sovijärvi, Salorinne & Malmberg 2018). Normaalisti ihmisen hengitys on automaattista ja tiedostamatonta. Hengityksen säätely tapahtuu elimistön tarpeiden mukaisesti ydinjatkeessa sijaitsevassa hengityskeskuksesta hermoimpulssien ja kemoreseptoreiden kautta saadun informaation perusteella. (Sovijärvi 2017, 20, 27.) Ihminen kykenee tiettyyn rajaan asti vaikuttamaan omaan hengitykseensä, esimerkiksi säätelemällä hengityksen syvyyttä ja rytmia tai pidättämällä hengitystä (Martin ym. 2014, 52, 55).

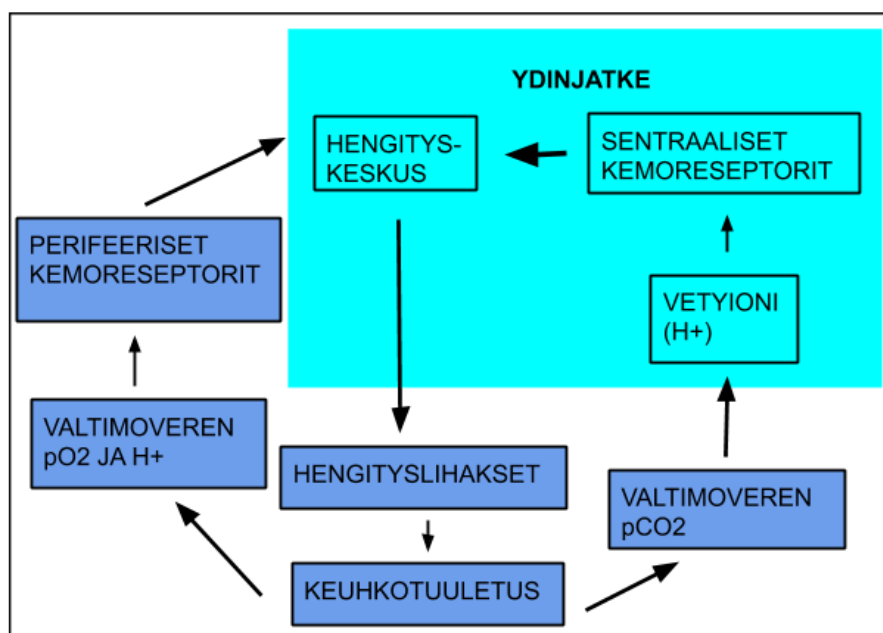
Keskushermostoon, erityisesti ydinjatkeen hengityskeskukseen, tulee runsaasti tietoa hengitystapahtumasta sekä hengityksen aineenvaihdunnallisesta lopputuotoksesta. Hengityskeskus saa tietoa veren hapen (O_2) ja hiilidioksidin (CO_2) pitoisuuksista, veren happamuudesta, hengitysteiden ja keuhkokudoksien venytyneisyydestä, rintakehän, keuhkojen ja pallean alueen liikkeistä sekä elimistön lämpötilasta. (Martin ym. 2014, 52–53; Sovijärvi 2017, 27–29.)

Kemoreseptorit eli aistinsolut keräävät jatkuvasti tietoa happi- ja hiilidioksidipitoisuudesta sekä happamuudesta. Kemoreseptorit voidaan jakaa sentraalisiin ja perifeerisiin aistinsoluihin. Ydinjatkeessa sijaitsevat sentraaliset kemoreseptorit reagoivat aivo-selkäydinnesteen happamuuteen. Sentraaliset aistinsolut välittävät synapsien kautta tiedon aivo-selkäydinnesteen hiilidioksidiosapaineen aiheuttamasta happamuudesta hengityskeskukseen. (Sand ym. 2014, 374.) Perifeeriset kemoreseptorit sijaitsevat aortankaaren ja kaulavaltimoiden seinämissä ja ne reagoivat veren happi- ja hiilidioksidipitoisuuksiin ja pH:n muutoksiin. Perifeerisistä aistinsoluista välittyy tieto hengityskeskukseen sensoristen hermosyiden kautta. (Sand ym. 2014, 374; Vierimaa & Laurila 2017, 105.)

Tärkein tekijä hengityksen säätelyssä on veren hiilidioksidipitoisuus. Valtimoveren hiilidioksidipitoisuuden suureneminen saa aikaan sisäänhengityksen. Ihmisen pidättäessä hengitystä veren hiilidioksidipitoisuus nousee. Kohonnut CO_2 -pitoisuus aktivoi hengitystoimintaa ja aikaansaa sisäänhengityksen. Ihminen ei siis

kykene tahdonalaisesti pidättämään hengitystään loputtomiin, koska kehon automaattiset mekanismit käynnistävät hengityksen uudelleen. (Martin ym. 2014, 51,53; Sand ym. 2014, 373–374.)

Hengityskeskus muodostuu sisään- ja uloshengityskeskuksista, jotka lähettävät käskyjä hengityslihaksille niihin saapuvan informaation perusteella. Hengityskeskuksen tehtävänä on säädellä ventilaation rytmiä ja syvyyttä. (Sand ym. 2014, 373.) Hengityskeskuksesta lähtevät sekä autonomiset ja tahdonalaiset hermosäikeet, jotka vievät hermoimpulsseja selkäytimen etusarven kautta respiratorisiin motoneuroneihin. Keuhkoista ja muualta elimistöstä tuodaan tietoa takaisin hengityskeskukseen, minkä perusteella ventilaatiota mukautetaan elimistön tarpeita vastaaviksi. (Sovijärvi ym. 2018.) Kuviossa 1 on esitetty keuhkotuuletuksen säätelyn pääpiirteet (Sand ym. 2014, 374).



KUVIO 1. Ventilaation säätelyn pääpiirteet (Sand ym. 2014, 374)

Autonominen hermosto hengityksen säätelyssä

Hengityskeskukset kuuluvat aivorungon aivoverkostoon, jonka tehtävänä on välittää tietoa elimistön tärkeistä toiminnoista, kuten sydämen toiminnasta, lihasten jännetyvyydestä, autonomisen hermoston aktiivisuudesta sekä verisuonten supistumisesta ja laajentumisesta. Aivoverkoston on kokonaisvaltainen vaikutus ihmisen psykofyysiseen vireyteen. Keuhkojen toimintaa ja hengitystä säätelevät

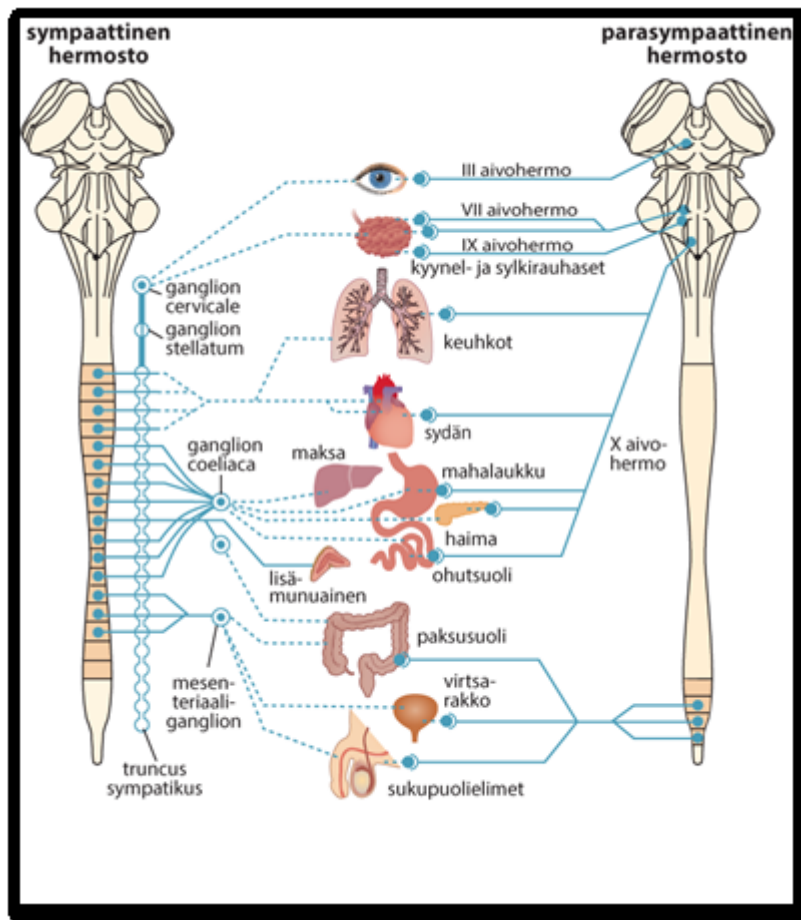
myös kiertäjähermon (vagushermon) etujuoste ja sympaattiset hermosolut, joilla molemmilla on hermosäikeitä keuhkoihin. (Martin ym. 2014, 53.)

Autonominen eli tahdosta riippumaton hermosto ylläpitää elimistömme tasapainotilaa. Autonominen hermosto ohjaa esimerkiksi sydämen ja verisuonien, ruuansulatuksen ja keuhkoputkien sekä hormoneita erittävien rauhasten toimintaa. (Martin ym. 2014, 54.) Autonominen hermosto voidaan jakaa sympaattiseen ja parasympaattiseen hermostoon. Sympaattisella hermostolla on elimistön toimintoja kiihdyttävä ja vireyttä nostava vaikutus. Parasympaattisella hermostolla on elimistön toimintoja tasaava ja vireyttä laskeva vaikutus. (Martin 2014, 54-55.) Aivo- ja selkäydinhermoja pitkin autonominen hermosto kuljettaa elimien reseptoreista saapuvaa tietoa keskushermoston säätelykeskuksiin, joita ovat hypothalamus, ydinjatkeen tumakkeet ja selkäytimen alaosa. (Salminen 2015.) Autonominen hermoston säätely on nopeaa ja tiedostamatonta ja sen tehtävänä on huolehtia, että elimistön toiminta vastaa sen hetkisiä vaatimuksia sekä kuormitustilanteita. Autonominen hermoston toimintaa säätelevällä hypothalamuksella on keskeinen rooli tunteiden ja vireyden säätelyssä. Tätä kautta erilaisilla tunnetiloilla on myös vaikutus hengitykseen ja sen säätelyyn. (Laitinen, Mäntysaari & Hartikainen 2018.) Sietämättömiä tunteita voidaan saada pysymään poissa tietoisuudesta pidättämällä hengitystä tai hyperventiloimalla. Vastaavasti hengityksen rauhoittaminen ja syventäminen antaa tilaa tunteiden tunnistamiselle ja ilmaisulle sekä rauhoittaa mieltä ja ruumista. (Martin ym. 2014, 37.) Autonominen hermoston sympaattisella ja parasympaattisella hermostolla on yleensä vastakkainen vaikutus kohde-elimessä (Salminen 2015).

Sympaattinen hermosto aktivoituu erilaisissa haastavissa ja uhkaavissa tilanteissa. Sympaattisen hermoston aktivoituessa sydämen syke kiihtyy, verenkierto vilkastuu, ruuansulatus hidastuu, verisuonet supistuvat ja hien erityis lisääntyy. (Laitinen ym. 2018.) Sympaattisen hermoston ollessa aktiivinen, keuhkoputkien sileät lihakset rentoutuvat, jolloin hapensaanti ja hiilidioksidin poistuminen lisääntyvät (Martin ym. 2014, 55).

