



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Erika Kamppari

Pulssioksimetrilaitevertailu

Meilahden sairaalan Kliinisen fysiologian yksikölle

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Bioanalyttikko (AMK)

Bioanalytiikan tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

17.4.2020

Tekijä(t) Otsikko	Erika Kamppari Pulssioksimetrilaittevertailu: Meilahden sairaalan Kliinisen fysiologian yksikölle
Sivumäärä Aika	40 sivua + 1 liitettä 17.4.2020
Tutkinto	Bioanalyytikko (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Bioanalytiikan tutkinto-ohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Bioanalytiikka
Ohjaaja(t)	lehtori Merja Ojala osastonylilääkäri, LKT, dosentti Päivi Piirilä laboratoriohoitaja Julia Hämäläinen laboratoriohoitaja Tommi Åhman
<p>Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin eli HUS Diagnostiikkakeskus Meilahden sairaalan Kliinisen fysiologian yksikössä on esiintynyt vaihtelevuutta käytössä olevien neljän saturaatiomittarin eli pulssioksimetrin lukemisessa. Käytössä olevat pulssioksimetrit ovat antaneet keskenään eriäviä lukemia samanaikaisesti samalta potilaalta mitattuna kliinisen rasituskokeen spiroergometrian yhteydessä. Tämä nosti esille tarpeen verrata pulssioksimetriä antamia lukemia valtimoverinäytteen lukemiin.</p> <p>Tämän tutkimuksellisen opinnäytetyön tarkoituksena oli analysoida aineisto pulssioksimetrilaitteiden toiminnasta Kliinisen fysiologian yksikölle. Aineiston analysoinnilla haluttiin selvittää vastaavatko saturaatiomittareiden tulokset valtimoverinäytteen happisaturaatiota ja ovatko eri happisaturaatiolaitteiden tulokset keskenään yhteneväisiä.</p> <p>Kliinisen fysiologian yksikkö keräsi aineiston 19:ltä yksikköön valtimoverinäytteenottoon saapuneelta potilaalta syksyllä 2019. Anonyymi aineisto analysoitiin Microsoft Excel taulukkolaskentaohjelmalla. Aineistosta laskettiin normaalijakautuneisuus, erilaisia keskiarvoja ja keskihajontoja. Aineistolle tehtiin parittaisia T-testejä sekä laskettiin Pearsonin korrelaatiokertoimia.</p> <p>Jo mittareille asetetut laatu tiedot kertovat ongelmasta mittareiden saturaatiolukeman luotettavuuden arvioinnissa. Mittareiden laatu tiedot eivät täytyneet usein. Mittareiden välillä ilmeni keskenään eroja samalla mittauskerralla. T-testissä mittareiden erot valtimoverikaasunäytteiden tuloksiin olivat joko tilastollisesti merkittäviä tai erittäin merkittäviä.</p>	
Avainsanat	pulssioksimetri, happisaturaatio, valtimoverikaasu

Author(s) Title	Erika Kamppari Pulse Oximeter Device Comparison for Meilahti Hospital Department of Clinical Physiology
Number of Pages Date	40 pages + 1 appendices 17 April 2020
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Biomedical Laboratory Science
Specialisation option	Biomedical Laboratory Science
Instructor(s)	Merja Ojala, Senior Lecturer Päivi Piirilä, Docent, Head of Department, Consultant Specialist Physician Julia Hämäläinen, biomedical laboratory scientist Tommi Åhman, biomedical laboratory scientist
<p>In Helsinki and Uusimaa Hospital District - HUS Diagnostic Center Meilahti Hospital Department of Clinical Physiology has been fluctuation in the reading of four saturation meters or pulse oximeters that are in use. These pulse oximeters have been giving different readings simultaneously from the same patient as measured in a clinical exercise test. This raised a need to compare the readings given by pulse oximeters with the readings of an arterial blood sample.</p> <p>The purpose of this study was to analyze the data on the operation of pulse oximeter devices for the Department of Clinical Physiology. The aim of the analysis of the data was to find out whether the results of the saturation meters correspond to the oxygen saturation of the arterial blood sample and whether the results of the different oxygen saturation devices are consistent with each other.</p> <p>The Department of Clinical Physiology collected data from 19 patients who arrived for arterial blood sampling at the unit in the autumn of 2019. Anonymous data were analyzed using a Microsoft Excel spreadsheet program. Normal distribution, different means and standard deviations were calculated from the data. Paired T-tests were performed on the data and Pearson's correlation coefficients were calculated.</p> <p>The quality criteria data already indicates a problem in assessing the reliability of the saturation reading of the meters. The quality criteria were often not met. There were differences between the meters at the same time. In the T-test, the differences between the meters and the results of the arterial blood gas samples were either statistically significant or very significant.</p>	
Keywords	pulse oximeter, oxygen saturation, arterial blood gas

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Teoreettiset lähtökohdat	2
2.1	Hengitystiet	2
2.2	Hengitys eli respiraatio	3
2.2.1	Ventilaatio eli keuhkotuuletus	4
2.2.2	Keuhkojen tilavuudet	4
2.2.3	Kaasujen vaihto	5
2.2.4	Kaasujen kuljetus veressä	5
2.3	Opinnäytetyöhön liittyviä kliinisen fysiologian tutkimuksia ja aineiston analysoinnin teoriaa	6
2.3.1	Happisaturaatiomittaus	6
2.3.2	Verikaasuanalyysi	7
2.3.3	Spiroergometria	9
2.3.4	Elektrokardiografia eli EKG	11
2.3.5	Spirometria	11
2.3.6	Keuhkojen diffuusiokapasiteetti	13
2.3.7	Aineiston analysoinnissa käytetyt tilastolliset menetelmät	14
3	Opinnäytetyön tarkoitus, tavoitteet ja tutkimuskysymykset	16
4	Opinnäytetyön toteuttaminen	17
4.1	Opinnäytetyön toteuttamisen lähtökohdat	17
4.2	Tiedonhaku	18
4.3	Aineisto	18
4.4	Tutkimuksessa käytettävät laitteet ja ohjelmat	19
4.5	Aineiston kerääminen	20
5	Opinnäytetyön tulokset	21
5.1	Laatutietojen tulokset	21
5.2	Happisaturaatiomittareiden ja valtimoverikaasunäytteiden keskiarvot ja keskihajonnat	23
5.3	Mittareiden regressiosuorat ja -kertoimet	24
5.4	Pearsonin korrelaatiokertoimet	26
5.5	Parittaiset T-testit	27
6	Pohdinta	28

6.1	Tulosten tarkastelu	28
6.2	Tutkimuksen luotettavuus	29
6.3	Tutkimuksen eettisyys	30
6.4	Johtopäätökset	31
6.5	Tulosten hyödyntäminen ja kehittämis ehdotukset	31
6.6	Ammatillinen kasvu	32
	Lähteet	33
	Liitteet	
	Liite 1. Aineiston keräämiseen käytetty Excel-pohja	

1 Johdanto

Kliininen fysiologia tutkii ihmiskehon elintoimintoja, niiden säätelyä ja häiriöitä. Keskeisiä tutkimuksia ovat keuhkojen ja sydämen sekä ruokatorven toiminnan tutkimukset. Näitä voidaan tehdä lyhytaikaisena sekä pitkäaikaisrekisteröintinä. (Sovijärvi – Hartiala – Knuuti – Laitinen – Malmberg 2018.)

Kliininen fysiologia kuuluu bioanalyytikon koulutuksen erikoisaloihin. Bioanalyytikon tehtäviin kuuluu kliinisen fysiologian yksiköissä koko potilastutkimusprosessi sisältäen vaiheet potilaalle tai lähettävälle osastolle suunnatusta tutkimukseen liittyvästä ennako-ohjeistuksesta tulosten arviointiin sekä tiedottamiseen. Yksiköissä tehdään moniammatillista yhteistyötä bioanalyytikoiden, röntgenhoitajien, sairaanhoitajien, lääkäreiden ja fyysikoiden kesken. (Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede. 2020.)

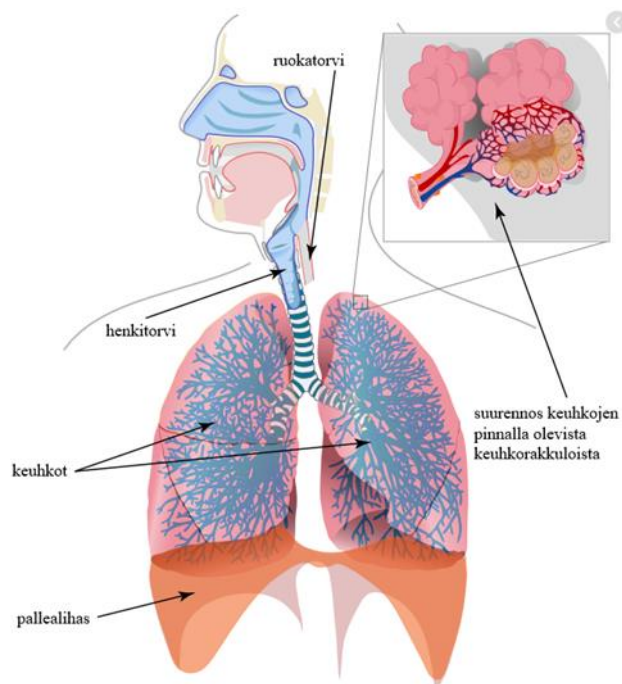
Tämä tutkimuksellisen opinnäytetyö tehtiin Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirille eli HUS Diagnostiikkakeskus Meilahden sairaalan Kliinisen fysiologian yksikölle. Vuonna 2018 HUS:n eri palveluita käyttäneitä henkilöitä oli 518 622 (HUS:n tunnuslukuja. 2018). HUS Diagnostiikkakeskus Kuvantamisen alla tehdään yli 70 000 kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen tutkimusta vuodessa (Terveyskylä. 2019). Meilahden sairaalan Kliinisen fysiologian yksikössä huomattiin, että käytössä olevat neljä eri saturaatiomittaria eli pulssioksimetriä antoivat keskenään eriäviä lukemia samanaikaisesti samalta potilaalta mitattuna. Tämä nosti tarpeen verrata pulssioksimetriä antamia lukemia valtimoverinäytteiden lukemiin. Opinnäytetyössä analysoitiin aineisto yksikölle mittareiden toiminnan selvittämiseksi.

Yksikössä käytössä olevia saturaatiomittareita käytetään esimerkiksi kliinisten rasituskokeiden kuten spiroergometrian yhteydessä. Kliinistä rasituskoetta spiroergometriaa käytetään esimerkiksi rasitushengenahdistusta tutkittaessa. Tutkimuksessa tutkittava polkee valvotuissa olosuhteissa yleensä kuntopyörää eli rasitusergometriä ja hänen kasvoilleen on asetettu maski, jonka kautta mitataan uloshengityksen virtausta ja analysoidaan happi- ja hiilidioksidipitoisuutta. Tutkimuksessa seurataan myös sydänfilmiä ja verenpainetta. (Rasituskokeet. 2019.) Spiroergometriä esitellään tarkemmin kappaleessa 2.3.3.

2 Teoreettiset lähtökohdat

2.1 Hengitystiet

Hengityselimiin kuuluvat hengitystiet ja keuhkot. Hengityselimet voidaan jakaa ylä- ja alahengitysteihin, jotka on esitetty kuviossa yksi. Ylähengitystiet koostuvat nenästä, sen sivuonteloista, suusta, nielusta ja kurkunpäästä. Näiden tehtävänä on sisäänhengitysilman lämmittäminen, kostuttaminen ja epäpuhtauksista puhdistaminen. (Heidemann – Sarnaik 2019.)



Kuvio 1. Hengityselimet (Ihmisen keuhkot 2019).

Nenässä ja sen sivuonteloissa on limakalvo, jonka avulla sisään hengitettävä ilma voidaan kostuttaa. Siellä oleviin värekarvoihin tarttuu ilman epäpuhtauksia ja nenässä oleva runsas verisuonitus mahdollistaa ilman lämmityksen. Värekarvojen avulla lima kulkeutuu keuhkoputkista kurkunpään. Lima ja siinä olevat epäpuhtaudet voidaan niellä ruokatorveen. (Heidemann – Sarnaik 2019.) Mikäli nenäontelon kautta saapuva ilma ei riitä kattamaan elimistön hapentarvetta, osa sisäänhengitysilmaasta kulkee suuontelon kautta (Sand ym. 2016: 357). Kurkunpää sulkeutuu nieltäessä ja se osallistuu äänenmuodotukseen (Heidemann – Sarnaik 2019).

Alahengitysteihin kuuluu henkitorvi, vasemmalle ja oikealle haarautuvat pääkeuhkoputket sekä näistä pienemmiksi haarautuvat keuhkoputket ja ilmatiehyet. Rustosta koostuva henkitorvi jakautuu kahdeksi pääkeuhkoputkeksi, jotka jakautuvat kumpaankin keuhkoon. Tätä liitoskohtaa kutsutaan keuhkoportiksi. Sileän lihaskudoksen avulla henkitorvi ja pääkeuhkoputket voivat laajentua ja supistua. (Heidemann – Sarnaik 2019.)

Pääkeuhkoputket jakautuvat edelleen pieniksi haaroiksi. Näiden haarojen kokonaisuutta kutsutaan bronkuspuiksi. Oikea keuhkoputki jakautuu kolmeen haaraan ja vasen keuhkoputki kahteen haaraan. Oikealla haarat menevät keuhkon ylä-, keski- ja alalohkoon. Vasemmalla keuhkon ylä- ja alalohkoon. (Heidemann – Sarnaik 2019.)

Pääkeuhkoputkien haarat jakautuvat 20-25 kertaa pienemmiksi keuhkoputkiksi, ilmatiehyeksi, keuhkorakkulatiehyeksi ja keuhkorakkuloiksi. Keuhkoputkien jakaannuttua 17-19 kertaa, ilmestyvät ensimmäiset keuhkorakkulat. Keuhkoputkien rakenne ja niiden rustoisuus häviää niiden jakautuessa ja läpimitan pienentyessä. Rustoisuus häviää kokonaan keuhkoputken läpimitan ollessa noin yksi millimetri, jolloin keuhkoputki muuttuu bronkioleiksi eli hengitystiehyeksi. (Heidemann – Sarnaik 2019.) Osa kaasujenvaihdosta tapahtuu bronkioleissa (Sand ym. 2016: 359).

Hengitystiehyet päättyvät keuhkorakkulasäkkeihin, joiden seinämät muodostuvat pallomaisista, ohutseinäisistä alveoleista eli keuhkorakkuloista. Niitä ympäröi tiuha hiussuoniverkosto. Molemmissa keuhkoissa on 150-250 miljoonaa keuhkorakkulaa. Keuhkorakkuloissa olevan ilman ja hiussuonissa kulkevan veren erottaa toisistaan ohut seinämä. Kaasujenvaihto tapahtuu tämän seinämän läpi. (Sand ym. 2016: 259-360.)

Keuhkopussi peittää keuhkoja ja sen sisempi osa on kiinnittynyt keuhkojen pintaan ja keuhkolohkojen väliin. Ulompi pinta on rintaontelon sisäseinämässä. Pintojen välillä olevassa ontelossa on nestettä, jonka tehtävänä on hengityksen aikana vähentää kitkaa keuhkojen ja rintaontelon sisäseinämän välillä. (Heidemann – Sarnaik 2019.) Rintaontelo rajoittuu pallean (Heidemann – Sarnaik 2019).

2.2 Hengitys eli respiraatio

Hengityksellä tarkoitetaan kaikkia ilman ja elimistön solujen välillä tapahtuvia kaasujenvaihdon vaihteita. Respiraatioissa happi siirtyy ilmasta sitä kuluttaviin soluihin ja hiilidioksidi siirtyy soluista ulkoilmaan. (Sand ym. 2016: 356.)

2.2.1 Ventilaatio eli keuhkotuuletus

Keuhkotuuletuksella eli ventilaatiolla tarkoitetaan ilman kuljetusta keuhkoihin ja niistä pois. Ilma siirtyy suuremman paineen alueelta pienemmän paineen alueelle. (Sand ym. 2016: 362.) Ilman liike hengitysteissä perustuu keuhkoputkien ja alveolien paineenvaihteluihin. Sisäänhengityslihasten tekemä työ johtaa alipaineen avulla ilmamolekyylien siirtymisen alveoleihin. (Heidemann – Sarnaik 2019.) Ventilaatio tapahtuu automaattisesti ja hengitystiheys sekä hengityksen syvyys muuttuvat tarpeen mukaan (Sand ym. 2016: 373). Hengitykseen tarvitaan hengityslihaksia. Ne liikuttavat rintakehää. Hengityslihakset voidaan jakaa sisään- ja uloshengityslihaksiin. (Heidemann – Sarnaik 2019.)

Pallea on tärkein sisäänhengityslihas, joka erottaa vatsaontelon rintaontelosta. Pallea on kupolimainen, lihaksinen levy, joka voi painua jopa 10 senttimetriä alaspäin sisäänhengityksen aikana. Muita sisäänhengityslihaksia on ulommat kylkivälilihakset, apuhengityslihakset ja yläselän lihakset. (Heidemann – Sarnaik 2019.) Sisäänhengityksen alkaessa hengityslihakset ovat veltostuneina. Sisäänhengitys käynnistyy, kun kylkivälilihakset supistuvat ja rintaontelo laajentuu. Tällöin myös pallean kupoli laskee ja keuhkoihin syntyy alipaine, jonka takia ilma virtaa keuhkoihin. Sisäänhengitys päättyy sisäänhengityslihasten veltostuttua. (Sand ym. 2016: 362-363.)

Uloshengityslihaksiin kuuluu vatsalihakset, sisemmät kylkivälilihakset ja yläselän lihakset. Levossa uloshengitys on passiivista eli uloshengityslihakset rentoutuvat ja niitä ei käytetä. Tällöin rintaontelo supistuu ja keuhkoihin syntyy ylipaine, jonka ansiosta ilma tyhjenee keuhkoista. (Heidemann – Sarnaik 2019.)

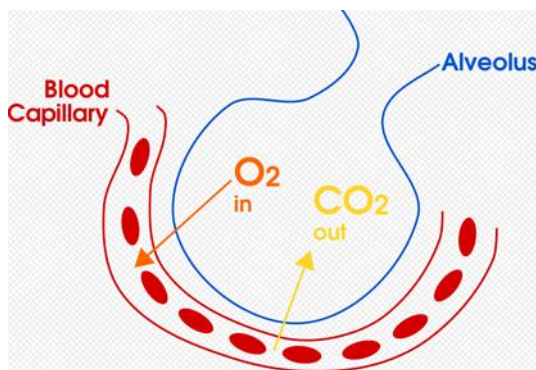
2.2.2 Keuhkojen tilavuudet

Kertahengitystilavuus on hengitysteiden ja niistä ulos yhden hengenvedon aikana virtaava ilmamäärä. Aikuisen kertahengitystilavuus on levossa noin 500 millilitraa. Uloshengityksen varatilalla tarkoitetaan sitä ilmaa, joka jää keuhkoihin lepouloshengityksen päätyttyä, mutta voitaisiin puhalttaa voimakkaassa uloshengityksessä ulos keuhkoista. Se voi olla noin 1500 millilitraa. Keuhkojen jäännöstilavuudella tarkoitetaan sitä tilavuutta, joka jää jäljelle voimakkaammankin uloshengityksen jälkeen. Se voi olla jopa 1000 millilitraa. Sisäänhengityksen varatilalla tarkoitetaan sitä, kun keuhkoihin mahtuisi vielä rauhallisen sisäänhengityksen jälkeenkin vielä noin 3000 millilitraa ilmaa. Vitaalikapasiteetilla (eli VC) tarkoitetaan suurinta mahdollista ilmamäärää, joka pystytään hengittämään

ulos täydellisen sisäänhengityksen jälkeen. Keuhkojen kokonaiskapasiteetista käytetään lyhennettä TLC. TLC on tilavuus, joka on keuhkoissa sisällä maksimaalisen sisäänhengityksen jälkeen. (Sand ym. 2016: 366-367.)

2.2.3 Kaasujen vaihto

Kaasujenvaihdolla tarkoitetaan hapen kuljetusta keuhkoissa olevasta ilmasta soluihin ja hiilidioksidin kuljetusta soluista keuhkoihin. Ilman tuoma happi diffundoituu keuhkorakku-loista verenkiertoon ja kulkee sen mukana kudoksiin. Kudoksissa happi siirtyy hiussuon-ten seinämien läpi kudostesteeseen ja solukalvojen läpi solujen sisään. Solujen aineen-vaihdunnassa syntyvä hiilidioksidi kulkee samaa reittiä vastakkaiseen suuntaan. (Sand ym. 2016: 367.) Kuvio kaksi näyttää kaasujen vaihdon kapillaarisuonen ja alveolin välillä, alveoli päästää happea kapillaarisuoneen ja kapillaarisuoni päästää hiilidioksidia alveo-liin.



Kuvio 2. Kaasujen vaihto kapillaarisuonen ja alveolin välillä (Kaasujen vaihto 2016).

Keuhkoissa tapahtuva hengityskaasujen vaihto tapahtuu diffuusiona keuhkorakkuloiden ilman ja keuhkoihiussuonten välillä. Happiosapaine riippuu hapen osapaineesta ulkoil-massa, keuhkorakkulatuuleuksesta eli ilman vaihtumisnopeudesta ja elimistön hapen-kulutuksesta. (Sand ym. 2016: 367.)

2.2.4 Kaasujen kuljetus veressä

Happi kulkee veren mukana siihen liuenneena ja hemoglobiiniin sitoutuneena (Sand ym. 2016: 369). Happi siirtyy alveolista keuhkoverisuonten valtimoihin ja kiinnittyy veren pu-nasolun hemoglobiiniinosaan. Hemoglobiiniin sitoutunut happi kulkeutuu edelleen kudok-siin. Kudokset tarvitsevat happea polttaakseen ravintoaineet energiaksi. Tämä synnyttää

hiilidioksidia, joka kulkeutuu kudoksista laskimoita pitkin keuhkoverisuonten laskimoihin ja sieltä alveoliin uloshengitettäväksi. (Heidemann – Sarnaik 2019.)

Siihen kuinka paljon happea kuljetetaan kudoksiin vaikuttaa kolme asiaa: veren hemoglobiinipitoisuus, hemoglobiinin happikyllästeisyysaste ja sydämen minuuttitilavuus. Keuhkoista lähtevän veren happikyllästeisyys on yleensä lähes 100 %. (Sand ym. 2016: 370.)