Parasympaattinen hermosto aktivoituu levossa ja sen toiminta laskee sydämen sykettä ja verenpainetta, tehostaa ääreisverenkiertoa, supistaa keuhkoputkia sekä aktivoi ruuansulatuselimistön toimintaa. (Laitinen ym. 2018; Sand ym. 2014,

139.) Porgesin polyvagaalisen teorian avulla voidaan selittää autonomisen hermoston hierarkkista rakennetta ja toimintaa suhteessa ympäristöstä tuleviin ärsykkeisiin. Polyvagaalinen teoria jakaa parasympaattisen hermoston kahteen osaan: ventraaliseen eli vatsanpuoleiseen ja dorsaaliseen eli selänpuoleiseen vagushermon eli kiertäjähermon haaraan. (Leikola, Mäkelä & Punkanen 2016.) Vagushermon eli kymmenes aivohermo (X) on yksi tärkeimmistä parasympaattisen hermoston osista, mikä tuo tietoa aivoista kehoon ja sieltä takaisin (Punkanen 2015, 165; Sand ym. 2014, 139). Kuviossa 2 on esitetty autonomisen hermoston rakenne ja kohde-elimet, joiden toimintaa hermosto säätelee (Laitinen ym. 2018).



KUVIO 2. Autonominen hermosto (Laitinen ym. 2018)

Autonominen hermosto arvioi jatkuvasti ympäristön turvallisuutta, uhkaavuutta tai hengenvaarallisuutta. Tätä jatkuvaa havainnointia kutsutaan neuroseptioksi. Uhkaavassa tilanteessa sympaattinen hermosto aktivoituu ja valmistaa elimistöä toimintaan, tarvittaessa taistelemaan tai pakenemaan. Mikäli tilanne koetaan hengenvaaralliseksi, aktivoituu vagushermon dorsaalinen haara, mikä voi

aiheuttaa kehon jähmettymisen. Uhkaavan tai haastavan tilanteen ollessa ohitse aktivoituu ventraalinen eli vatsanpuoleinen vagushermon haara, joka palauttaa ja rauhoittaa elimistöä, jolloin myös hengitys hidastuu ja syvenee. Vastaavasti hengityksen hidastaminen ja rauhoittaminen aktivoi vagushermon ventraalista haaraa. Neuroseptio voi myös häiriintyä, jolloin hermosto tulkitsee väärin ympäristöstä ja kehosta tulevia viestejä. Tällöin turvallinen tilanne voidaan tulkita vaaralliseksi ja keho reagoi tarpeettomalla tavalla tilanteeseen nähden, jolloin esimerkiksi hengitys ei vastaa kehon aineenvaihdunnallisia tarpeita. (Martin ym. 2014, 54–55; Punkanen 2015, 165–166.)

5 EPÄTASAPAINOINEN HENGITYS

Epätasapainoisen hengityksen määrittely on monimutkaista. Aina, jos jotain ei pystytä selkeästi määrittelemään, sen tutkiminen ja hoitaminen on haastavaa. Kaikissa tapauksissa epäoptimaalinen tapa hengittää ei ole seurausta suoraan mistään somaattisesta sairaudesta. Aiemmin historiassa käytettyjä termejä ovat hyperventilaatio-oireyhtymä, dysfunktionaalinen hengitys sekä toiminnallinen hengityshäiriö. (Martin ym. 2014, 64–65.) Teoksessa Hengitys itsesäätelyn ja vuorovaikutuksen tukena (Martin ym. 2014, 65) kirjoittajat ovat päätyneet käyttämään termejä tasapainoinen ja epätasapainoinen hengitys, mikä on sopivaa myös tämän opinnäytetyön kannalta.

Hyperventilaatio on vain yksi epätasapainoisen hengityksen muoto. Epätasapainoiseen hengitykseen kuuluvat myös muutokset hengitysilihasten synergiassa sekä hyvin usein psyykinen kuormittuminen esim. stressi ja ahdistuneisuus (Lehtinen, Tammivaara, Seppä, Luutonen, & Äärelä, E. 2000; Martin ym. 2014, 64–65.) Keskeisimpiä piirteitä epätasapainoisessa hengityksessä ovat tauon puuttuminen uloshengityksen jälkeen, pitkittynyt tauko sisäänhengityksen jälkeen, hengityksen pidättäminen, suurentunut hengitystiheys levossa, suun kautta hengittäminen, apuhengitysilihasten käyttö myös levossa, haukottelu, huokailu, vatsalihasten jännittyminen ja/tai niiden epäoptimaalinen toiminta yhdessä pallean kanssa, rykiminen, ilman nieleminen, röyhtäily ja selkärangan liikkeiden puuttuminen hengityksen mukana. Epätasapainoisen hengityksen havainnoiminen tarvitsee harjaantumista, sillä havainnoitavia asioita on paljon ja niiden huomaaminen voi olla haastavaa sekä hengitystapa ja oirehtiminen vaihtelevat paljon yksilöittäin. (Martin ym. 2014, 65–66.)

Fysiologisesti **hyperventilaatio** tarkoittaa lisääntyntä alveoliventilaatiota eli hengittämistä aineenvaihdunnallisten tarpeiden yli, jolloin veren hiilidioksidipitoisuus laskee alle 4,7kPa ja kehon pH nousee (Lehtinen ym. 2000; Martin ym. 2014, 56; Sovijärvi ym. 2018). Normaalisti kehon pH on 7,35–7,45, joka on lievästi emäksisen puolella. Elimistö pyrkii säätelemään tarkoin happoemästäsapainoa, sillä elimistön aineenvaihdunnalliset prosessit toimivat parhaiten juuri tie-

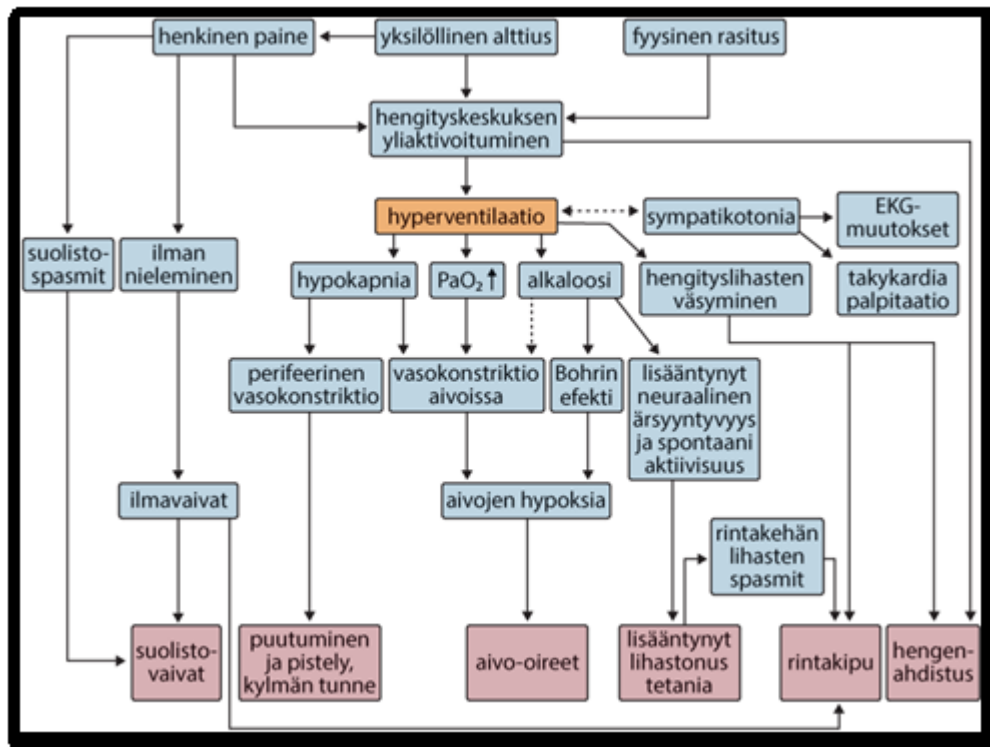
tyssä happamuudessa. Hyperventilaation seurauksena elimistön nesteiden emäksisyys lisääntyy. (Mustajoki 2019.) Ylihengittäminen alkaa vaikuttaa elimistön pH:n tasapainoon jo kahden minuutin kuluttua (Martin ym. 2014, 57).

Hyperventilaatio on tarkoituksenmukaista, kun ihminen valmistuu fyysiseen toimintaan. Ylihengittäminen saattaa kuitenkin jatkua, vaikka mitään fyysistä ponnistusta ei enää olisikaan, jolloin hyperventilaatio on epätarkoituksenmukaista. (Martin ym. 2014, 56.) Jos fyysistä ponnistelua ei tapahdu, keho ei tuota lihas-työllä hiilidioksidia samassa suhteessa lisääntyneeseen ventilaatioon nähden, jonka takia elimistö ajautuu hypokapniaan eli madaltuneeseen hiilidioksidiosa-paineeseen sekä kehon pH:n nousuun eli respiratoriseen alkaloosiin. Samalla kehossa tapahtuu sekundaarisia muutoksia veren elektrolyytti-, glukoosi- ja lak-taattitasapainossa. (Lehtinen ym. 2000, 1970.) Hapto-emästasapainon häiriintyminen ja veren hiilidioksidipitoisuuden lasku vaikuttavat koko elimistöön fysiolo-gisten järjestelmien välityksellä (Martin ym. 2014, 56).

Suurin osa hyperventilaation aiheuttamista ruumiillisista oireista selittyy respito-raalisella alkaloosilla eli kehon pH:n kohoamisella (Sovijärvi ym. 2018). Hyper-ventilaatio vaikuttaa mm. autonomiseen hermostoon vaimentamalla parasym-paattisen hermoston toimintaa, jonka seurauksena sympaattisen hermoston toi-minta saa hallitsevan aseman (Lehtinen ym. 2000, 1970). Akuutin hyperventilaa-tion seurauksena vaikeutuu hapen irtoaminen hemoglobiinista, jolloin myös solu-jen käytettävissä olevan hapen määrä vähenee. Lisäksi verisuonet supistuvat paikallisesti, jolloin verenkierto tietyillä alueilla heikkenee ja liike- ja sensorisen sekä autonomisen hermoston toiminta kiihtyy. Luurankolihakset supistuvat ja jän-nittyvät liikehermojen toiminnan lisääntymisestä. Pahimmassa tapauksessa hy-perventilaatio saattaa aiheuttaa lihaskramppeja. Ihon puutumisen ja pistelyn tunne ovat seurausta sensorisen hermoston toiminnan kiihtymisestä. (Martin ym. 2014, 56–57.) Hypokapnia aiheuttaa supistumista myös aivoveri-suonissa, mikä voi saada aikaan hiilidioksidiosapaineen lasku myös keskusher-mostossa aiheuttaen erilaisia aivoperäisiä oireita, kuten huimausta, näön hämär-tymistä ja jopa tajuttomuutta (Sovijärvi ym. 2018).

Hyperventilaatio-oireyhtymässä (Sovijärvi ym. 2018) tai kroonisessa hyperventi-laatioissa (Martin ym. 2014, 57) hyperventilaatio on jatkuvaa tai toistuu usein.

Kroonistuneen hyperventilaation pääsyy on säätelyhäiriö hengityskeskuksesta, lisäksi näissä tapauksissa taustalla on usein jokin psyykinen oirehdinta esim. paniikkihäiriö (Sovijärvi ym. 2018), ahdistuneisuus, stressi (Martin ym. 2014, 57), julkisten tilojen- tai sosiaalistilanteiden pelko (Lehtinen ym. 2000, 1972). Joillain henkilöillä voimakkaat tunteet ja henkinen paine stimuloivat hengityskeskusta limbisen järjestelmän kautta, mikä johtaa hyperventilaatiokohtauksen laukeamiseen (Sovijärvi ym. 2018). Kroonistunut hyperventilaatiotila vaatii vain 10 % jatkuvan lisäyksen hengityksen normaaliin minuuttitilavuuteen. Kroonistumisen myötä hengityskeskus on tottunut matalaan veren hiilidioksidipitoisuuteen, mikä taas tukee jatkuvaa hyperventiloitua. (Martin ym. 2014, 57–58.) Kuviossa 3 esitetään hyperventilaation patofysiologisia mekanismeja ja niiden yhteyksiä (Sovijärvi ym. 2018).



KUVIO 3. Hyperventilaation patofysiologisia mekanismeja (Sovijärvi ym. 2018)

Hyperventilaatio vaikuttaa kaikkiin ihmisiin hyvin eri tavoin, ja siitä johtuvien fysiologisten vaikutusten kokemiseen vaikuttavat jokaisen yksilölliset ominaisuudet, elinjärjestelmien muu toiminta esim. autonominen hermosto, psyykinen tila sekä sen hetkinen tunnetila. (Lehtinen ym. 2000, 1970; Martin ym. 2014, 60–61.) Hyperventilaation oireet vaihtelevat yksilöittäin ja niihin vaikuttavat mm. hyperventilaation intensiteetti ja yksilön mahdolliset perussairaudet kuten astma.

Yleisimpiä hyperventilaatiosta johtuvia oireita ovat hengitykseen liittyvät oireet, neurovaskulaariset ja -muskulaariset oireet, sydänperäiset oireet, maha-suolikanavan oireet sekä yleis- ja psyykkiset oireet (taulukko 1). (Lehtinen ym. 2000, 1970–1971; Martin ym. 2014, 60.)

TAULUKKO 1. Yleisimpiä hyperventilaatiosta johtuvia oireita (Lehtinen ym. 2000, 1971; Martin ym. 2014, 60)

HENGITYKSEEN LIITTYVÄT OIREET	<ul style="list-style-type: none"> • hengästyminen • hengenahdistus • tunne hapenpuutteesta 	<ul style="list-style-type: none"> • huokailevat hengenvedot • pinnallinen ja tiheä hengitys • haukottelu
NEURO-VASKULAARISET OIREET	Keskushermosto oireet: <ul style="list-style-type: none"> • huimaus • näköhäiriöt • kaksoiskuvat • kohtauksittainen tajunnanmenetyks 	Ääreishermoston oireet: <ul style="list-style-type: none"> • pistely esim. sormissa • tunnottomuus • kylmän tunne ääreisosissa esim. varpaat, sormet, kasvot
NEURO-MUSKULAARISET OIREET	<ul style="list-style-type: none"> • lihasjäykkyys • lihasten vapina 	<ul style="list-style-type: none"> • rintakipu • lihaskrampit
SYDÄMEEN LIITTYVÄT OIREET	<ul style="list-style-type: none"> • sydämentykytys • pistävä rintakipu 	<ul style="list-style-type: none"> • tiheälyöntisyys • rytmihäiriöt
MAHA-SUOLIKANAVAN OIREET	<ul style="list-style-type: none"> • pahoinvointi • ylävatsakipu • palan tunne kurkussa • nielemisvaikeudet 	<ul style="list-style-type: none"> • suun kuivuminen • röyhtäily • ilmavaivat
YLEISOIREET	<ul style="list-style-type: none"> • unihäiriöt 	<ul style="list-style-type: none"> • väsymys
PSYKKISET OIREET	<ul style="list-style-type: none"> • yleinen jännittyneisyys • rauhattomuus/tuskaisuus • epätavallinen rauhallisuus 	<ul style="list-style-type: none"> • paniikin tunne • tunne kontrollin menetyksestä • kuoleman pelko

Astmasta ja keuhkohtaumataudista (COPD) johtuen hengitystiet kapenevat, jolloin ilmavirtaus voimakkaassa uloshengityksessä rajoittuu. COPD aiheuttaa alveolien ja hengitysteiden vaurioitumista, mikä vähentää keuhkokudoksen kimmoisuutta veltostuttaen keuhkoja sekä keuhkoputkia, jolloin kollapsiherkkyys eli riski kokoonpainumiseen uloshengityksen aikana kasvaa. Keuhkosairauteen sairastuneilla lepo hengitystilavuus nousee (hyperinflaatio), jonka tarkoituksena on lisätä rintaontelon tilavuutta. Pahimmillaan rintakehän muoto voi muuttua tynnyrimäiseksi eikä pallea supistu, vaan se on laakea koko hengityssyklin ajan. (Sovijärvi ym. 2018.)

Ahtautuneissa keuhkoissa kaikki ilma poistuu hitaalla tahdilla ilmasteistä ja alveoli-ilmaa jää hetkellisesti (ilmasalpaus) tai jopa pysyvästi (ansailma) sulkeutuvien ilmasteiden taakse. COPD-potilailla tätä ansailmaa voi olla jopa viisi litraa, mistä johtuen vitaalikapasiteetti pienenee nopeassa uloshengityksessä. Ilma myös jakautuu ahtautuneissa keuhkoissa aina epätasaisesti. Pahimmillaan ventilaatio-perfuusio suhteen epätasapaino voi johtaa valtimoveren hypoksiaan eli hapen vähyyteen. (Sovijärvi ym. 2018.)

Keuhkosairauksissa kuollut tila kasvaa ja näin veren hapettuminen heikentyy. Alveoliventilaation vähentyessä voimakkaasti osa hiilidioksidista alkaa kertyä elimistöön, jolloin valtimoveren hiilidioksidipitoisuus suurenee pysyvästi. Keuhkosairauden lisäksi vähäinen ja epätasainen alveoliventilaatio voi johtaa sydänsairauden muodostumiseen keuhkoverenkierron häiriintyessä. **Sydämen vajaatoiminnassa** keuhkoverisuonet paksuuntuvat, jolloin diffuusiokapasiteetti pienenee. Keuhkot jäykistyvät ja niiden tilavuus voi pienentyä, myös pienet keuhkoputket voivat ahtautua. Sydämen vajaatoiminnasta johtuvat muutokset keuhkoissa vaikuttavat erityisesti uloshengitysilman varatilan pienentymiseen. (Sovijärvi ym. 2018.)

Keuhkokudoksen sairauksissa (esim. allergiat, sarkoidoosi, pölykeuhko sekä infektiot) keuhkokudos jäykistyy lisäten hengitystyön määrää, mikä johtaa alveolien ja kapillaarien välisen seinämän paksuuntumiseen, jolloin diffuusio vaikeutuu hankaloittaen valtimoveren hapettumista varsinkin rasituksen aikana. Myös keuh-

kojen kokonais- ja vitaalikapasiteetti pienenevät. Erilaiset kasvaimet ja muut massat keuhkojen alueella aiheuttavat ventilaation ja keuhkoverenkierron paikallisia häiriöitä. (Sovijärvi ym. 2018.)

Keskivartalolihavuus vaikeuttaa pallean toimintaa ja sisäänhengitys vaatii normaalia enemmän lihasvoimaa sekä hengitystyötä (Sovijärvi ym. 2018). Keuhkojen kaasujenvaihto sekä hengityksen mekaniikka häiriintyvät, enemmän tai vähemmän, lihavuudesta johtuen (Sovijärvi 2017, 51). Lihavuus pienentää erityisesti uloshengityksen varatilaa, joka voi johtaa hengitysteiden ja pienimpien keuhkoputkien ahtautumiseen. Hapettuminen heikkenee varsinkin makuuasennossa ja lisääntynyt hengitystyö voi aiheuttaa hengenahdistusta. (Sovijärvi ym. 2018.)

Hypoksia tarkoittaa hapenpuutetta kudoksissa (Sand ym. 2014, 376). Itse hapen vähyys hengitysilmassa vaikuttaa ventilaatioon hyvin harvoin, sillä neuraalinen säätely tai hiilidioksidin lisääntyminen korjaavat tilanteen ennen, kun hapen vähyys pääsee vaikuttamaan ventilaatioon (Nienstedt ym. 2016, 287).

Yleensä syynä alhaiseen valtimoveren happiosapaineeseen on krooninen keuhkosairaus, jossa alveoli-ilman ja kapillaarien välinen diffuusio häiriintyy. Keuhkosairauksissa myös hengitysilhasten toiminta voi olla heikentynyttä, mikä hankaloittaa alveoliventilaatiota, jolloin valtimoveren happiosapaine pienenee. (Sand ym. 2014, 376.) Ohut vuoristoilma voi myös olla syynä valtimoveren happiosapaineen pienenemiseen (Sovijärvi 2017, 46).

Useimmiten veren hapenkuljetuskyvyn ongelmat johtuvat anemiasta eli alhaisesta hemoglobiinipitoisuudesta (Sand ym. 2014, 376). Anemiaa esiintyy monissa sairauksissa esim. kroonisissa tulehduksissa, reuma- sekä syöpäsairauksien yhteydessä (Sovijärvi 2017, 44). Toinen syy hapenkuljetuskyvyn ongelmiin on hemoglobiinimolekyylisiin hapen sitoutumiskohtiin kiinnittyneet muut aineet, yleisimmin häkä eli hiilimonoksidi. Keuhkoembolian ja sydämen vajaatoiminnan seurauksena keuhkokudoksen verenkierto heikentyy. Myrkytystilanteissa happi kulkeutuu normaalisti verenkierron mukana kudoksiin, mutta solut eivät myrkytyksestä johtuvan aineenvaihdunta häiriön takia pysty hyödyntämään

sitä. (Sand ym. 2014, 376.) Hypoksiaa aiheuttavia tekijöitä kuvataan taulukossa 2 (Sand ym. 2014).

TAULUKKO 2. Hypoksian syy-seuraussuhteita (Sand ym. 2014)

	Hypoksiaa aiheuttavia tekijöitä	Taustatekijöitä
1.	Valtimoveren alhainen happiosapaine, pO_2	Erilaiset krooniset keuhkosairaudet (häiriöt diffuusiassa), vuoristo-olosuhteet (ilman pieni happiosapaine), hengityslihasten toiminnan heikkeneminen
2.	Hapenkuljetuskapasiteetin pieneneminen	Anemia, häikä, tupakointi
3.	Verenkierron heikentyminen kudoksissa	Keuhkoembolia, sydämen vajaatoiminta
4.	Aineenvaihdunnan heikentyminen soluissa	Myrkytys esim. syanidi

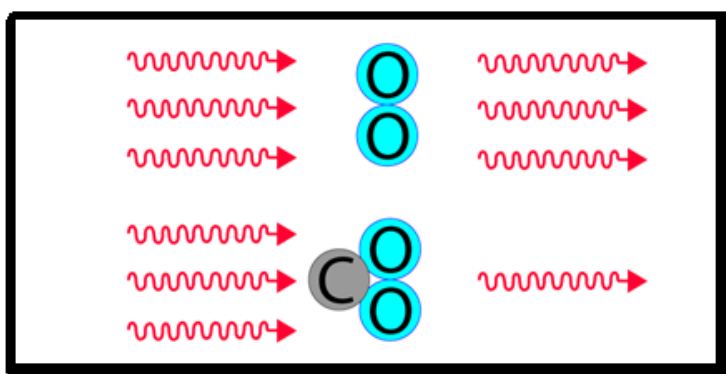
Hypoventilaatio tarkoittaa vähentyntä alveoliventilaatiota, jolloin veren hiilidioksidiosapaine kohoaa yli 6,0 kPa. Hypoventilaatiota voi aiheuttaa kaikki sellaiset sairaudet, joissa keuhkojen alveoliventilaatiokapasiteetti on heikentynyt. Krooninen hypoventilaatio ja siitä seuraava hyperkapnia, eli veren kohonnut hiilidioksidiosapaine, voi johtaa hengityskeskukseen sopeutumiseen sietämään yhä suurentunutta hiilidioksidimäärään veressä. Alveolaarisen hypoventiloinnin seurauksena alveolaarinen happiosapaine laskee madaltaen valtimoveren happiosapainetta, tätä kutsutaan hypoksemiaksi. Hypoventilaatio voi olla seurausta myös neuromuskulaarisesta- tai rintakehän sairaudesta, tai keskushermoston toimintahäiriöstä. Yöllä tapahtuvaa hypoventilointia kutsutaan uniapnea oireyhtymäksi. (Sovijärvi ym. 2018.)