Hiilidioksidi kulkeutuu veren mukana keuhkoihin kolmella eri tavalla: fysikaalisesti liuenneena, hemoglobiinimolekyylien proteiiniosaan sitoutuneena ja bikarbonaattina. Plasmaan liukenematon hiilidioksidi diffundoituu punasoluihin. (Sand ym. 2016: 371-372.)

2.3 Opinnäytetyöhön liittyviä kliinisen fysiologian tutkimuksia ja aineiston analysoinnin teoriaa

Tässä kappaleessa kerrotaan opinnäytetyössä kerätyn aineiston kannalta tärkeistä tutkimuksista ja analyyseistä. Aineistossa verrataan saturaatiomittareiden eli pulssimittareiden antamia tuloksia valtimoverikaasunäytteiden tuloksiin. Lisäksi kerrotaan saturaatiomittareiden käyttöön liittyvästä tutkimuksesta spiroergometriasta. Aineiston keräämiseen liittyviä tutkimuksia ovat elektrokardiografia, spirometria ja diffuusiokapasiteettitutkimus. Elektrokardiografiassa esiintyvä sykeaalto on myös pulssioksimetrin antama tieto. Spirometria ja diffuusiokapasiteettitutkimus ovat lähinnä taustatietoja, sillä niiden avulla katsottiin, onko aineistossa esiintyvälle mahdolliselle saturaatioluvun alenemalle selitystä.

2.3.1 Hapisaturaatiomittaus

Henkilön happeutumisen arvioinnissa käytetään yleisesti pulssioksimetriä, jolla mitataan valtimoveren hemoglobiinin happikyllästysastetta. Happikyllästeisyyden mittaukset perustuvat valon erilaisten aallonpituuksien absorptioon kudoksesta. Hapettuneen ja pelkistyneen hemoglobiinin erilaisten absorptio-ominaisuuksien vuoksi, voidaan pulsoivasta absorptiokomponentista mitata valtimoveren happikyllästeisyys. Oksimetrlaitteen antaman pulssisignaalin tulee olla säännöllinen ja vastata EKG:n antamaa syketaajuutta (mikäli se on saatavilla), jotta voidaan varmistua mittauksen luotettavuudesta. (Piirilä 2014.) MySign-pulssioksimetri on kannettava laite, joka on tarkoitettu ihmisen valtimoveren jatkuvan tai satunnaisen toiminallisen happikyllästeisyyden mittaukseen sekä syketaajuuden mittaukseen. Laitteessa on sormi- tai korva-anturi. (Envitec by Honeywell 2013.)

Pulssioksimetrimittaus perustuu kahteen periaatteeseen. Ensin määritetään happikyllästeisyyden veren väri kahdella aaltopituusalueella (punainen ja infrapuna). Toiseksi valtimoveren määrä kudoksessa muuttuu sykkimisen aikana eli kun sydän pumppaa valtimoihin verta. Happikyllästeisyyden aikaan saama väriero voidaan selittää hemoglobiinimolekyylin optisilla ominaisuuksilla (eli orgaanisilla hemikomponenteilla). Pulssioksimetri sisältää valoa lähettävät ja vastaanottavat diodit. Pulssioksimetri kalibroitu sisäisesti. Pulssioksimetri tarvitsee toimiakseen mitattavissa olevan sykeaallon määrittämiseen oikean happikyllästeisyysarvon ja syketaajuusarvon. Happikyllästeisyysarvo tarkoittaa kuinka paljon happimolekyyliä on veren hemoglobiinimolekyyliissä. Syketaajuusarvolla tarkoitetaan sydämen syketaajuutta eli lyöntitiheyttä. Signaalin laadun ollessa sininen, arvot ovat määritetyllä tarkkuusalueella. Laite voi ilmoittaa kolme eri väriä signaalin laaduksi. Sininen on hyvä, keltainen on kohtalainen ja oranssi on heikko. (Envitec by Honeywell 2013.)

Verenkierron on oltava hyvä mittauskohdassa. Tätä varten esitetään perfuusioindeksi (PI). Tämä kuvaa kudoksen verenkiertoa ja PI:n arvo määritellään sykkivien ja ei-sykkivien infrapunavalojen komponenttien osamääränä. Arvojen ollessa alle 1, niiden voidaan olettaa vääristyneen. Mittari tulee asettaa oikeaan asentoon, sillä väärä asento saattaa aiheuttaa valosignaalin kulkeutumisen kudoksen ohi, joka vaikuttaa SpO_2 -arvoon. (Envitec by Honeywell 2013.)

Eräs pulssioksimetrien yleisimmistä virhelähteistä on huono perifeerinen verenkierto, joka voi ilmentyä kylminä sormenpäinä tai ihon sinisyytenä eli syanoosina. Potilaan liikehdintä, kiristävien vaatteiden aiheuttama huono verenkierto, kirkas valaistus, pigmentoitunut iho ja kynsilakka voivat heikentää signaalin voimakkuutta. Pulssioksimetrin antaman lukeman luotettavuutta voidaan arvioida myös tunnustelemalla potilaan pulssia ranteesta ja vertaamalla sitä pulssioksimetrin ilmoittamaan lukemaan. (Salmenperä – Yli-Hankala 2014.) Lisäksi obstruktiivisissä keuhkosairauksissa saattaa esiintyä levossa merkittäviä ventilaatio-perfuusiosuhteen häiriöitä ja happisaturaatio voi olla alentunut levossa (Piirilä – Salorinne – Malmberg 2018).

2.3.2 Verikaasuanalyysi

Verikaasuanalyysilla saadaan tietoa elimistön hapensaannista, hiilidioksidin kertymisestä ja happoemästaseesta. Verikaasunäyte otetaan valtimosta tai laskimosta, tekniikoita on useita. (Verikaasunäytteenotto 2019.) Tämän opinnäytetyön aineistoon kerätyt

verikaasunäytteet on tehty valtimoverestä. HUS käyttää valtimoverikaasunäytteenotossa heparinisoitua ruiskua (Verikaasu valtimoverestä 2019).

Välittömästi näytteenoton jälkeen ruisku käännetään pystyasentoon, siitä poistetaan mahdollinen neula ja ruisku suljetaan korkilla. Ilmakuplien esiintyessä ne naputellaan ruiskun yläosaan, jonka jälkeen mäntää painetaan siten, että veri nousee ruiskun korkiin ja ilmakuplat poistuvat näytteestä. Tämän jälkeen ruiskua käännellään tai pyöritetään kämmenten välissä, jotta hepariini sekoittuu näytteeseen. (Verikaasunäytteenotto 2019.)

Näyte säilyy analysointikelpoisena huoneenlämmössä 15 minuuttia ja kylmässä 30 minuuttia. Näyte ei saa jäätyä: näytteen ja kylmän väliin tulee laittaa jotain esimerkiksi si-deharso. Kylmänä pitämiseen soveltuu kylmäkalle tai jäähile. (Verikaasunäytteenotto 2019.)

Verikaasunäytteenottoon liittyviä virhelähteitä on useita. Ilmakuplat näytteessä aiheuttavat virheellisiä tuloksia johtuen muun muassa ilman korkeammasta happipitoisuudesta. Näytteenoton jälkeen näytteen huono aiheuttaa mikro- tai makrohyytymiä: virheellinen analyysituloksia ja/ tai virhekoodeja laitteelta tai laitteen tukkeutuminen. Näytteen puutteellinen sekoittaminen juuri ennen analyysia johtaa siihen, että näyte ei ole tasalaatuinen mm. solujen jakaantumisen suhteen, joten saadaan virheellisiä tuloksia. Hitaasti tai huonosti tuleva näyte voi vaikuttaa verikaasu- ja happisaturaatioarvioihin. Näytteen hemolysoituminen (eli punasolujen kiihtynyt hajoaminen) tai hyytyminen voi johtua samalla neulalla useasti pistämisestä. Tässä tapauksessa neulaan voi muodostua hyytymä, joka nousee ruiskuun onnistuneen pistoksen yhteydessä. (Verikaasunäytteenotto 2019.)

Taulukko 1. Taulukko Verikaasuarvojen lyhenteet ja selitykset (Piirilä 2014).

Lyhenne	Selitys
pH	vetyionipitoisuus
pCO ₂	hiilidioksidiasapaine
pO ₂	happiasapaine
HCO ₃	aktuaalinen bikarbonaatti
HCO ₃ -St	standardibikarbonaatti

Verikaasuanalyysaattorissa mitataan spesifisillä elektrodeilla pH, pCO₂ ja pO₂. pH- ja pCO₂-arvojen perusteella lasketaan muita happoemästase-arvoja kuten HCO₃⁻, HCO₃⁻-St ja emäsyylimäärä. Nämä arvot on selitetty taulukossa yksi. Verikaasuanalyysaattori määrittää myös näytteen hemoglobiinipitoisuuden spektrofotometrisesti eli aineiden sähkömagneettisen säteilyn absorptiota (Verikaasuanalyysi valtimoverestä 2019). HUS:n käyttämät viitearvot ovat esillä kuviossa kolme. Näistä opinnäytetyöhön liittyvä keskeisin arvo on happisaturaatio eli O₂Sat, jonka viitearvo on 95-98.5%.

	Aikuiset aB/cB	Lapset, alle 18 v aB/cB
pH	7.35 - 7.45	7.35 - 7.43
pCO ₂	4.5 - 6.0 kPa	4.6 - 6.0 kPa
pO ₂		12.0 - 14.0 kPa
18-30 v	11.0 - 14.0 kPa	
31-50 v	10.3 - 13.0 kPa	
51-60 v	9.7 - 12.7 kPa	
61-70 v	9.3 - 12.3 kPa	
71-80 v	8.8 - 11.9 kPa	
yli 80 v	8.3 - 11.4 kPa	
HCO ₃ (akt.)	21 - 28 mmol/l	
HCO ₃ -St	22 - 26 mmol/l	22 - 26 mmol/l
BE	-2.5 - +2.5 mmol/l	-3.0 - +2.0 mmol/l
O ₂ Sat	95 - 98.5 %	

Kuvio 3. Verikaasuanalyysin viitearvot (Verikaasuanalyysi valtimoverestä 2019).

2.3.3 Spiroergometria

Spiroergometria tarkoittaa kaasujenvaihdunnan suoraa mittausta ergometrisen rasituskoheen yhteydessä. Tutkimusta käytetään paljon liikuntafysiologiassa maksimaalisen hapenkulutuksen eli hapenottokyvyn määrittämiseksi. (Sovijärvi– Piirilä – Laitinen: 2018.)

Spiroergometrian klinisiä käyttöaiheita on sydän-, keuhko- ja lihasperäisen suorituskyvyn alenemisen erotusdiagnoosiikka, rasisushengenahdistuksen syyn selvittäminen, leikkaus- ja toimenpideriskien selvittäminen, rasisusventilaation poikkeavuuksien arviointi (hypo- ja hyperventilaatio) sekä työkyvyn selvittäminen. (Piirilä – Sovijärvi 2013.)