6 KAPNOGRAFI JA PULSSIOKSIMETRI

6.1 Kapnografi

Keuhkotuuletusta eli hiilidioksidin (CO_2) poistumista elimistöstä uloshengityksen kautta voidaan mitata suoraan valtimoveren tai uloshengitetyn ilman hiilidioksidipitoisuuksien kautta (Metsävainio & Junntila 2016). Kapnografia käytetään erityisesti ensihoidon ja leikkauspotilaiden monitorointiin, mutta sitä voidaan käyttää myös toiminnallisten hengityshäiriöiden terapiassa (Viitala 2020). Kapnometri sekä kapnografi ovat laitteita, jotka mittaavat uloshengityksen CO_2 -pitoisuutta hengityssyklien aikana. Kapnometrin ja kapnografian eroavaisuutena on, että kapnometri ilmoittaa uloshengityksen CO_2 :n huippuosapaineen (EtCO_2) numeerisesti hengityssyklin aikana. Kapnografi on laite, joka mittaa CO_2 -pitoisuutta koko hengityssyklin ajan ja piirtää reaaliaikaista käyrää monitorille, jolloin hengityssyklien pituutta ja CO_2 -pitoisuuksien muutoksia voidaan seurata. (Metsävainio & Junntila 2016.)

Kapnografian mittaus perustuu hiilidioksidin kykyyn absorboida eli imeä itseensä infrapunavaloa 4,3 mikrometrin aallonpituudella (Kaakinen 2014, 63). Infrapunavalon absorptio tapahtuu kaasujen, joilla on vähintään kaksi eri atomia molekyyllisessä. Happimolekyyllisessä (O_2) on kaksi samanlaista happiatomia, jolloin se ei absorboi infrapunavaloa. Hiilidioksidissa (CO_2) on taas yksi hiiliatomi (C) ja kaksi happiatomia (O). Kuviossa 4 on kuvattu, miten hiilidioksidi absorboi infrapunavaloa (Tilakaratna n.d.).



KUVIO 4. Infrapunavalon absorboituminen happeen O_2 ja hiilidioksidiin CO_2 (Tilakaratna n.d.)

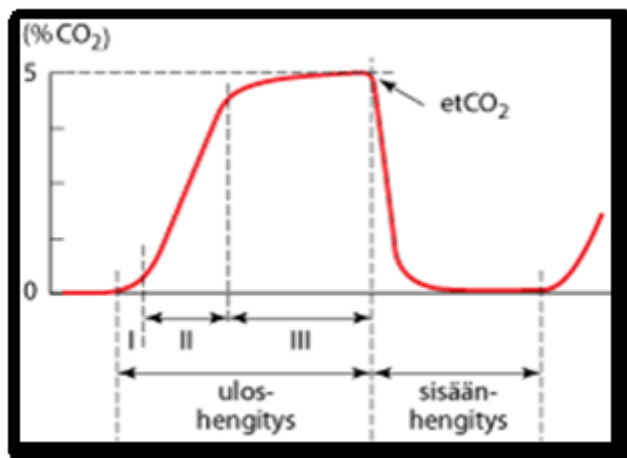
Hiilidioksidipitoisuuden mittaaminen tapahtuu analysaattoriin kerätystä uloshengityskaasusta yleisimmin sivuvirtauksena (sidestream) erillisen liittimen tai letkun kautta. Mittaaminen voidaan myös toteuttaa uloshengitysilmaasta suoraan (mainstream), esimerkiksi intubaatioputkeen kiinnitetystä anturista. Luotettavin mittaustapa tapahtuu mainstreamin kautta intuboidusta potilaasta hengitysjärjestelmän ollessa suljettu, sillä ylimääräinen liitin lisää mittaustuloksen virhemarginaalia. (Kaakinen 2014, 63–64; Puolakka 1999, 84.)

Kapnografi ilmoittaa uloshengityksen CO₂-osapaineen numeerisesti prosenttiosuutena tai osapaineena, kPa. Elohopeamillimetriasteikkoa (mmHg) voidaan myös käyttää uloshengityksen CO₂-pitoisuuden mitta-asteikkona ja sitä käytetään yleisesti anglosaksisissa maissa. (Kaakinen 2014, 64.) Valtimoveren hiilidioksidiosapaine (PaCO₂) on yleensä hieman korkeampi kuin uloshengityksen EtCO₂-arvo, sillä uloshengitykseen sekoittuu keuhkojen kuolleen tilan hiilidioksiditonta kaasua. (Puolakka 1999, 84.) Valtimoveren hiilidioksidiosapaine (PaCO₂) on normaalisti 4,5–6,0 kPa. Tällöin uloshengityksen EtCO₂-arvo on terveillä ihmisillä normaali ventilaatiossa 0,1–0,6 kPa matalampi, eli **3,9–5,9 kPa**. (Kaakinen 2014, 64, 68.) Elohopeamillimetriasteikolla (mmHg) uloshengityksen EtCO₂-arvo on normaalioloissa **35–45 mmHg** (CEPCP 2011, 2).

Kapnogrammi

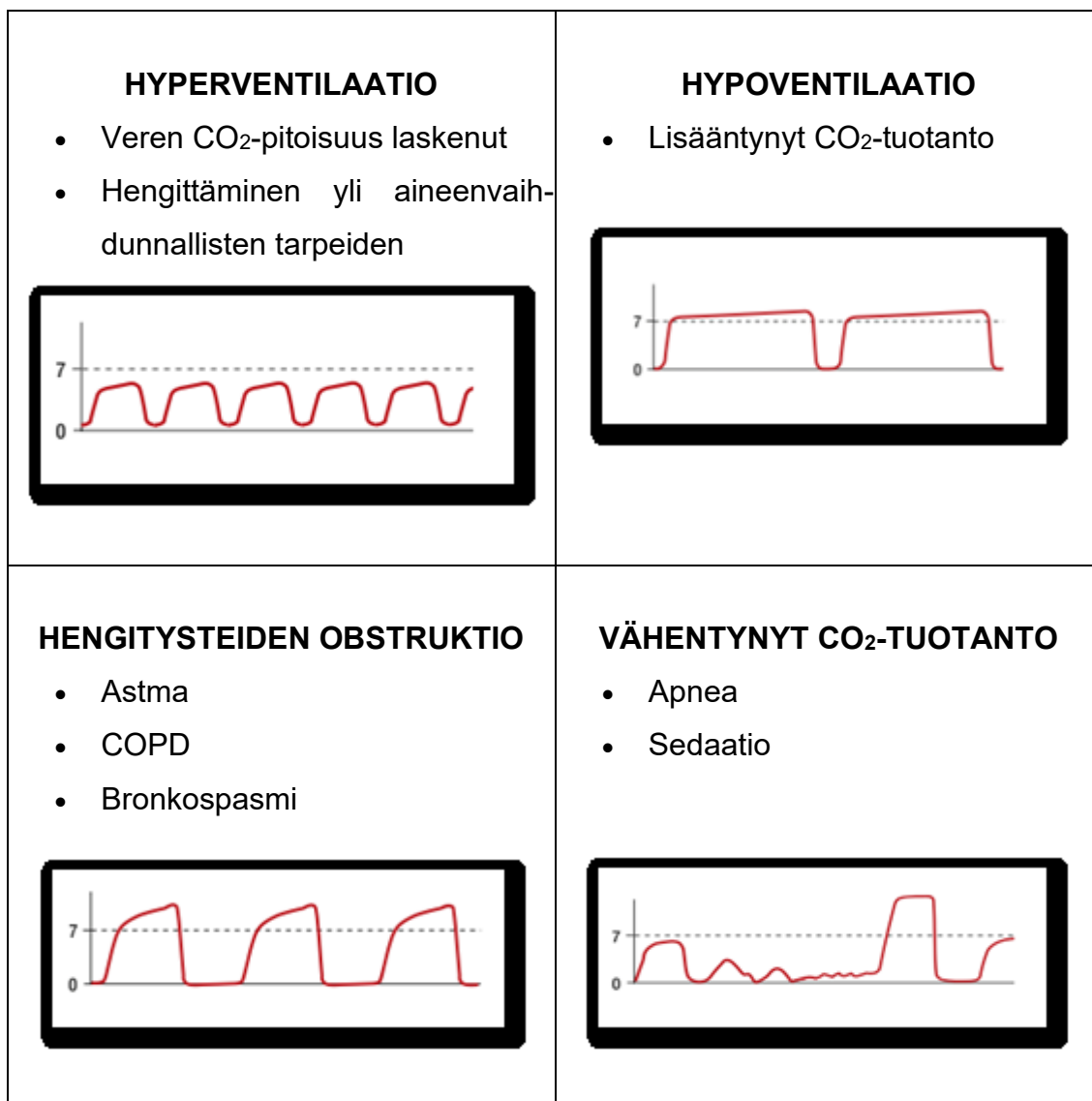
Kapnografi piirtää reaaliaikaista käyrää uloshengityksen hiilidioksidipitoisuuksista. Kuviossa 5 on esitetty yhden hengityssyklin kapnogrammi. (Salmenperä & Yli-Hankala 2014.) Uloshengityksen kapnogrammi voidaan jakaa kolmeen osaan: **Osa I** kuvaa sisäänhengityksen perustasoa. Tällöin kapnografi mittaa kuolleen tilan hiilidioksiditonta kaasua, jolloin kapnografi näyttää arvoa 0. **Osa II** kuvaa uloshengityksen alkua, jolloin kuolleen tilan kaasuun sekoittuu alveoli-kaasua, joka sisältää hiilidioksidia. Kapnografin analysaattori tunnistaa nousseen hiilidioksidipitoisuuden ja piirtää sen mukaan kapnogrammikäyrää, jonka tulisi nousta jyrkästi. **Osa III** kuvaa uloshengityksen alveolaarista tasannetta, kun hiilidioksidipitoista ilmaa virtaa ulos. (Salmenperä & Yli-Hankala 2014; Physio Control 2009.) EtCO₂ on uloshengitysilman loppuosan hiilidioksidiosapaine, jonka mittaustilaite ilmoittaa osapaineena kPa, prosenttiosuuteena tai elohopeamillimet-

riasteikkona mmHg. (Salmenperä & Yli-Hankala 2014; Kaakinen 2014, 64.) Sisäänhengityksen aloitus näkyy kapnogrammissa jyrkkänä laskuna ja käyrä palautuu sisäänhengityksen perustasolle (Physio-Control 2009).



KUVIO 5. Normaali kapnogrammi yhdestä hengityssyklistä (Salmenperä & Yli-Hankala 2014)

Muutokset kapnografissa tai EtCO₂:ssa kertovat metabolian, verenkierron, hengityksen tai laitteen toiminnosta (Physio-Control 2009). Kuviossa 6 on esitetty poikkeavia kapnogrammeja ja niiden aiheuttajia (Physio-Control 2016; Tilakaratna n.d.).



KUVIO 6. Poikkeavat kapnogrammit (Physio-Control 2016; Tilakaratna n.d.)

6.2 Pulssioksimetri

Pulssioksimetrian avulla voidaan seurata veren happikylläisyyttä eli happisaturaatiota (SpO₂) sekä sydämen sykettä. Pulssioksimetria mittaa veren hemoglobiinin sitoutuneen hapen määrää ja ilmoittaa tämän numeerisesti prosentteina. (Metsävainio & Junntila 2016.) Pulssioksimetrian mittaus perustuu hapettuneen hemoglobiinin ja ei-hapettuneen hemoglobiinin (hemoglobiini on luovuttanut hapen kudoksille) kykyyn absorboida aallonpituuksia eri tavoin, joita oksimetrian anturit lähettävät ja vastaanottavat (Piirilä, Salorinne & Malmberg 2018). Mittaaminen tapahtuu yleensä sellaisesta kehon kohdasta, jossa verenkierto on runsasta ja mittauskohta on läpimitaltaan ohut. Tavallisimmin mittaaminen tapahtuu

joko sormenpäätä, varpaasta tai korvanlehdestä. (Metsävainio & Junttila 2016.)

Normaalisti pulssioksimetrialla mitattuna happisaturaatio SpO₂% on terveillä aikuisilla ihmisillä > 95 %. Jos veren happikyllästeisyys on alle 90 % voidaan puhua hypoksemiasta, joka tarkoittaa veren matalampaa happipitoisuutta. Hypoksemia voidaan luokitella happisaturaation perusteella lieväksi 89-95 %, keskivaikeaksi 80-88 % ja vaikeaksi <80 % (taulukko 3). (Piirilä ym. 2018.) Pulssioksimetrialla mitattaessa on huomioitava pitkäaikaista keuhkosairautta sairastavat ihmiset, joilla normaalisti happisaturaatio voi olla pysyvästi alle 90 % (Metsävainio & Junttila 2016).

TAULUKKO 3. Happisaturaatioarvot terveille 18–70 –vuotiaille ihmisille (Piirilä ym. 2018)

18–70-vuotiaat	SpO₂
Normaali	> 95 %
Lievä hypoksemia	89–95 %
Keskivaikea hypoksemia	80–88 %
Vaikea hypoksemia	< 80 %

Pulssioksimetriaa käytetään yleisesti sairaaloissa ja ensihoidossa veren hapettumisen ja sydämen sykkeen seurannassa erityisesti ihmisillä, joilla on hengitysvaikeuksia tai ihmisen tajunnantaso on alentunut. Tavallisimpana ongelmana pulssioksimetrialla mitattaessa on signaalin heikkous, mikä yleensä johtuu siitä, että ääreisosien verenkierto ei ole riittävää, esimerkiksi kylmyyden takia. Oksimetrian mittaustulokseen vaikuttavat myös ihmisen liiallinen liikehdintä, kynsilakka mitattavassa sormessa tai varpaassa sekä kirkkaasti valaistu ympäristö. (Puolakka 1999, 83–84; Reitala 1995, 85.)

6.3 Tampereen ammattikorkeakoulun käytössä oleva laite

Kapnografin asennus- sekä käyttötavat ovat aina laitekohtaisia. Kaikissa laitteissa on tärkeää asettaa mittausletku (esim. happiviikset) mahdollisimman lähelle asiakkaan hengitysteitä käytettäessä sidestream-menetelmää, jotta mitaustulos olisi mahdollisimman luotettava. (Kaakinen 2014, 65.)

Tampereen ammattikorkeakoulun fysioterapiakoulutuksella on käytössään käsi-käyttöinen Solaris NT1D-potilasvalvontamonitori, joka sisältää kapnografin sekä pulssioksimetrin. Kuvassa 1 esitetään Solaris NT1D-potilasvalvontamonitorin osat: 1. happiviikset, 2. varsinainen laite, 3. pulssioksimetrin sormianturi sekä 4. analysaattori.



KUVA 1. Solaris NT1D-potilasvalvontamonitorin osat (Salminen 2020)

Kuvassa 2 esitetään kapnografin käytönaikainen näkymä: 1. happisaturaatio ($SpO_2\%$), 2. sydämen syke (PR bpm), 3. happisaturaation käyrä, 4. uloshengityksen loppuosan hiilidioksidiosapaine ($EtCO_2$), 5. hengitystiheys (RR bpm) sekä 6. uloshengitysilman loppuosan hiilidioksidiosapaineen käyrä.



KUVA 2. Solaris NT1D-potilasvalvontamonitorin näyttö (Salminen 2020)

7 KAPNOGRAFI- JA PULSSIOKSIMETRISEURANNAN HYÖDYNTÄMINEN FYSIOTERAPIAN TUKENA

Opinnäytetyötä varten haastattelimme sähköpostin välityksellä kolmea fysioterapeuttia, jotka käyttävät kapnografia osana fysioterapiaa. Hengityksestä ja kapnografista löytyy hyvin teoretietoa, mutta kohtasimme haasteita löytää tietoa, miten käytännössä kapnografia hyödynnetään fysioterapian tukena. Haastateltavien pyynnöstä käsittelemme heidän antamiaan vastauksia anonyymisti. Tässä työssä käytämme heistä nimitystä fysioterapeutti 1, 2 ja 3, sillä haluamme tuoda esille jokaisen fysioterapeutin yksilöllistä työtettä.

Kaikki fysioterapeutit kertovat käyttävänsä kapnografi- ja pulssioksimetriseurantaa osana toiminnallisten hengityshäiriöiden fysioterapiaa sekä muiden asiakas- ja ammattiryhmien kanssa. He kertovat käyttävänsä kapnografia yhtenä osana fysioterapiaa, mikä tuo tietoa hengityksen ja hermoston tasapainotilasta. Kapnografian antamaa konkreettista dataa voidaan haastateltavien fysioterapeuttien mukaan hyödyntää psykoedukaation tukena, jossa asiakkaalle kerrotaan tietoa oireista ja niiden alkuperästä sekä siitä, miten niihin voidaan vaikuttaa. Fysioterapeutti 1:n mukaan joskus laite auttaa asiakasta ymmärtämään itse itseään ja hengityksessä tapahtuvia muutoksia. Laitteen avulla voidaan seurata hengitystä reaaliajassa ja sen avulla saadaan tietoa hengityksen tasapainoisuudesta sekä kehon sellaisista tapahtumista/reaktioista, mitä ei välttämättä näe päällepäin asiakkaasta. Fysioterapeutit kertovat käyttävänsä kapnografia hengityksen havainnoinnin ja muun tutkimisen tukena. Fysioterapeutti 2:n mukaan laitteen antama data antaa usein suuntaa siihen, mihin terapia lähtee keskittymään. Lisäksi fysioterapeutti 1 kertoo, että laitteen avulla voidaan tuoda esille terapian hyöty ja motivoida asiakasta.

Fysioterapeutti 1: Potilas saattaa kertoa, että voi jo paremmin ja haluaisi katsoa mitä lukemat näyttävät. Potilaan kokemus ja numerot voivat korreloida ja motivoida jatkamaan hyvin alkanutta harjoittelua.

Fysioterapeutti 3 kertoo käyttävänsä kapnografia erilaisten oirekuvien selvittämisessä. Hänen mielestään kapnografi tuo tietoa niin fysioterapeutille kuin asiakkaallekin oirekuvasta sekä auttaa oireiden tunnistamisessa. Hän esimerkiksi käyttää laitetta yhdessä Nijmegenin-kyselylomakkeen kanssa hyperventilaation oireiden tunnistamisessa. Kapnografin avulla voidaan selvittää autonomisen hermoston tasapainotilaa, sillä hermostolla on suora vaikutus hengitykseen. Hän lisää kapnografin olevan hyvä apuri, kun erotellaan toiminnallisen hengityshäiriön oireita astman oireista. Fysioterapeutti 1 ja 3 kertovat käyttävänsä laitetta alku- ja loppumittauksissa sekä asiakkaan tilanteen seurannassa. Fysioterapeutti 2:n mukaan laitteen antama data toimii hyvänä keskustelun avaajana sekä psykoedukaation tukena.

Fysioterapeutti 3: Toisinaan kapnografi näyttää asiakkaan olevan voimakkaassa hypokapniatilassa, eikä asiakas kärsi lainkaan oireista. Tämä on kuitenkin viesti terapeutille autonomisen hermoston epätasapainotilasta ja asiakkaan adaptaatiosta matalaan CO₂-tasoon

Fysioterapeutti 2: Esimerkiksi hengitystiheys voi olla levossa olla yli 20 x/min ja potilas näyttää rauhalliselta. Myöskin potilas voi olla jatkuvassa hyperventilaatiotilassa SpO₂ 99–100 % ja FetCO₂ alle 4.5 %. Näin päästään potilaan kanssa keskustelemaan mitä hengityksen epätasapainolla tarkoitetaan ja esimerkiksi ohjataan huulirakohengitys tai käsikuppihengitys, jotta hengitys pääsisi tasapainoon.

Fysioterapeutit 1 ja 2 painottavat kehon, ajatuksien, tunteiden sekä hermoston yhteyttä toisiinsa ja sitä, miten ne vaikuttavat hengitykseen. Fysioterapeutti 2 tuo esille vastauksissaan hengityksen tasapainoon vaikuttavia tekijöitä, joita ovat mm. biomekaaniset, psyykkiset sekä fysiologiset tekijät. Näistä syistä ihminen tulee ottaa huomioon kokonaisvaltaisesti. Fysioterapeutti 1:n mukaan asiakas voi näyttää päälle päin hyvinkin rauhalliselta, mutta kapnografin numerot kertovat aivan muusta, tästä on hänen mukaansa hyvä lähteä harjoittelemaan itsesääätelyä ja kehotietoisuutta. Fysioterapeutti 3 kertoo kapnografin voivan osoittaa asiakkaalle sen, että hän pystyy auttamaan itseään ja huomaamaan,

että omalla tekemisellä on vaikutusta. Lisäksi hän käyttää laitetta erilaisten harjoitteiden kanssa, jolloin asiakas saa välittömän palautteen niiden vaikutuksesta.

Haastatteluista selviää, että kapnografia voidaan hyödyntää fysioterapiassa niin lapsilla, aikuisilla sekä ikääntyneillä yksilöllisesti diagnoosin ja/tai ammatin mukaan. Kaikki fysioterapeutit hyödyntävät laitetta toiminnallisesta hengityshäiriöstä kärsivien asiakkaiden kanssa. Lisäksi he käyttävät laitetta astmaatikkojen kanssa, varsinkin silloin, kun kaikki asiakkaan kokemat oireet eivät selity pelkästään astmalla. Fysioterapeutit 2 ja 3 hyödyntävät kapnografia asiakkailta, joilla on tai epäillään olevan autonomisen hermoston säätelyhäiriöitä. He kertovat käyttävänsä laitetta kipuasiakkailta ja fysioterapeutti 3 tarkentaa, että hankalat kipuongelmat, esim. lantionpohjan toiminnan häiriöt, voivat heijastua hengitykseen tai ne voivat selittyä hengityksen ongelmilla. Fysioterapeutti 2 selittää laitteen käyttöä kipuasiakkailta, sillä autonominen hermosto säätelee hengitystä, ja kipu ja hengitys ovat vahvasti toisiinsa linkittyneinä.