Spiroergometriassa rasituksen aikana lihastyö vaatii ATP:hen (adenosiinitrifosfaatin eli runsasenergisien yhdisteen) sidottua energiaa, jota tuotetaan esimerkiksi mitokondrioidissa. Koko elimistön hapenkulutus riippuu sydämen pumppaustoiminnasta, verenkierrasta ja näihin liittyvistä tekijöistä. Spiroergometriassa mitattavat suureet kuvastavat tätä monimutkaista tapahtumaa. (Piirilä – Sovijärvi 2013.)

Minuuttiventilaation, hengitysfrekvenssin ja hengitystilavuuden jatkuvaan mittaamiseen käytetään yleensä virtausta mittaavaa spirometria. Uloshengitysilman O_2 -pitoisuuden mittaamisessa käytetään tavallisimmin paramagneettista O_2 -analysaattoria ja uloshengitysilman CO_2 -pitoisuutta seurataan infrapuna-absorptioperiaatteella toimivilla CO_2 -analysaattoreilla. Tällöin kaasujen pitoisuuksia voidaan seurata henkäys henkäykseltä lähes reaaliajassa. Tietotekniikkaa hyväksi käyttäen mitatut ja lasketut suureet saadaan tulostettua rasituksen aikana halutuun aikaväleihin ja graafisesti. (Sovijärvi ym. 2018.)

Spiroergometria tutkimuksen aikana tutkittava hengittää joko tiiviin nenä-suunaamarin tai suukappaleen kautta (nenä suljettuna) virtausanturiin. Samalla hengitysilma imetään kaasunäytettä jatkuvasti analysaattoreihin. (Klininen rasituskoe spiroergometria 2019.)

Kokeen aikana rekisteröitäviä muuttujia ovat hengitysfrekvenssi, uloshengitysilman happi- ja hiilidioksidipitoisuus ja niiden avulla lasketut erilaiset indeksit. Lisäksi seurataan EKG:tä, verenpainetta, oksimetrisignaalia ja tarvittaessa PEF/FEV₁-arvoja. Mittaukset tehdään ensin levossa, sitten rasitus- ja lopuksi palautumisvaiheessa. Rasituksen aikana kirjataan rasittavuustuntemus käyttäen Borgin asteikkoa. Tutkimukseen voidaan liittää ortostaattinen koe kaasujenvaihdunta-analyysien esimerkiksi hyperventilaatioyndrooman diagnostiikassa. Tutkimuksen kesto on noin 1.5 tuntia. (Klininen rasituskoe spiroergometria 2019.) Spiroergometriassa käytettävät hapenkulutukseen ja maksimaalisen suorituksen arviointiin liittyvät suureet on eritelty taulukossa kaksi.

Taulukko 2. Hapenkulutuksen ja maksimaalisen suorituksen arviointiin liittyvät spirometriasuureet (Piirilä – Sovijärvi: 2013).

Muuttuja	Lyhenne	Yksikkö
Hapenkulutus	VO_2 $VO_2 = SV \times HR \times C(a-v)O_2$	l/min tai ml/min/kg
Hiilidioksidin tuotto	VCO_2	l/min
Happipulssi	VO_2/HR $VO_2/HR = SV \times C(a-v)O_2$	ml
Anaerobinen (ventilatorinen) kynnyks	AT	l/min

2.3.4 Elektrokardiografia eli EKG

Elektrokardiografialla eli EKG:llä tarkoitetaan sydämen sähköisen toiminnan mittaamista. Sydämen supistumista säätelevät heikot sähköimpulssit. Sähköimpulssi saa alkunsa noin kerran sekunnissa sydämen eteisen seinämän solmukkeesta, josta se leviää ensin sydämen eteisiin ja sitten kammioihin. EKG:n avulla saadaan paljon tietoa sydämen toiminnasta ja se on vaaraton potilaalle. (Mäkijärvi – Korhonen 2019.)

EKG-laite kykenee mittaamaan ihon päältä sähköimpulssit ja piirtämään havainnoidensa perusteella käyriä. EKG:ssä on elektrodien välistä jännitevaihtelua. Yleensä rekisteröinti tapahtuu 12 käyrälle. Ihon päälle laitetaan ihon käsittelyn jälkeen elektrodeja standardoituin paikkoihin. EKG:ssä puhutaan rinta- ja raajakytkennoistä. Rintakytcentöjä on kuusi (V1-V6) ja niiden avulla tarkastellaan sydämen sähköistä toimintaa horisontaalitasossa. Raajakytcentöjä on kuusi (I, II, III, aVR, aVL, aVF) ja niiden avulla tarkastellaan sydämen sähköistä toimintaa frontaalitasossa. Näistä II, II j aVF kuvastavat sydämen alaseinämää ja I ja aVL sivuseinää. (Mäkijärvi – Korhonen 2019.)

Riittävän hyvä elektrodien ja ihon välinen kontakti on edellytys hyvänlaatuiselle EKG:lle. Ennen elektrodien kiinnitystä iho puhdistetaan esimerkiksi alkoholilla (joka poistaa rasvan ihon pinnalta) ja kuiva iho poistetaan hankaamalla ihoa kevyesti hankauspaperilla tai teipillä. Myös mahdolliset ihokarvat tulee poistaa, sillä ne estävät sähkön kulkua. (Mäkijärvi 2019.)

2.3.5 Spirometria

Spirometriaa pidetään tärkeimpänä yksittäisenä keuhkojen toimintakokeena. Useat keuhkosairaudet voivat pienentää spirometriassa mitattavia keuhkosuureita. Spirometriassa mitataan keuhkojen tilavuutta, keuhkojen tuuletuskykyä, tuuletuskyvyn häiriön luonnetta (obstruktio/restriktio) ja sen vaikeusastetta sekä tuuletuskyvyn häiriön palautuvuutta. Obstruktiiviset eli ahtaumatyyppiset keuhkoviat aiheuttavat esimerkiksi vaikeutunutta uloshengitystä, mutta sisäänhengitys on normaali. Restriktiivisissä eli estymätyypisissä keuhkosairauksissa keuhkojen tilavuus on pieni ja venyvyys voi olla huono. Ilman virtaus on normaalia. (Sovijärvi ym. 2019: 7.)

Virtaus-tilavuusrekisteröinti voidaan suorittaa spirometreilla, jotka ovat dynamiikaltaan herkkiä ja joissa on virtausanturi. Maksimaalinen puhallus rekisteröidään virtaus-tilavuuskoordinaatistossa. Puhalluskäyrästä voidaan mitata FEV_1 ja FVC ja lisäksi seurata virtausdynamiikkaa sekä ulos- että sisäänhengityksen aikana. (Sovijärvi – Malmberg – Piirilä 2018.) Taulukossa kolme on eritelty spirometriassa käytettäviä suureita. Näistä oppinäytetyön kannalta tärkeimmät ovat FEV_1 ja FVC. FEV_1 tarkoittaa uloshengityksen sekuntikapasiteettia ja FVC nopeaa vitaalikapasiteettia.

Taulukko 3. Spirometriassa mitattavat tavallisimmat suureet (Sovijärvi ym. 2019: 11).

Mitattava suure	Selitys
VC	hidas vitaalikapasiteetti
FVC	nopea vitaalikapasiteetti
FEV_1	uloshengityksen sekuntikapasiteetti
FEV_1/FVC	sekuntikapasiteetin ja nopean vitaalikapasiteetin välinen suhde
MMEF	uloshengityksen keskivaiheen virtaus (kaksi keskimmäistä tilavuusneljänneistä FVC:stä)
FET	uloshengitysaika
$FEV_{0,5}$	uloshengitetyn ilman tilavuus 0,5 s:n kuluttua puhalluksen alusta
FEV_6	uloshengitetyn ilman tilavuus 6 s:n kuluttua puhalluksen alusta
PEF	uloshengityksen huippuvirtaus
MEF_{50}	uloshengitysvirtaus uloshengitystilavuuden puolivälin kohdalla FVC:stä
MEF_{25}	uloshengitysvirtaus viimeisen tilavuusneljänneksen kohdalla FVC:stä
PIF	sisäänhengityksen huippuvirtaus
AEFV	uloshengityskäyrän pinta-ala
EV	ekstrapoloitu tilavuus eli uloshengityksen alussa oleva viive

2.3.6 Keuhkojen diffuusiokapasiteetti

Keuhkojen diffuusiokapasiteettitutkimusta käytetään tutkittaessa hengityskaasujen pääsyä keuhkoista verenkiertoon. Diffuusiotahtumaan vaikuttavat useat eri rakenteelliset ja toiminalliset tekijät. Rakenteellisia tekijöitä on esimerkiksi keuhkojen kaasutilavuus, diffuusiomatka kaasumaisessa muodossa, alveolikapillaarikalvon pinta-ala ja paksuus sekä hemoglobiinin määrä kapillaareissa. Toiminnallisia tekijöitä on esimerkiksi ventilaation ja perfuusion jakautuminen, alveolikaasun kaasusisältö, alveolikapillaarikalvon diffuusio-ominaisuudet, kapillaarien hemoglobiinisidoksen muodostumisnopeus ja hiilimonoksin ja hapen osapaine kapillaariveressä. (Piirilä – Salorinne – Malmberg 2018).

Diffuusiokapasiteettitutkimusta käytetään keuhkorakkuloiden tulehdusten, sidekudossairauksien ja keuhkolaajentuman toteamiseen ja vaikeusasteen arvioimiseen sekä valtimoveren hapenpuutteen syiden selvittämiseen (Piirilä – Sovijärvi 2006: 565-568).

Keuhkokudoksen diffuusiokykyä mitataan yleensä hiilimonoksin (CO) avulla, sillä sitä esiintyy tavallisessa hengityksessä todella vähän. Lisäksi sillä on hyvä diffuusiokyky ja se sitoutuu tiukasti punasoluun. Tutkimuksessa mitataan nimenomaan se määrä hiilimonoksia, joka siirtyy alveoleista vereen tietyn ajan kuluessa ja tietyn alveoli-ilman ja keuhkokapillaarien osa-paine-eron vallitessa. Keuhkojen diffuusiokapasiteettitutkimuksen käyttöaiheita on erityisesti keuhkokudoksien sairauksien diagnostiikassa ja hoidon seurannassa. (Piirilä ym. 2018.) Taulukossa neljä on eritelty diffuusiokapasiteetissa mitattavia suureita. Näistä tärkeimmät opinnäytetyön kannalta ovat DLCO eli diffuusiokapasiteetti ja DLc/VA eli spesifinen diffuusiokapasiteetti.

Taulukko 4. Diffuusiokapasiteetissa mitattavia suureita (Diffuusiokapasiteetti, single breath menetelmä, tavallinen perusmittaus 2019).

Mitattava suure	Selitys
VC	hidas vitaalikapasiteetti
RV	jäännösilma
FRC	toiminnallinen jäännöskapasiteetti
VA	alveolaarinen tilavuus
TLC	tilavuus, joka on keuhkoissa maksimaalisen sisäänhengityksen jälkeen
DLco	diffuusiokapasiteetti
DLco/VA	spesifinen diffuusiokapasiteetti

2.3.7 Aineiston analysoinnissa käytetyt tilastolliset menetelmät

Opinnäytetyön aineisto on analysoitu Microsoft Excel taulukkolaskentaohjelmalla. Aineistosta laskettiin normaalijakautuneisuus, erilaisia keskiarvoja ja keskihajontoja. Lisäksi aineistolle tehtiin parittaisten otosten T-testejä ja laskettiin Pearsonin korrelaatio-kertoimia. Myös regressioanalyysi eli regressiosuora ja -kerroin tehtiin.