Emotionaalisen trauman kokeneilla asiakkailta fysioterapeutti 3 kertoo käyttävänsä kapnografia selittämään trauman aiheuttamia kehoreaktioita. Paniikkihäiriöstä kärsivillä hän käyttää laitetta osoittamaan asiakkaalle, että happea on riittävästi, sillä paniikkihäiriössä asiakas usein kokee hapenpuutteen tunteita. Kapnografian avulla asiakas voi opetella tunnistamaan ensioireita ennen kohtausta sekä luoda asiakkaalle työkaluja kohtausten hallintaan.

Fysioterapeutit 2 ja 3 hyödyntävät kapnografia myös urheilijoiden kanssa. Fysioterapeutti 3 tarkentaa käyttävänsä laitetta urheilijoiden hengityksen merkityksen ja laadun sekä palautuneisuuden osoittamiseen. Esimerkiksi fysioterapiassa voidaan muun terapian lisäksi harjoitella tasapainoista hengitystä juostessa, minkä tavoitteena on optimoida urheilusuoritusta. Hän käyttää myös kapnografia näyttelijöiden, laulajien, puhujien sekä muiden äänenkäytönammattilaisten kanssa, jotka hyötyvät mittaustuloksista sekä laitteen avulla tehdyistä harjoitteista. Lisäksi fysioterapeutti 2 käyttää laitetta potilailla, joilla on todettu toiminnallinen äänihuulisalpaus sekä limapotilaiden ja kroonisten yskijöiden kanssa.

Kaikki haastatellut fysioterapeutit kokevat laitteen lähtökohtaisesti hyväksi eikä sen käytössä ole ilmennyt suurempia haasteita. Kaikki listaavat yhdeksi haasteeksi nenäanturin; fysioterapeutit 1 ja 2 mainitsevat haasteeksi nenäanturin pysymisen sieraimessa erityisesti lapsilla ja fysioterapeutti 3:n mukaan nenäanturi voi aluksi aiheuttaa ihmetystä. Hän jatkaa, että joillain asiakkailla laitteen antama data tuo helpotusta, sillä se osoittaa hapen riittävyyden, vaikka hapenpuutteen tunne onkin valtava. Fysioterapeutti 1 kertoo, että joillekin asiakkaista numerot konkretisoivat hengitystä ja voivat tuoda turvan tunnetta, sillä monelle hengitys on hyvin abstraktia.

Fysioterapeutit 2 ja 3 kertovat joidenkin asiakkaiden aluksi kokevan laitteen jännittävänä. Osalla asiakkaista fysioterapeutti 2:n mukaan hengityksen seuraaminen voi laukaista voimakkaan hyperventiloinnin, ahdistuksen ja dissosiaation. Fysioterapeutit 1 ja 3 korostavat terapeutin rauhallisuutta ja asioiden selkeää ilmaisua asiakasohjauksen aikana. Fysioterapeutti 1 kehottaa käyttämään laitetta ensin itsellään ja opetelemaan laitteen eri käyttömahdollisuuksia.

Fysioterapeutti 1: Tärkeää on, että terapeutti on rauhallinen eikä hätäkähde näytön numeroista ja muutoksista ja potilaan mahdollisista reaktioista

Fysioterapeutti 3:n mukaan olisi hyvä osata tulkita laitteen antamia monenlaisia tuloksia, sillä aina kyseessä ei ole toiminnallinen hengityshäiriö, joten terapeutin tulee perehtyä myös keuhkosairauksien aiheuttamiin käyriin. Haastateltavien fysioterapeuttien vastauksista ilmenee se, että terapeutin tulee olla perehtynyt hyvin kapnografiaan ja hengitykseen vaikuttaviin tekijöihin. Tarvittaessa terapeutin tulee osata ohjata asiakas eteenpäin esimerkiksi lääkärin vastaanotolle.

Kaikkien fysioterapeuttien mukaan tulevaisuudessa kapnografia voisi hyödyntää laajemmin osana hengitysfysioterapiaa. Fysioterapeutti 3:n mukaan harvoilla asiakkailla on mahdollisuus päästä sellaiselle terapeutille, jolta laite löytyy. Hän näkee, että kapnografia voitaisiin käyttää fysioterapiassa laajemmin. Fysioterapeuttien vastauksissa korostuu, että laitetta voidaan käyttää hyvin monipuoli-

sesti erilaisilla asiakkailla riippuen terapian tavoitteista. Tauluk-
koon 4 on koottu keskeisimpiä asioita, miten kapnografia hyödynnetään fysio-
terapian tukena.

TAULUKKO 4. Kapnografian hyödyntämisen keskeisiä asioita

<p>KAPNOGRAFIN HYÖDYNTÄMINEN FYSIOTERAPIASSA</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Toiminallisten hengityshäiriöiden fysioterapia • Alku- ja loppumittaus • Psykoedukaation tukena • Havainnoinnin ja tutkimisen tukena • Hengityksen reaaliaikainen seuraaminen • Hengityksen ja autonomisen hermoston tasapainotilan selvittäminen • Asiakkaan motivointi ja hengityksen konkretisoiminen • Haastavien oirekuvien selvittäminen • Terapeuttisen harjoittelun tukena • Terapian vaikuttavuuden osoittaminen
<p>KENELLÄ KÄYTETÄÄN?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Lapset, aikuiset sekä ikääntyneet • Toiminnalliset hengityshäiriöt • Autonomisenhermoston säätelyhäiriöt • Astmaatit • Kipuasiakkaat • Paniikkihäiriöt • Traumatisoituneet asiakkaat • Urheilijat ja äänenkäytönammattilaiset
<p>HAASTEET</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ei suuria haasteita • Nenäanturin pysyminen sieraimessa • Laite voi jännittää • Hengityksen seuraaminen voi provosoida oireita

8 OPETUSMATERIAALI

8.1 Oppiminen

Hyvän opetusmateriaalin tuottamiseksi on hyvä ymmärtää oppimisen perusperiaatteita, jotta opetusmateriaali tukee erilaisia oppijoita. Opetusmateriaali on rakennettu niin, että jokainen aihealue luo pohjaa tuleviin aihealueisiin. Opetusmateriaali pyrkii luomaan hyvän kokonaiskuvan laitteen käytöstä ja se mahdollistaa myös teoretiedon soveltamisen käytäntöön.

Oppiminen on elämänlaajuinen prosessi, minkä avulla ihminen kehittää jatkuvasti itseänsä ja toimintaansa. Ihminen omaksuu kaiken aikaa uusia taitoja, tietoja sekä asenteita, joiden avulla pystymme toimimaan muuttuvassa yhteiskunnassa. (Kokkinen, Rantanen-Väntsi & Tuomola 2008, 6–7.) Oppiminen määritellään tiedon omaksumisena, muistamisena, soveltamisena sekä vanhan tiedon muokkaantumisenä (Oulun yliopisto 2015). Keskeisintä oppimisessa on tiedon ymmärtäminen ja sisäistäminen, jolloin uutta tietoa voidaan käyttää tarkoituksen mukaisesti. Kokonaisuuksien ja keskeisten asioiden ymmärtäminen on tärkeämpää kuin asioiden ulkoa opetteleminen. (Kokkinen ym. 2008, 12–13.)

Oppimiseen vaikuttaa monet eri tekijät: opiskelutaidot ja –tekniikat, motivaatio, sosiaaliset vuorovaikutussuhteet, asenteet, tunteet sekä oppijan rooli. (Kokkinen ym. 2008, 12,14, 29). Jokaisella ihmisellä on yksilölliset opiskelutaidot, jotka kehittyvät jatkuvasti. Opiskelutaitoja ovat motivaation rakentaminen, yksilölliset oppimistaidot, sosiaaliset ja ajan hallinnan taidot sekä metakognitiiviset taidot. (Oulun yliopisto 2015.) Sisäinen motivaatio ohjaa ihmistä parhaiten oppimiseen ja tiedon hyödyntämiseen. Ulkoisesti motivoituneen ihmisen oppimista ohjaa jokin palkinto, kuten hyvä arvosana eikä itse asian oppiminen (Kokkinen ym. 2008, 15). Oppimisen suunnittelu ja aikatauluttaminen, ryhmätyötaidot sekä käsitys itsestä oppijana ovat keskeisiä opiskelutaitoja. On myös tärkeää huolehtia omasta jaksamisesta sekä palautumisesta, jotta aivot pystyvät prosessoimaan uutta tietoa mahdollisimman tehokkaasti (Oulun yliopisto 2015).

Oppiminen on kokonaisvaltaista toimintaa, jossa ihminen käyttää kaikkia aistiaan sekä tunteitaan. Jokainen ihminen vastaa omasta oppimisestaan ja jokaisella on omanlaisensa oppimismielityksensä. Erilaisia oppimismielityksiä on visuaalinen, auditiivinen, kinesteettinen eli tekemällä oppiminen ja taktiilinen eli tuntoaistin kautta oppiminen. Ihminen oppii vain noin 10% lukemastaan. Parhaiten oppiminen tapahtuu, kun ihminen pääsee itse kokemaan ja osallistumaan sekä jakamaan omaa osaamistaan muiden kanssa. (Kokkinen ym. 2008, 20–24.)

8.2 Hyvä opetusmateriaali

Opetusmateriaalina voidaan pitää kaikkea opetuksessa käytettävää materiaalia. Opetusmateriaalin tavoitteena on välittää opiskelijoille tietoa ja saada aikaan tavoitteellisia oppimiskokemuksia, jotka johtavat pysyviin tietojen ja taitojen muutoksiin. Opiskeltava aine, opetuksen tavoitteet ja kohderyhmä määrittelevät opetusmateriaalin tehtävät opetustilanteessa. (Uusikylä & Atjonen 2005, 163–164.) Karkeasti opetusmateriaalit voidaan jakaa painettuun ja sähköiseen oppimateriaaliin. Painettua oppimateriaalia ovat esim. oppi- ja tehtäväkirjat. Sähköisiä oppimateriaaleja voivat olla e-kirjat, videot, PowerPoint-esitykset, erilaiset pelit (esim. Kahoot), digitaaliset oppimisympäristöt (esim. Moodle) sekä verkkokurssit. (Ekonoja 2017.)

Hyvä opetusmateriaali motivoi ja osallistaa opiskelijoita sekä tuo pedagogista lisäarvoa. Hyvin toimiva opetusmateriaali tukee sekä opetusta että oppimista. Laadukas opetusmateriaali vastaa opiskelijan osaamista, kiinnostusta ja tarpeita keskittyen ydinasioihin. Samalla hyvä opetusmateriaali tukee oppimistaitojen ja yhteisöllisen työskentelyn kehittymistä sekä aktivoi oppijan omaa ajattelua. (Ilomäki 2012, 10–11.) Hyvä ja laadukas opetusmateriaali on selkeä ja sen tulee painottaa opetuksen kannalta tärkeitä asioita. Toimiva opetusmateriaali vastaa ympäristön ja opetusvälineiden tarpeisiin. (Uusikylä & Atjonen 2005, 165–167.)

Opinnäytetyötä varten on haastateltu sähköpostin välityksellä kahta Tampereen ammattikorkeakoulun fysioterapian lehtoria: Maria Maljasta sekä Pirjo Lehto. Sähköpostit sisälsivät opetusmateriaaliin liittyviä kysymyksiä, joissa he kertoivat omia näkemyksiään hyvästä opetusmateriaalista sekä sen käytöstä. Fysioterapian lehtorin Pirjo Lehdon (2020) mukaan toimiva opetusmateriaali on selkeä ja havainnollinen sekä tarkoituksenmukaisesti tiivistetty. Lehto kertoo käyttäneensä vuosien varrella monia erilaisia materiaaleja, joista osa on muuttunut digitalisaation myötä. Lehto kertoo käyttäneensä opetuksessa PowerPoint –esityksiä, tekstiä, joka on koottu Word –tiedostoon, sekä kuvia, kirjoja, kuvastoja, artikkeleita, videoita, ja konkreettisia anatomia malleja. Fysioterapian lehtorin Maria Maljasen (2020) mukaan nykyaika tuo opettajille haasteita digitaalisen opetusmateriaalin tuottamiseen ja käyttämiseen. Hänen mukaansa materiaali pitäisi olla helposti katsottavissa, luettavissa ja/tai kuunneltavissa. Hän motivoituu käyttämään sellaista materiaalia, joka lisää opetustilanteen toiminnallisuutta. Maljasen kokemuksen mukaan opiskelijat pitävät esimerkkitapauksista, jotka tuovat käytännönläheisyyttä opetukseen.

8.3 Opetusmateriaalin suunnittelu ja toteutus

Opetusmateriaali on suunnattu Tampereen ammattikorkeakoulun fysioterapeutin tutkinto-ohjelma opiskelijoille sekä psykofyysisen fysioterapian täydennyskoulutukseen. Opetusmateriaali toimii osana isompaa opintokokonaisuutta, ja se voi olla esillä opetustilanteissa ja/tai sen voi ladata digitaaliseen oppimisympäristöön itsenäistä opiskelua varten. Materiaalin tarkoituksena on lisätä opiskelijoiden tietoa kapnografin ja pulssioksimetrin käytöstä ja hyödyntämisestä fysioterapiassa. Materiaali on suunnattu opiskelijoille, joilla on jo perustiedot hengityksestä ja hermoston toiminnasta, sekä niiden vaikutuksesta elimistön toimintaan.

Opetusmateriaalin ideointi ja suunnittelu aloitettiin toimeksiannon ja opettajien haastattelujen pohjalta. Opettajien kokemusten, sekä oppimista ja opetusmateriaalia koskevan teoriatiedon perusteella päädyimme PowerPoint –esitykseen. Tampereen ammattikorkeakoulun fysioterapeuttikoulutuksella on käytössään kapnografilaite ja laite tulee olemaan nähtävillä ja käytettävissä opetusti-

lanteessa. Ajatuksena oli koota monipuolinen, informatiivinen ja selkeä materiaali, joka tukee erilaisia oppimismieltyymiä. Muita opetusmateriaalin sisältöä ohjaavia tekijöitä olivat opinnäytetyön teoriaosuus, sekä laitetta työssään käyttävien fysioterapeuttien kokemukset.

Valitsimme opetusmateriaaliin PowerPointista neutraalin ja selkeän pohjan, jotta materiaalin ulkoasu pysyisi selkeänä ja helposti luettavana. Opetusmateriaalin sisältö suunniteltiin opinnäytetyön teoriaosuuden pohjalta. Valitsimme opetusmateriaaliin aihekokonaisuudet, joiden ymmärtäminen on oleellista kapnografin käytön kannalta. Opetusmateriaali sisältää teoriaosuudet hengityksestä, epätasapainoisesta hengityksestä ja kapnografista, sekä sen hyödyntämisestä osana fysioterapiaa. Hengitysosio sisältää tiiviin kertauksen hengityselimistöä, sen tehtävistä ja hengityksen fysiologiasta. Hengityksen säätelystä on kerrottu yksityiskohtaisemmin, koska sen ymmärtäminen on oleellista laitteen käytön sekä siitä saatujen tuloksien hyödyntämisen kannalta. Kapnografi ja pulssioksimetri osuuteen toimme teoretietoa laitteen toimintaperiaatteesta, sen antamista arvoista sekä erilaisista hengityskäyristä ja niiden tulkinnoista. Opetusmateriaalin loppuun on koottu, miten laitetta voidaan konkreettisesti hyödyntää fysioterapiassa sekä muutama erilainen tapausesimerkki, joiden tarkoituksena on, että opiskelija pääsee hyödyntämään opetusmateriaalin teoretietoa ja soveltamaan oppimaansa käytännössä.

Sisältöä kootessamme yhdeksi haasteeksi muodostui teoretiedon rajaaminen. Pyrimme tuomaan jokaiseen osioon selkeästi ja ytimekkäästi oleellimmat asiat, jotka tukevat laitteen käyttöä fysioterapiassa. Sisällön rajaamista ohjasi ajatus siitä mitä opiskelijan tulee tietää ja ymmärtää, jotta hän pystyy hyödyntämään laitetta osana fysioterapiaa. Pyrimme käyttämään lyhyitä lauseita sekä avainsanoja, mutta jotkut osiot vaativat enemmän teoretiedon avaamista ja selittämistä pidemmällä tekstiosuudella. Näissä osioissa käytimme alleviivauksia sekä lihavoituja korostamaan tärkeimpiä asioita. Käytimme kuvia ja taulukoita havainnollistamaan teoretietoa sekä elävöittämään dioja.

Ennen viimeistä työvaihetta lähetimme sen hetkisen version yhteistyökumppanille nähtäväksi, jonka jälkeen työstimme materiaalin loppuun. Materiaalin työs-

täminen sujui vaivattomasti, koska olimme opinnäytetyöprosessin aikana perehtyneet aiheeseen perusteellisesti. Olemme tyytyväisiä lopulliseen opetusmateriaaliin.

9 POHDINTA

Hengitys ja sen merkitys ihmisen toiminnassa jää usein vähälle huomiolle. Harva hakeutuu fysioterapeutin vastaanotolle ainoastaan hengitykseen liittyvien haasteiden vuoksi. Kuitenkin hengitys tulisi huomioida kaikenlaisten asiakkaiden kanssa. Optimaalisella hengitystavalla voidaan esimerkiksi parantaa voimantuottoa lihaskuntoharjoittelussa sekä antaa tukea äänenkäytölle. Tietoinen ja rauhallinen hengitys on avain kirkkaampaan ajatteluun ja levolliseen tilaan, jossa tunteiden käsittelyllä ja vuorovaikutuksella on paikkansa.

Hengityksen huomioiminen fysioterapiatilanteissa lisää asiakkaan kehoitietoisuutta, auttaa asiakasta rauhoittumaan, rentoutumaan ja lisää tietoista läsnäoloa. Huomion vieminen hengitykseen lisää minäpystyvyyttä ja voi helpottaa ahdistuksen tunnetta sekä tasata vireystilaa optimaaliselle tasolle. Rennon ja pystyvän ihmisen on helpompi ottaa vastaan fysioterapeutin ohjausta. Terapeutin ollessa rauhallinen ja tietoisesti läsnä, välittyy tämä myös asiakkaalle, luoden turvallisen toimintaympäristön.

Hengitys on monelle abstrakti käsite, johon ihminen ei ole välttämättä kiinnittänyt aikaisemmin huomiotaan. Hengityseräiset oireet voivat olla vaikeita tunnistaa ja ne voidaan kokea ahdistavina tai pelottavina. Kapnografin avulla fysioterapeutti voi selittää psykoedukaation keinoin asiakkaan kokemien oireiden alkuperää. Laitetta voidaan hyödyntää kaikissa fysioterapiaprosessin vaiheissa: alku- ja loppumittauksissa, havainnoinnin ja tutkimisen välineenä, terapeuttisen harjoittelun tukena, motivoinnin keinona ja osana palautteen antamista. Kapnografin avulla voidaan tunnistaa jo pienetkin muutokset hengityksessä, ja asiakas voi peilata omia tuntemuksiaan laitteesta saatavaan dataan. Joskus asiakkaalla voi olla tunne voimakkaasta hapenpuutteesta, mutta laite osoittaa, että happea on riittävästi.

Opinnäytetyön tavoitteena oli koota tietoa kapnografin ja pulssioksimetrin käyttömahdollisuuksista osana fysioterapiaa, sekä lisätä fysioterapeuttien ja fysioterapeuttiopiskelijoiden tietoisuutta laitteen hyödyistä ja käyttöaiheista. Onnistuimme kokoamaan kattavan teoriaosion hengityksen fysiologiasta, epätasapainoisesta

hengityksestä sekä kapnografi- ja pulssioksimetrilaitteista ja niiden hyödyntämisestä osana fysioterapiaa. Opinnäytetyö tarjoaa sen lukijalle hyvän yleiskatsauksen hengityksestä ja kapnografian hyödyntämisestä osana fysioterapiaa. Tarkoituksena oli luoda opetusmateriaali laitteen hyödyntämisestä Tampereen ammattikorkeakoulun fysioterapeuttikoulutuksen käyttöön. Opetusmateriaali tulee osaksi hengitysfysioterapian opintokokonaisuutta, sekä sitä hyödynnetään mahdollisesti psykofyysisen fysioterapian täydennyskoulutuksessa. Materiaali on toteutettu PowerPoint -esityksenä, joka voidaan ladata sähköiseen oppimisympäristöön, jolloin sitä voidaan hyödyntää itsenäiseen opiskeluun tai osana lähiopetusta. Saimme koottua selkeän, tiiviin ja informatiivisen opetusmateriaalin, jotka elävöittävät ja selkeyttävät edelleen asiaan sopivat kuvat ja taulukot.

Yhteistyö Tampereen ammattikorkeakoulun kanssa sujui hyvin ja saimme työn tekemiseen selkeät raamit ja vuorovaikutussuhde oli toimiva. Koimme yhteistyön helppona ja vaivattomana sekä saimme hyvää ohjausta työn tekemiseen. Ryhmämme yhteistyö sujui mutkattomasti ja kaikki tekivät oman osuutensa työhön.

Alun perin opinnäytetyömme aiheena oli käyttää kapnografia mittaamaan tapaustutkimuksessa koira-avusteisen fysioterapian fysiologisista vaikutuksista ihmisen hengitykseen. Saimme tietoomme, että koululta löytyy kapnografilaite, mutta laitteen paikantaminen tuotti opinnäytetyöprosessin alussa haasteita. Lisäksi laitteeseen löytyi vain yksi nenäanturi, joka on asiakaskohtainen. Uusien nenäantureiden tilaaminen oli haastavaa, sillä koulun laitteeseen niitä ei ollut saatavilla Suomesta. Lopulta laitteeseen tilattiin sopivat nenäanturit ulkomailta, joiden toimittaminen kesti useita kuukausia. Jouduimme lopulta luopumaan aiheesta kokonaan aiempien haasteiden ja vallitsevan COVID-19 tilanteen vuoksi, sillä yhteistyökumppani jätti koira-avusteisen fysioterapian toteuttamisen tauolle, eikä ollut varmuutta, milloin saisimme asiakkaan tapaustutkimusta varten. Epävarmuuden ja aikataulussa pysymisen vuoksi päädyimme toukokuussa 2020 vaihtamaan opinnäytetyön aiheen. Olimme jo päässeet tutustumaan kapnografiin ja sen mahdollisuuksiin, ja meille oli jo alusta asti selvää, että haluamme käyttää sitä osana opinnäytetyötämme.