Keskiarvolla tarkoitetaan keskiarvoa, joka saadaan jakamalla havaintoarvojen summa havaintojen lukumäärällä (Heikkilä 2014: 83.). Kuviossa neljä on esitetty keskiarvon laskemisen kaava.

$$\bar{x} = \left[\frac{1}{n} (x_1^k + x_2^k + \dots + x_n^k) \right]^{1/k}$$

Kuvio 4. Keskiarvon laskemisen kaava (mukaillen Heikkilä 2014: 83).

Keskihajonnan avulla nähdään, onko arvojen vaihtelu keskiarvon ympärillä pientä vai suurta. Se kuvaa havaintojen keskimääräistä etäisyyttä keskiarvosta. (Heikkilä 2014: 86.) Kuviossa viisi on esitetty keskihajonnan laskemisen kaava.

$$s = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Kuvio 5. Keskihajonnan laskemisen kaava (mukaillen Heikkilä 2014: 86).

T-testillä voidaan testata kahden toisistaan riippumattoman ryhmän keskiarvoja. Ohjelma testaa ovatko varianssit yhtä suuret ja ilmoittaa sen jälkeen tulokset sekä yhtä suurten että eri suurten varianssien tapauksessa. Mitä pienempi p-arvo on, sitä merkitsevämpi keskiarvojen välinen ero on. Jos P-arvo on alle 0,050, ero on tilastollisesti melkein merkitsevä. Jos P-arvo on alle 0,010, ero on tilastollisesti merkitsevä. Jos p-arvo on alle 0,001, ero on tilastollisesti erittäin merkitsevä. (Heikkilä 2014: 216.) Kuviossa kuusi on esitetty T-testin laskemisessa käytetty kaava.

s	Otoskeskihajonta	$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$
n	Lukumäärä	
μ_0	Odotusarvo	
\bar{x}	Otoskeskiarvo	

Kuvio 6. T-Testin laskemisen kaava (mukaillen Heikkilä 2014: 215).

Muuttujien riippuvuuksia selvitellessä tutkitaan yhteyksiä useimmiten kahden muuttujan välillä. Tavallisin käytettävä mitta on Pearsonin korrelaatiokerroin eli tulomomenttikerroin. Se mittaa lineaarisen riippuvuuden voimakkuutta. Pearsonin korrelaatiokertoimen r-arvot ovat välillä $-1 \leq r \leq 1$. Korrelaatioarvoa voidaan tulkita seuraavasti: 0,03 = merkityksetön, 0,3-0,6 = kohtalainen, 0,6-0,8 = huomattava ja 0,8-1 = voimakas. (Heikkilä 2014: 90-92, 192.) Kuviossa seitsemän on esitetty Pearsonin korrelaatiokertoimen laskemisen kaava.

$$r_{xy} = \frac{s_{xy}}{s_x s_y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Kuvio 7. Pearsonin korrelaatiokertoimen laskemisen kaava (mukaillen Heikkilä 2014: 90).

Mikäli kahden muuttujan välillä todetaan olevan selvä lineaarinen riippuvuus ja toisen muuttujan käyttäytymistä voidaan selittää toisen muuttujan avulla, voidaan riippuvuutta kuvata regressiosuoran avulla. Regressiokerroin kertoo, kuinka paljon arvo muuttuu, jos toinen arvo muuttuu yhden yksikön. (Heikkilä 2014: 92.) Kuviossa kahdeksan on esitetty regressiokertoimen laskemisessa käytetty kaava.

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

Kuvio 8. Regressiokertoimen laskemisen kaava (mukaillen Heikkilä 2014: 92).

3 Opinnäytetyön tarkoitus, tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Opinnäytetyön tarkoituksena oli analysoida aineisto pulssioksimetrilaitteiden toiminnasta HUS Diagnostiikkakeskus Meilahden sairaalan Kliinisen fysiologian yksikölle. Tarve aineiston analysoimiselle ja opinnäytetyön tekemiselle syntyi Kliinisen fysiologian yksikössä. Yksikössä on esiintynyt vaihtelevuutta neljän happisaturaatiomittarin tuloksissa, sillä ne antavat erilaisia lukemia samanaikaisesti samalta potilaalta kliinisen rasituskokeen spiroergometrian yhteydessä. Tästä syntyi tarve varmistaa tulosten luotettavuus. Tämän vuoksi haluttiin verrata pulssioksimetrioiden antamia lukemia valtimoverinäytteiden lukemiin. Tulkittua aineistoa ja sen tuomia johtopäätöksiä käytetään yksikössä ja sen avulla voidaan miettiä myös laitehankintoja.

Opinnäytetyön tavoitteena oli analysoida aineisto pulssioksimetrilaitteiden toiminnasta Kliinisen fysiologian yksikölle, jotta he saavat tärkeää tietoa heidän laitteidensa toimintakunnosta ja niiden antamien tulosten luotettavuudesta. Tavoitteena oli perehtyä opinnäytetyössä tarvittavaan teoriapohjaan riittävän laajasti ja tehdä laadukasta tiedonhakuja. Opintoissa saatujen teoretietojen soveltaminen työn tekemiselle oli myös tavoite sekä ammatillinen kehittyminen.

Tärkeimmät tutkimuskysymykset olivat:

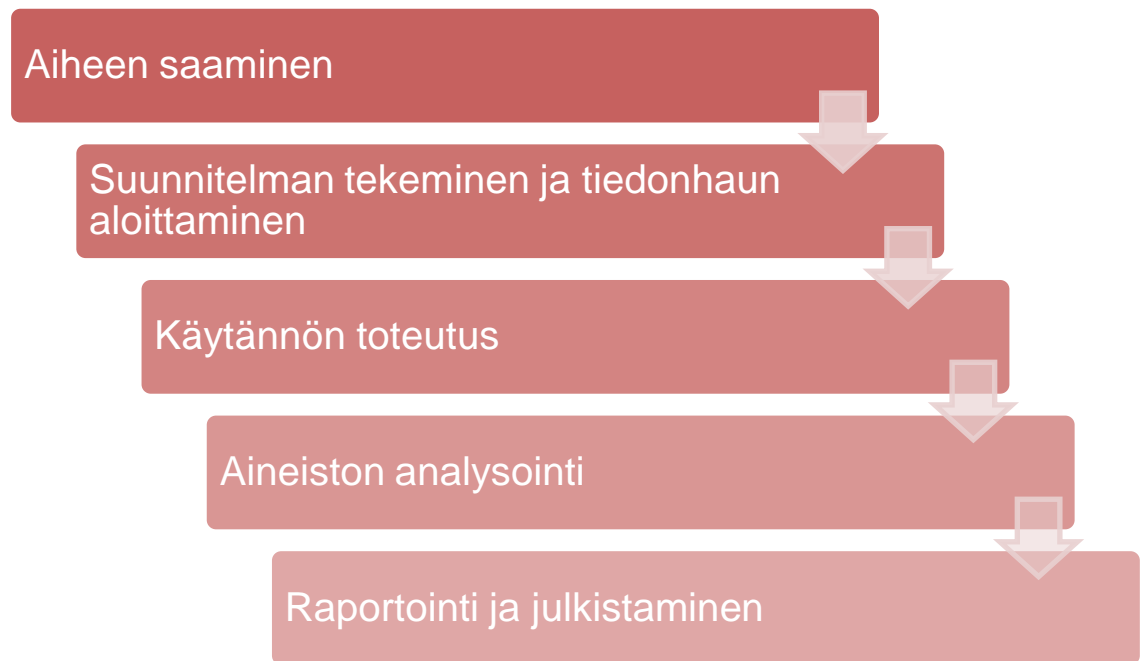
1. Vastaako saturaatiomittareiden tulokset valtimoverinäytteen happisaturaatioita?
2. Ovatko eri happisaturaatiolaitteiden tulokset keskenään yhteneviä?

4 Opinnäytetyön toteuttaminen

4.1 Opinnäytetyön toteuttamisen lähtökohdat

Opinnäytetyön aihe tuli HUS Diagnostiikkakeskus Meilahden sairaalan Kliinisen fysiologian yksiköltä. Ohjaajana toimivat Metropolian lehtori Merja Ojala ja Kliinisen fysiologian yksikön osastonylilääkäri Päivi Piirilä sekä yksikössä työskentelevät laboratoriohoitajat Julia Hämäläinen ja Tommi Åhman. Kliinisen fysiologian yksikkö vastasi opinnäytetyön aineiston keräämisestä.

Koko opinnäytetyöprosessi alkoi keväällä 2019 opinnäytetyön aloituseminaarilla. Opinnäytetyön aiheet saatiin elokuussa 2019, jolloin varsinainen opinnäytetyön tekeminen alkoi. Opinnäytetyö alkoi tapaamisella opinnäytetyön tilaajan kanssa, opinnäytetyön suunnitelman tekemisellä sekä opinnäytetyössä tarvittavan teoriapohjaan tutustumalla. Opinnäytetyön suunnitelma esitettiin opinnäytetyösuunnitelmaseminaarissa Metropolia Ammattikorkeakoulussa lokakuussa 2019. Hyväksytyn opinnäytetyön suunnitelman jälkeen haettiin HUS:lta tutkimuslupaa. Tutkimuslupa saatiin 15.11.2019. Kliinisen fysiologian yksikkö keräsi opinnäytetyön aineistoa syyskuusta joulukuulle 2019. Joulukuussa 2019 aloitettiin opinnäytetyön aineiston analysointi ja sitä jatkettiin luontevasti opinnäytetyön raportin kirjoittamiseen, jotka tapahtuivat tammi- ja huhtikuun 2020 välillä. Aineiston tulokset esiteltiin Kliinisen fysiologian yksikölle keväällä 2020. Huhtikuussa 2020 järjestettiin opinnäytetyön raportointivaiheen seminaari Metropolia Ammattikorkeakoulussa, jossa valmistuva opinnäytetyö esiteltiin. Koko opinnäytetyöprosessi oli valmis huhtikuussa 2020. Valmis opinnäytetyö palautettiin 17.4.2020. Kuviossa yhdeksän on opinnäytetyöprosessin prosessikaavio, jossa kerrotaan opinnäytetyön vaiheet.



Kuvio 9. Prosessikaavio opinnäytetyön etenemisestä.

4.2 Tiedonhaku

Opinnäytetyön aiheen ja tarpeen sopimisen jälkeen opinnäytetyön tekeminen alkoi järjestelmällisellä tiedonhaulla. Tiedonhaussa käytettiin luotettavia tietokantoja, pääosin Medic, Cinahl ja Pubmed- tietokantoja. Tuloksia rajattiin, sillä tuloksiksi haluttiin mahdollisimman tuoretta tutkimustietoa. Tulokset on rajattu maksimissaan 10 vuotta vanhoiksi, mutta pääsääntöisesti rajausta oli 5 vuotta. Cinahl ja Pubmed tietokannoissa rajaukset pysyivät aina viidessä vuodessa, mutta Medic tietokannassa välillä hakua laajennettiin 10 vuoteen tulosten vähäisyyden vuoksi. Lisäksi tulokset olivat rajattu ihmisiin. Hakusanoina olivat SaO₂, SpO₂, pulse oximeter, gas exchange, oxygen saturation, oxygen content, oxygen concentration, respiration ja lungs. Opinnäytetyöhön valikoidut artikkelit löytyivät pääosin Cinahl-tietokannasta hakusanalla pulse oximeter.