Opinnäytetyöprosessin aikana pääsimme syventämään tietämystämme erityisesti hengityksen säätelystä ja epätasapainoisesta hengityksestä. Aiheeseen syventyessämme korostui hengityksen kokonaisvaltainen merkitys kehossa ja perehdyimme hengityksen syy–seuraus -suhteisiin, esimerkiksi, miten veren hiilidioksidipitoisuuden muutokset selittävät hyperventilaatiossa tyypillisesti esiintyviä oireita. Opinnäytetyön tekeminen konkretisoi hermoston ja hengityksen välistä yhteyttä. Tästä heräsi keskuudessamme keskustelua, miten hermoston toimintaan voidaan vaikuttaa fysioterapian keinoin.

Yksi suurimmista opinnäytetyömme haasteista oli aikataulussa pysyminen aiheen vaihtumisen jälkeen. Vaikka opinnäytetyöprosessiin oli käytettävissä vähemmän aikaa, meille oli tärkeää, että työstä tulee kattava ja viimeistelty. Pääsimme omasta mielestämme tähän tavoitteeseen. Toisena haasteena työtä tehdessämme oli tiedon niukkuus kapnografin käytöstä fysioterapiassa. Päädyimme haastattelemaan laitetta työssään käyttäviä fysioterapeutteja, joilta saimme arvokasta käytännönkokemusta laitteesta. Lähetimme kapnografi- ja pulssioksimetriseurannan hyödyntäminen fysioterapian tukena -kappaleen kokonaisuudessaan haastatteluun vastanneille fysioterapeuteille, ja saimme osiosta hyvää palautetta. Mielestämme tästä osiosta saa kattavan kuvan siitä, miten kapnografia voidaan tällä hetkellä hyödyntää fysioterapiassa. Jatkossa kapnografia voisi hyödyntää erilaisissa tapaustutkimuksissa esimerkiksi kipupotilailla, sekä olisi mielenkiintoista kuulla asiakkaiden kokemuksia laitteen käytöstä ja hyödyistä fysioterapiassa. Laitetta voisi myös hyödyntää osoittamaan eläinavusteisen fysioterapian vaikutuksia hengitykseen.

LÄHTEET

CEPCP. 2011. Professional Development: ETCO2 Monitoring. Lakeridge Health. Luettu 21.7.2020. <https://www.lakeridgehealth.on.ca/en/our-services/resources/ETCO2%20reading.pdf>.

Ekonoja, A. 2017. Oppimateriaalituotanto. [pdf] Päivitetty 25.10.2017. Luettu 21.8.2020. http://appro.mit.jyu.fi/2017/syksy/oppimateriaalituotanto/luennot/ties460_luento1_2017.pdf

Hervonen, A. 2004. Tuki- ja liikuntaelimestön anatomia. 7. painos. Tampere: Lääketieteellinen oppimateriaalikustantamo.

Ilomäki, L. 2012. E-oppimateriaalit oppimisen ja opettamisen tukena. Teoksessa Ilomäki, L. (toim.) Laatu e-oppimateriaaleihin. E-oppimateriaalit opetuksessa ja oppimisessa. Opetushallitus. [pdf] Luettu 21.8.2020. https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/144415_laatu_e-oppimateriaaleihin_2.pdf.

Kaakinen, T. 2014. Kapnometri. Teoksessa Pölonen, P. Ala-Kokko, T. Helveranta, K. Jänntti, H. & Kokko, A. (toim.) Akuuttihoidon laitteet. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 63–68.

Karhumäki, E. Kärkkäinen, M. Nieminen, K. & Syrjäkallio-Ylitalo, M. 2014. Päästä varpasiin: Ihmisen anatomia ja fysiologia. 7. uudistettu painos. Porvoo: Bookwell Oy

Kauranen, K. 2017. Fysioterapeutin käsikirja. 1. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy

Kokatnur, L. & Rudrappa, M. 2017. Diaphragm disorders. Päivitetty 05/2020. Luettu 15.7.2020. Yhdysvallat: StatPearls Publishing. Abstrakti. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470172/>

Kokkinen, A. Rantanen-Väntsi, L. Tuomola, A. 2008. Aikuisen oppijan kirja. 1. painos. Helsinki: Tekijät ja Kotimaa-Yhtiöt Oy / Kirjapaja.

Laitinen, T. Mäntysaari, M. Hartikainen. Autonomisen hermoston rakenne ja toiminta. Teoksessa Sovijärvi, A. Hartiala, J. Knuuti, J. Laitinen, T. Malmberg, P. (toim.) Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Duodecim Oppiportti. Päivitetty 23.11.2018. Luettu 9.8.2020. <https://www.oppiportti.fi/op/kji00161/do>.

Lehtinen, P. Tammivaara, R. Seppä, M. Luutonen, S. & Äärelä, E. 2000. Hyperventilaatio ja sen hoitomahdollisuudet. [pdf] Luettu 28.7.2020. Lääketieteellinen aikakausikirja Duodecim 116 (18), 1969–1975. <https://www.duodecim-lehti.fi/xmedia/duo/duo91753.pdf>

Lehto, P. fysioterapian lehtori. 2020. Kysymyksiä opinnäytetyöhön liittyvästä opetusmateriaalista. Sähköpostiviesti. Luettu 13.5.2020.

Leikola, A. Mäkelä, J. Punkanen, M. 2016. Polyvagaalinen teoria ja emotionaalinen trauma. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim. 132 (1), 55–61. Luettu 16.8.2020. <https://www.duodecimlehti.fi/duo12910>.

Maljanen. M. fysioterapian lehtori. 2020. Kysymyksiä opinnäytetyöhön liittyvästä opetusmateriaalista. Sähköpostiviesti. Luettu 18.5.2020.

Martin, M. Seppä, M. Lehtinen, P. & Törö, T. 2014. Hengitys itsesäätelyn ja vuorovaikutuksen tukena. Tampere: Mediapinta Oy.

Metsävainio, K. Junttila, E. 2016. Hengityksen arviointi ja seuranta (B= breathing). Teoksessa Rosenberg, P. Alahuhta, S. Lindgren, L. Olkkola, K. Ruokonen, E. (toim.) Anestesiologia ja tehohoito. Duodecim Oppiportti. Päivitetty 25.11.2016. Luettu 19.7.2020. https://www.oppiportti.fi/op/atd00047/do?p_haku=kapnometri#q=kapnometri.

Mustajoki, P. 2019. Alkaloosi (elimistön nesteiden liiallinen emäksisyys). Duodecim terveyskirjasto. Päivitetty 7.3.2019. Luettu 28.7.2020. https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00655

Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björkqvist S-E. 2016. Ihmisen fysiologia ja anatomia. 20. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Oulun Yliopisto. 2015. Oppiminen on taitolaji! Opiskelun tehostamisen teemaluento, osa 2. [pdf] Luettu 20.8.2020. https://www oulu.fi/yliopisto/sites/default/files/Oppiminen_on_taitolaji_2015.pdf.

Physio-Control. 2009. Capnography: It's a Gas! Physio-Control. [pdf] Luettu 19.7.2020. [Capnography: It's a Gas! - Physio-Controlwww.physio-control.com > WorkArea > DownloadAsset](http://www.physio-control.com/WorkArea/DownloadAsset).

Physio-Control. 2016. Capnography. Quick Reference Guide. [pdf] Luettu 27.7.2020. [Capnography-Physio-Controlwww.physio-control.com > WorkArea](http://www.physio-control.com/WorkArea).

Piirilä, P. Salorinne, Y. Malmberg, P. 2018. Oksimetria. Teoksessa Sovijärvi, A. Hartiala, J. Knuuti, J. Laitinen, T. Malmberg, P. (toim.) Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Duodecim Oppiportti. Päivitetty 23.11.2018. Luettu 26.7.2020. https://www.oppiportti.fi/op/kji00025/do?p_haku=pulssioksimetria#q=pulssioksimetria.

Punikanen, M. 2015. Kehomenetelmien käyttö traumahoidon vakauttamisvaiheessa. Teoksessa Suokas-Cunliffe, A. (toim.) Häpeästä myötätuntoon. Näkökulmia vakavaan traumatisoitumiseen. Helsinki: Traumaterapiakeskus Ry.

Puolakka, J. 1999. Ensihoidon toimenpiteet ja potilaan tilan seuranta. Teoksessa Alaspää, A. Kuisma, M. Rekola, L. Sillanpää, K. (toim.) Ensihoidon käsikirja. Helsinki: Kirjayhtymä Oy.

Rautaparta, M. 2019. Hyvän hengityksen anatomia. Kuinka palauttaa hengitys tietoisuuteen. Helsinki: Basam Books Oy.

Reitala, J. 1995. Hengitysvaikeus: Pulssioksimetria. Teoksessa Heinälä, P. Kinnunen, A. Koskimies, O. Lehtomäki, L. Lehtonen, J. Murtomaa, M. Paakkonen, H. Reitala, J. Repo, H. Silfvast, T. Tahvanainen, J. Turva, J. Vanni, S. Väisänen, O. (toim.) Sairaankuljetus ja ensihoidon perusteet. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Salmenperä, M. Yli-Hankala, A. 2014. Hengityskaasut. Teoksessa Rosenberg, P. Alahuhta, S. Lindgren, L. Olkkola, K. Ruokonen, E. Anestesiologia ja tehohoito. Duodecim Oppiportti. Päivitetty. 2.3.2014. Luettu 19.7.2020. <https://www.oppoportti.fi/op/ajit00663/do>.

Salminen, M. 2015. Autonominen hermosto. Teoksessa Frilander, M., Heino, T., Jernvall, J., Partanen, J., Sainio, K., Salminen, M., Sariola, H., Thesleff, I. & Wartiovaara K. (toim.) Kehitysbiologia. Kustannus Oy Duodecim.

Sand, O. Sjaastad, O. Haug, E. Bjälje, J. & Toverud, K. 2014. Ihminen: Fysiologia ja anatomia. 8.–11. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Sovijärvi, A. 2017. Miksi hengästyn? 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Sovijärvi, A. Salorinne, Y. Malmberg, P. 2018. Hengityksen fysiologiaa. Teoksessa Sovijärvi, A. Hartiala, J. Knuuti, J. Laitinen, T. Malmberg, P. (toim.) Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Duodecim Oppiportti. Päivitetty 23.11.2018. Luettu 29.7.2020. <https://www.oppoportti.fi/op/kji00001/do>.

Sovijärvi, A. Salorinne, Y. Malmberg, P. 2018. Hengityksen patofysiologiaa. Teoksessa Sovijärvi, A. Hartiala, J. Knuuti, J. Laitinen, T. Malmberg, P. (toim.) Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Duodecim Oppiportti. Päivitetty 23.11.2018. Luettu 29.7.2020. <https://www.oppoportti.fi/op/kji00003/do>

Tilakaratna, P. n.d. Capnography. How capnograph monitors work explained simply. Luettu 14.7.2020. <https://www.howequipmentworks.com/capnography/>.

Tuomi, J. 2007. Tutki ja lue. Johdatus tieteellisen tekstin ymmärtämiseen. Helsinki: Tammi.

Uusikylä, K. Atjonen P. 2005. Didaktiikan perusteet. 3. uudistettu painos. Helsinki: WSOY.

Vierimaa, H. & Laurila, M. 2017. Keho: Anatomia ja fysiologia. 7. uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Viitala, N. 2020. Kapnografi- ja pulssioksimetrilaitte osana psykofyysistä fysioterapiata. Psyfy 1/2020, 16–19.

Vilka, H. & Airaksinen, T. 2004. Toiminnallinen opinnäytetyö. 1.–2. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. 9–10.