4.3 Aineisto

Opinnäytetyössä analysoitu aineisto on kerätty 19:ltä Kliinisen fysiologian yksikköön valtimoverinäytteenottoon saapuneelta potilaalta. Aineiston potilaiksi valikoitui henkilöitä, joilla oli pyyntönä verikaasuanalyysi (pO₂, pCO₂, pH ja laskenta) valtimoverestä, sillä kyseiseen tutkimukseen kuuluu happisaturaatio. Jos potilaan pyyntönä oli happoemästase ja pO₂ valtimoverestä, pyyntö saatettiin muuttaa valtimoveren ”verikaasuanalyysi (pO₂,

pCO₂, pH ja laskenta)”, jos pyyntö ei ollut lisähapella. Lisäksi potilaan valintaan vaikutti, oliko tutkimushuone vapaana. Potilaiden valinta oli kuitenkin sattumanvaraista.

Ennen aineiston keräämistä Kliinisen fysiologian yksikkö testasi aineiston keräämistä sekä siihen suunniteltua lomaketta. Yksikön suunnittelema Excel-taulukkolomake on liitteenä 1. Lomakkeessa on juokseva numerointi 1-21 ja tila taustatiedoille, joita ovat päivämäärä, ikä, pituus, paino ja sukupuoli. Lisäksi lomakkeella on tiedot tutkimuksessa käytettävistä mittareista eli oksimetreista ja niiden suunnitelmallisesta käyttämisestä. Lomakkeelle kirjattiin tiedot signaalin laadusta, perfuusioindeksistä, läpivirtauksesta, sykkeestä ja happisaturaatiosta. Lisäksi lomakkeelle tuli mahdolliset spirometria- ja diffuusiokapasiteettitiedot ja tutkimukseen osallistuneen hoitajan nimikirjaimet.

4.4 Tutkimuksessa käytettävät laitteet ja ohjelmat

Tutkimuksessa käytettiin neljää liikuteltavaa MySigns-pulssioksimetrisaturaatiomittaria, joista kolme oli korvaan kiinnitettävää mittaria (M20, M22, M23) sekä yksi sormeen kiinnitettävä mittari (M21). Sormeen kiinnitettävän mittarin koko valittiin sormen perusteella. Käytössä on kaksi kokoa: aikuisten koko ja lasten koko. Pääasiallisesti käytössä oli aikuisten koko. Lisäksi käytettiin kiinteää pulssioksimetrisaturaatiomittaria (SL), joka on Jaeger CPX Vyntys-spiroergometrialaitteen yhteydessä. Taulukossa viisi on eritelty aineiston keräämisessä käytetyt viisi saturaatiomittaria sekä niistä käytetyt lyhenteet.

Taulukko 5. Opinnäytetyön aineistossa olleet saturaatiomittarit ja niiden lyhenteet .

Mittari	Lyhenne
Liikuteltava mittari 20 (korva), L1046272	M20
Liikuteltava mittari 21 (sormi), L1046273	M21
Liikuteltava mittari 22 (korva), L1046274	M22
Liikuteltava mittari 23 (korva), L1046275	M23
Kiinteä pulssioksimetrisaturaatiomittari Jaeger CPX Vyntys-spiroergometrialaitteen yhteydessä	SL tai SL-mittari

Tutkimuksessa käytetty ohjelma oli SentrySuite V2.19.4, joka on liitetty Jaeger CPX Vyntys-spiroergometrialaitteeseen. Tutkimuksessa käytetty EKG-laite on yhdistetty

GE:n CAM-USB A/T-laitteeseen ja siihen liitettävään CAM-14-EKG-vahvistamiseen. Siinä käytetty ohjelmisto on Cardiosoft V6.73.

Lisäksi tutkimuksen toteuttamiseen tarvittiin neljä elektrodia potilasta kohden sekä ihon-puhdistusainetta, puhdistuslappua sekä ihon karhenninteippiä. Korvalehdelle tuli erikoisteippiä korvan ja pulssioksimetrin anturin väliin.

Valtimoverikaasunäytettä varten amanuenssi tarvitsi litiumhepariiniputken, jonka yhteydessä on näytteenottoneula. Ihon puhdistamista varten hän tarvitsi puhdistusainetta ja puhdistuslapun. Näytteenoton jälkeen tarvittiin runsaasti puhdistuslappuja sekä sideharsoa. Näytteenoton jälkeen valtimoverikaasunäyte laitettiin kylmägeelipussiin, jotta näyte saatiin viileässä analysoitavaksi. Näytteen analysoi HUSLAB-talon automaatiolaboratorio.

4.5 Aineiston kerääminen

Opinnäytetyön aineiston keräsi HUS Diagnostiikkakeskus Meilahden sairaalan Kliinisen fysiologian yksikkö. Aineistoa kerättiin kahdeksana päivänä syyskuun ja marraskuun 2019 aikana yhteensä 19:ltä potilaalta. Aineistoa suunniteltiin kerättävän 20:ltä potilaalta, mutta se ei ollut aikataulullisista syistä mahdollista.

Ennen potilaan saapumista tutkimushuoneeseen käynnistettiin spiroergometrialaitte ja siihen kytketty tietokone ja ohjelma. Tutkimusohjelmaan laitettiin testipotilaan tiedot ja laitteelle tehtiin nollasäätö, jotta saatiin rasitusohjelma käyntiin ja saturaatiolukema esille. Liikuteltavat pulssioksimetrit tuotiin tutkimushuoneeseen, sillä kaksi pulssioksimetriä on käytössä toisissa tutkimushuoneissa.

Yksikköön valtimoverinäytteenottoon saapuva potilas ilmoittautui vastaanotossa. Vastaanottovirkailija kirjasi potilaan saapuneeksi ja ilmoitti hänen saapumisensa yksikön sisäisellä viestitaululla. Potilas ohjattiin istumaan. Mahdollisimman pian laboratoriohoitaja ohjasi potilaan huoneeseen ja tarkisti tämän henkilöllisyyden (tätä ei kirjattu opinnäytetyötä varten). Hän kertoi opinnäytetyönä tehtävästä tutkimuksesta ja kysyi potilaalta lupaa siihen osallistumiselle ja tulosten tarkistamiselle valtimoverinäytteestä, spirometriasta ja diffuusiokapasiteettitutkimuksesta. Lisäksi potilaalta kysyttiin taustatietona pituus ja paino.

Potilas pyydettiin pitkälle sängylle. Hänen ihonsa puhdistettiin korvalehdistä, vasemmasta keskisormesta, ranteiden ja nilkkojen sisäpuolelta. Korvalehtiin tuli teippiä ja pulssioksimetrimittarit. Pulssioksimetrejä tuli korviin yhteensä neljä, kaksi kummallekin puolelle. Toinen pulssioksimetri oli korvan yläosassa ja toinen alaosassa. Näiden paikkaa vaihdettiin järjestelmällisesti, joka toisella kerralla mittari oli ylhäällä ja joka toisella kerralla alhaalla. Sormeen laitettiin sormianturilla varustettu pulssioksimetri. Ranteisiin ja nilkkoihin tuli EKG-kytkennät, joita varten iho käsiteltiin puhdistusaineella sekä karhentimella.

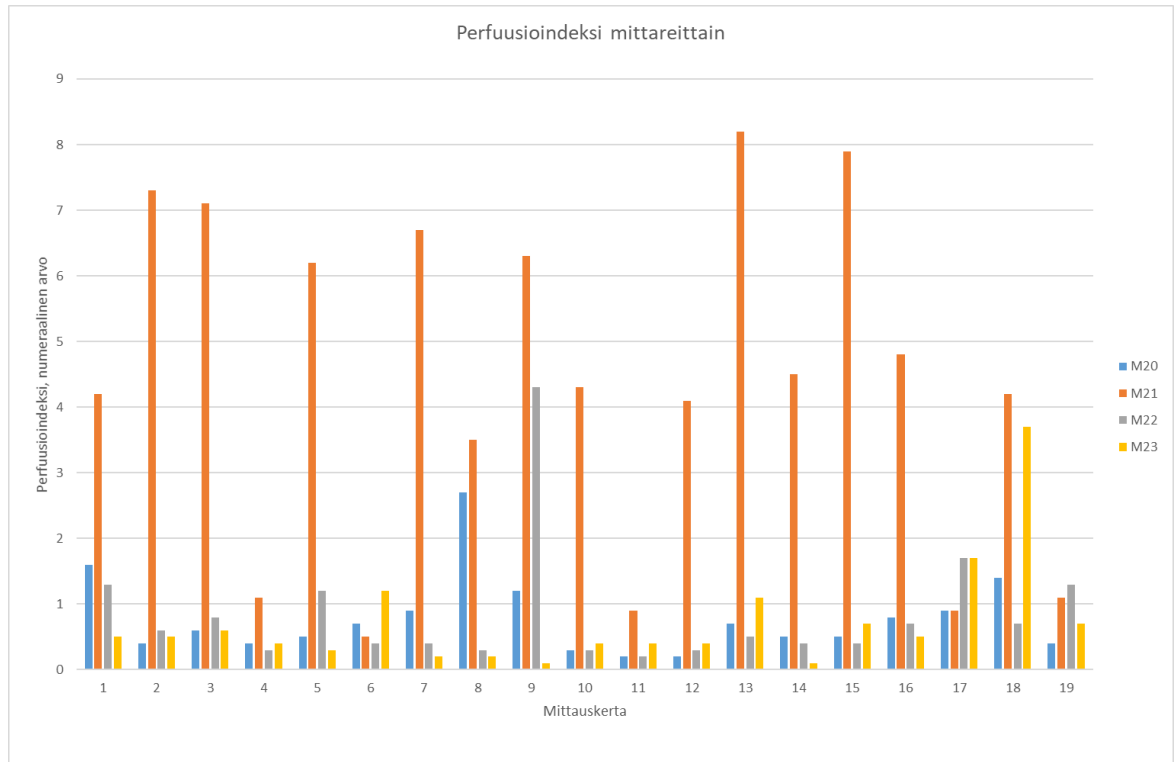
Tämän jälkeen potilas lepäsi vähintään kuusi minuuttia ja yksikön sisäisellä viestitaululla ilmoitettiin lääkärihuoneeseen potilaan olevan valmis. Yksikössä toimivat amanuenssit ottivat valtimoverinäytteen. Potilaan levättyä vähintään kuusi minuuttia kirjoitettiin ylös kaikkien saturaatiomittareiden laatutiedot eli signaalin laatu, läpivirtaus ja perfuusiaindeksi. Lisäksi ylös kirjoitettiin syke. Mittareiden saturaatitieto kirjattiin ylös, kun valtimoverinäyte nousi ylös ruiskuun. Valtimoverikaasunäyte toimitettiin analysoitavaksi HUSLAB-talon automaatiolaboratorioon. Aineiston keräyspäivän päätteeksi laboratoriohoitaja tarkasti valtimoverinäytteen tuloksen sekä katsoi spirometria- ja diffuusiokapasiteettituloksen.

5 Opinnäytetyön tulokset

5.1 Laatutietojen tulokset

Ensin tarkastellaan mittausten laatutietoja. Laatutietoina tutkimuksessa on signaalin laatu, perfuusiaindeksi ja läpivirtaus. Lisäksi laatutietona kerättiin syke. Yhden korvamittarin eli mittarin 20 signaalin laatu oli aina sininen eli hyvä. Mittarin 20 perfuusiaindeksiarvo oli yli yhden neljällä mittauskerralla eli 21,5%:ssa mittauskerroista. Mittarilla 20 läpivirtausta esiintyi 14 kertaa eli 74%:ssa mittauskerroista. Sormimittarin eli mittarin 21 signaalin laatu oli aina sininen eli hyvä. Mittarin 21 perfuusiaindeksiarvo oli yli yhden 18 mittauskerralla eli 95,7%:ssa mittauskerroista. Läpivirtausta esiintyi kolme kertaa eli 16%:ssa mittauskerroista. Toisen korvamittarin eli mittarin 22 signaalin laatu oli aina sininen eli hyvä. Mittarin 22 perfuusiaindeksiarvo oli yli yhden viisi kertaa eli 26,3%:ssa mittauskerroista. Mittarilla 22 läpivirtausta esiintyi 13 kertaa eli 68%:ssa mittauskerroista. Kolmannen korvamittarin eli mittarin 23 signaalin laatu oli aina sininen eli hyvä. Mittarin

23 perfuusiaindeksi-arvo oli yli yhden neljä kertaa eli 21,5%:ssa mittauskerroista. Mittarilla 23 läpivirtausta esiintyi 15 kertaa eli 79%:ssa mittauskerroista. Kuvio 10 havainnollistaa perfuusiaindeksin eri mittareilla kaikilla mittauskerroilla.



Kuvio 10. Pylväsdiagrammi perfuusiaindeksistä eri mittareilla kaikilla mittauskerroilla.

EKG-mittareiden sykkeen keskihajonta on 12,66. Taulukossa kuusi on esitetty T-testin tulokset eri saturaatiomittareille. Mittarin 20 p-arvo on 0,074, mittarin 21 p-arvo on 0,118, mittarin 22 p-arvo on 0,074 ja mittarin m23 p-arvo on 0,100.

Taulukko 6. T-Testin tulos saturaatiomittareiden ja EKG-sykkeiden välillä.

Parittaiset testaukset	Tulos
M20 ja EKG-syke	0,074
M21 ja EKG-syke	0,118
M22 ja EKG-syke	0,074
M23 ja EKG-syke	0,100

5.2 Happisaturaatiomittareiden ja valtimoverikaasunäytteiden keskiarvot ja keskihajonnat

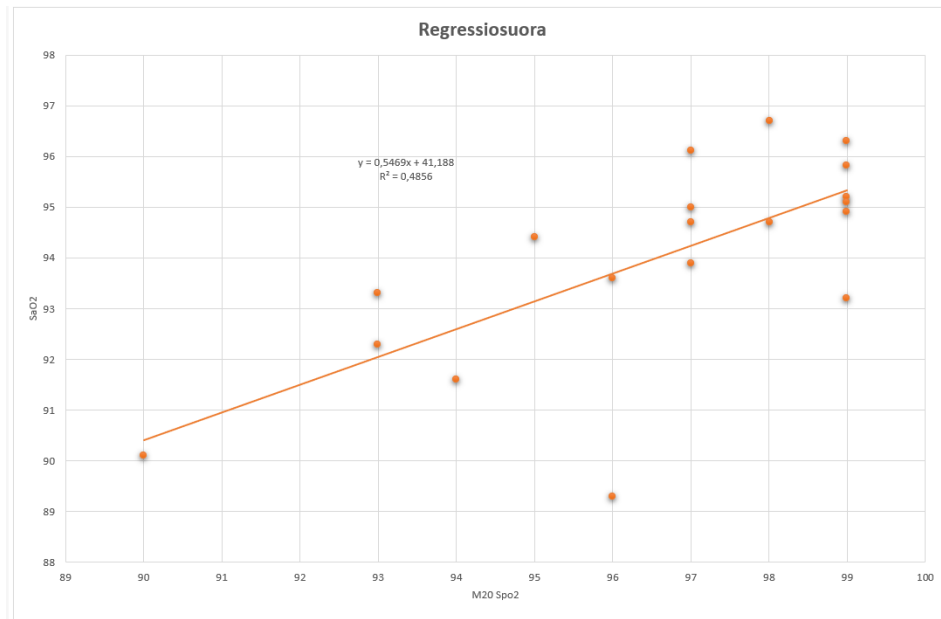
Happisaturaatiomittareiden keskiarvojen ja valtimoverikaasunäytteen välinen keskihajonta on 1,9897. Taulukossa seitsemän on esitetty kaikkien 19 mittauskerran saturaatiotulokset ja näiden pohjalta lasketut keskiarvot ja keskihajonnat. Lisäksi taulukossa on valtimoverikaasunäytteiden tulokset. Keskihajonta asettuu 0,60 ja 3,10 välille.

Taulukko 7. Aineiston saturaatiotulokset, mittareiden keskiarvo, SaO₂ ja keskihajonta.

Mittauskerta	M20	M21	M22	M23	SL	Mittareiden keskiarvo	SaO ₂	Keskihajonta
1	99	94	96	99	100	97,6	95,2	2,45
2	97	95	97	97	99	97	95	1,51
3	99	94	99	98	98	97,6	95,1	2,12
4	98	98	98	97	98	97,8	96,7	0,60
5	94	90	91	96	94	93	91,6	2,26
6	97	90	95	97	98	95,4	94,7	2,88
7	98	94	97	98	98	97	94,7	1,81
8	95	93	96	99	97	96	94,4	2,10
9	99	92	95	97	97	96	93,2	2,63
10	99	93	97	99	98	97,2	94,9	2,42
11	99	96	99	99	100	98	95,8	1,90
12	96	93	96	96	97	95,6	93,6	1,58
13	97	96	99	96	98	97,2	96,1	1,25
14	96	91	94	96	97	94,8	89,3	3,10
15	93	92	96	93	97	94,2	93,3	1,97
16	90	86	91	94	92	90,6	90,1	2,66
17	93	90	94	95	95	93,4	92,3	1,91
18	97	92	95	95	98	95,4	93,9	2,15
19	99	98	97	99	98	98,2	96,3	1,08

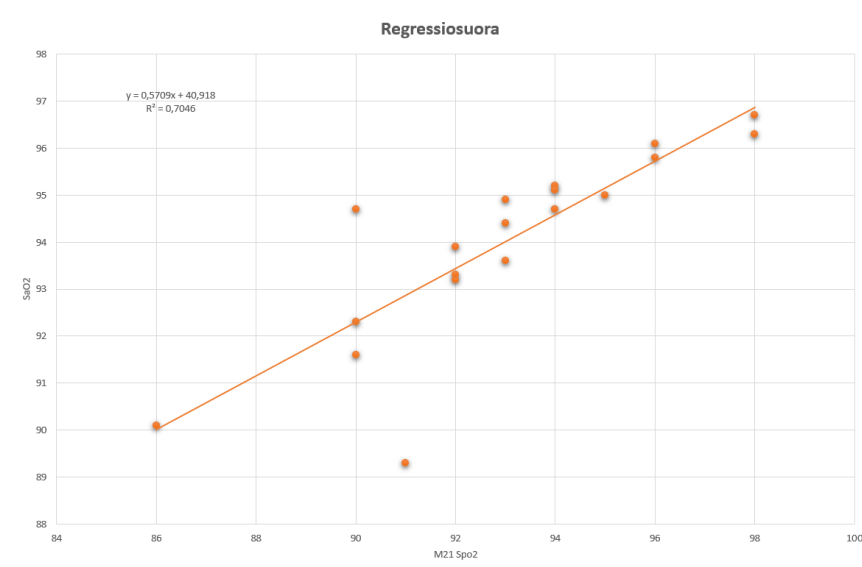
5.3 Mittareiden regressiosuorat ja -kertoimet

Kuviossa 11 on esitetty mittarin 20 regressiosuora ja -kerroin. Mittarin 20 korrelaatiokerroin on 0,4856.



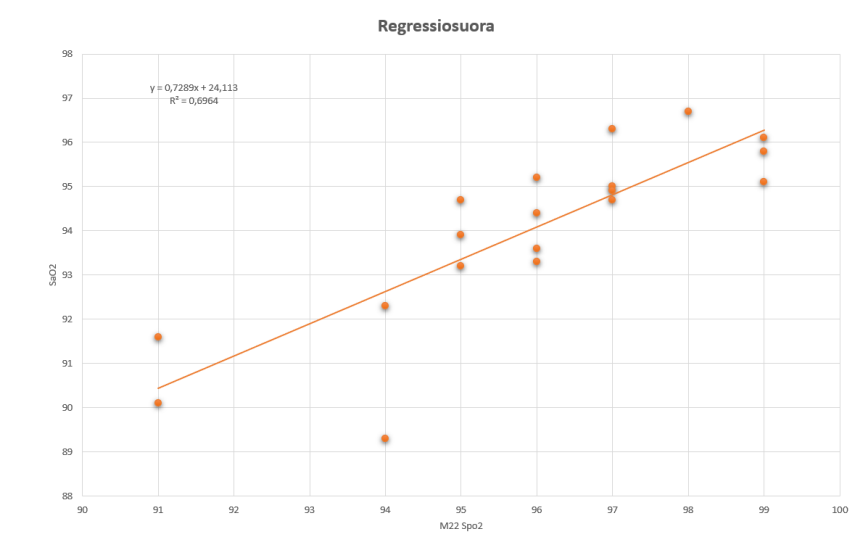
Kuvio 11. Mittarin M20 regressiosuora ja -kerroin.

Kuviossa 12 on esitetty mittarin 21 regressiosuora ja -kerroin. Mittarin 21 korrelaatiokerroin on 0,7046.



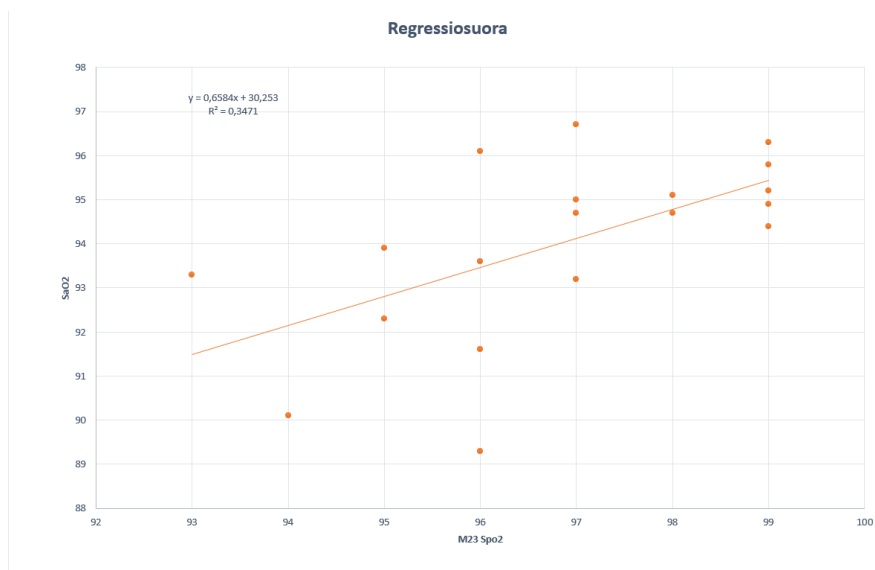
Kuvio 12. Mittarin 21 regressiosuora ja -kerroin.

Kuviossa 13 on esitetty mittarin 22 regressiosuora ja -kerroin. Mittarin 22 korrelaatiokerroin on 0,6964.



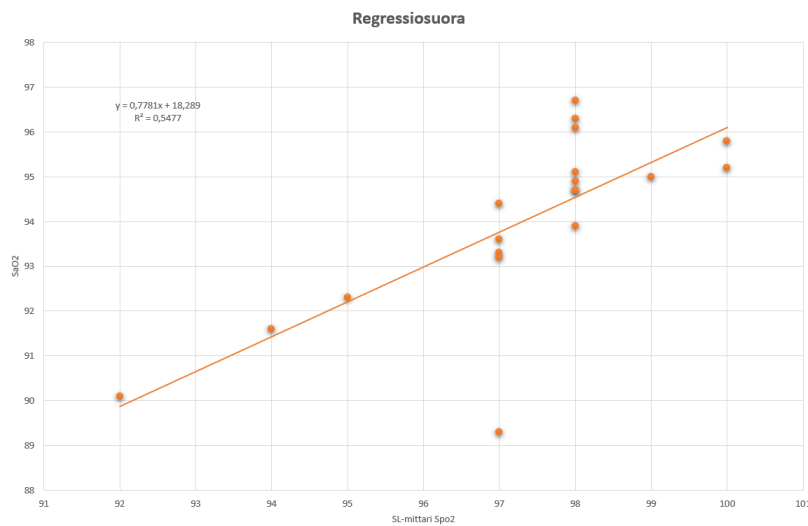
Kuvio 13. Mittarin 22 regressiosuora ja -kerroin.

Kuviossa 14 on esitetty mittarin 23 regressiosuora ja -kerroin. Mittarin 23 korrelaatiokerroin on 0,3471.



Kuvio 14. Mittarin 23 regressiosuora ja -kerroin.

Kuviossa 15 on esitetty SL-mittarin regressiosuora ja -kerroin. SL-mittarin korrelaatiokerroin on 0,5477.



Kuvio 15. SL-mittarin regressiosuora ja -kerroin.

5.4 Pearsonin korrelaatiokertoimet

Taulukossa kahdeksan on esitetty Pearsonin korrelaatiokertoimet saturaatiomittareiden ja valtimoverikaasunäytteiden välillä. Mittarin 20 korrelaatiokerroin on 0,6969, mittarin 21 korrelaatiokerroin on 0,8394, mittarin 22 korrelaatiokerroin on 0,8345, mittarin 23 korrelaatiokerroin on 0,5892 ja sl-mittarin korrelaatiokerroin on 0,7402.

Taulukko 8. Pearsonin korrelaatiokerroin saturaatiomittareiden ja valtimoverikaasutuloksen välillä.

Testauksessa käytetty pari	Tulos
M20 ja SaO ₂	0,6969
M21 ja SaO ₂	0,8394
M22 ja SaO ₂	0,8345
M23 ja SaO ₂	0,5892
SL ja SaO ₂	0,7401

5.5 Parittaiset T-testit

Taulukossa yhdeksän esitetään parittaisten T-testien tulokset. Testissä vertailtiin jokaisen mittarin saturaatiotulosta valtimoverikaasunäytteen tulokseen. Mittareiden 20, 22, 23 ja SL-mittarin p-arvo on 0,0000. Mittarin 21 p-arvo on 0,0171.

Taulukko 9. Parittaisten T-testien tulokset saturaatiomittareiden ja valtimoverikaasunäytteiden välillä.

Testauksessa käytetty pari	Tulos
M20 ja SaO2	0,0000
M21 ja SaO2	0,0171
M22 ja SaO2	0,0000
M23 ja SaO2	0,0000
SL ja SaO2	0,0000

Taulukossa kymmenen esitetään saturaatiomittareiden välisiä T-testien tuloksia. Testissä vertailtiin mittareiden välisiä eroja. Mittarin 20 ja 21 p-arvo on 0,0000. Mittarin 20 ja 22 p-arvo on 0,1258. Mittarin 20 ja 23 p-arvo on 0,4987. Mittarin M20 ja SL-mittarin p-arvo on 0,035.

Taulukko 10. Parittaisten T-testien tulokset eri saturaatiomittareiden välillä.

Testauksessa käytetty pari	Tulos
M20 ja M21	0,0000
M20 ja M22	0,1258
M20 ja M23	0,4987
M20 ja SL	0,035

6 Pohdinta

6.1 Tulosten tarkastelu

Mittareiden laatutietojen tarkastelu paljastaa jo ongelman mittareiden saturaatiolukeman luotettavuuden arvioimisessa. Vaikka jokaisen mittarin signaalin laatu oli aina sininen eli hyvä, niin perfuusioindeksin pitäisi olla yksi tai enemmän, sillä alle yhden tuloksessa sen voidaan olettaa vääristyneen. Mittareilla 20 ja 23 perfuusioindeksi oli yli yhden neljä kertaa eli 21,5%:ssa mittauskerroista. Mittarilla 22 perfuusioindeksi oli yli yhden viisi kertaa eli 26,3%:ssa mittauskerroista. Nämä kolme ovat korvaan tulevia mittareita. Sormimittari eli mittari 21 pääsi yli yhden 18 kertaa eli 95,3%:ssa mittauskerroista. Korvamittareilla ei päästä usein valmistajan asettamaan laatukriteeriin eli tuloksen voidaan olettaa olevan vääristynyt valmistajan mukaan. Sormimittarilla saavutettiin laatukriteerit useammin.

Sykkeen kohdalta keskihajonta on 12,66. Yhdellä mittauskerralla tutkittavalla ilmeni rytmihäiriötä, joka vääristää sykkeen antamaa lukemaa ja näin nostaa koko sykkeen keskihajontaa todellista suuremmaksi. Korkea keskihajonta kertoo tulostason vaihtelevan runsaasti.

Mittareiden välillä on keskenään eroja samalla mittauskerralla. Olisi luonnollista, että eroja olisi eri mittauskerroilla, mutta tässä erot tulevat esille samalla mittauskerralla. Tämä kertoo, etteivät mittareiden tulokset ole täysin luotettavia. Mittareiden tulokset eivät myöskään ole täysin yhteneväisiä valtimoverinäytteen tulokseen. Pulssioksimetrien antamat tulokset ovat järjestelmällisesti korkeampia kuin valtimoverikaasunäytteiden antamat tulokset.

Yhdysvaltalaisen tutkimuksen mukaan pulssioksimetri ei antanut riittävän luotettavia tuloksia verrattuna valtimoverikaasuanalyysin tuloksiin. Heidän tutkimuksessaan erot happisaturaation ja valtimoverikaasunäytteen välillä olivat suurimmat potilailla, joilla oli epätavallisen matala happisaturaatio. He suosittelevat lisää tutkimuksia happisaturaatiomittareiden ja valtimoverikaasunäytteiden välille (Jones ym. 2015: 391-396.)

Mittarin 20 ja valtimoverikaasunäytteen r-arvo on 0,6969 eli huomattava. Mittarin 21 ja valtimoverikaasunäytteen r-arvo on 0,8394 eli voimakas. Mittarin 22 ja valtimoverikaasunäytteen r-arvo on 0,8345 eli voimakas. Mittarin 23 ja valtimoverikaasunäytteen r-arvo on 0,5892 eli kohtalainen. SL-mittarin ja valtimoverikaasunäytteen r-arvo on 0,7401 eli

huomattava. Tämä tarkoittaa, että tulosten välillä on voimakas positiivinen korrelaatio, joka tarkoittaa ominaisuuksien välistä riippuvuutta.

T-testissä verrattiin jokaisen mittarin saturaatiotulosta valtimoverikaasunäytteen tulokseen. Korvaan tulevilla mittareilla 20, 22, 23 ja kiinteällä SL-mittarilla tulokset ovat $p=0,0000$. Sormeen tulevalla mittarilla 21 tulos on $p=0,0171$. P-arvon ollessa alle 0,001 ero on tilastollisesti erittäin merkittävä. Mittareilla 20, 22 ja 23 $p=0,0000$ eli tilastollisesti erittäin merkittävä. P-arvon ollessa 0,010 ero on tilastollisesti merkittävä. Mittarin 21 $p=0,0171$ eli tilastollisesti merkittävä. Keskiarvojen välinen ero on sitä merkitsevämpi kuin mitä pienempi p-arvo on.

Mittareiden välisten T-testien tulokset ovat mittarin 20 ja 21 $p=0,0000$. Mittarin 20 ja 22 $p=0,1258$. Mittarin 20 ja 23 $p=0,4987$. Mittarin M20 ja SL $p=0,035$. Mittarin 20 ja 21 p-arvo on siis tilastollisesti erittäin merkittävä. Muiden mittareiden väliset p-arvot eivät ole tilastollisesti merkitseviä.

6.2 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimuksen aineisto kerättiin erikseen laaditulle Excel-taulukolle, jota täytettiin systemaattisesti. Kuva taulukosta on liitteenä yksi. Tulokset kirjattiin reaaliaikaisesti ja tarkasti ylös, jolloin tulosten voidaan olettaa olevan oikeita. Saturaatioarvo (SpO_2) kirjoitettiin ylös samanaikaisesti, kun valtimoverikaasunäyte (SaO_2) otettiin, jolloin arvo edustaa samanaikaisuutta. Lisäksi tutkimus tehtiin yksi tutkittava kerrallaan, jolloin tiedot eivät ole päässeet sekoittumaan.

Tutkimuksen systemaattisuutta edustaa se, että korviin laitettavien pulssioksimetrien sijaintia korvalehdellä vuoroteltiin. Pulssioksimetrit olivat joka toinen kerta korvalehden yläosassa ja joka toinen kerta korvalehden alaosassa. Tästä pidettiin systemaattista kirjainta. Paikkaa vaihtamalla varmistuttiin, ettei sen sijainti korvalehdellä vaikuta tulokseen.

Tutkittavilta kerättiin taustatietoina spirometriatutkimuksen tuloksista FEV_1 (abs), FEV_1 (Z), FVC (abs) ja FVC (Z) ja diffuusiokapasiteettitutkimuksen DLCOc, DLCOc, DLc/VA ja DLc/VA (%viite) mikäli tutkittaville oli tehty kyseiset tutkimukset. Mahdolliset tutkimustulokset kirjattiin, jotta voitiin todentaa, onko mahdollisella happisaturaatioarvon alenemalla jokin selite. Valtimoverikaasunäyte, johon saturaatioarvoa verrattiin, tutkittiin ak-

kreditoidussa laboratoriossa, jolloin sen tulosta voidaan pitää luotettavana. Valtimoverikaasutulosten viiterajojen alapuolella olevat tulokset pystyttiin pääsääntöisesti selittämään näin.

6.3 Tutkimuksen eettisyys

TENK eli tutkimuseettinen neuvottelukunta määrittelee, että tieteellinen tutkimus on eettisesti hyväksyttävää ja luotettavaa ja sen tulokset ovat uskottavia vain, jos tutkimus on suoritettu hyvän tieteellisen käytännön edellyttämällä tavalla. TENK:n mukaan hyvän tieteellisen käytännön lähtökohtia ovat rehellisyys, huolellisuus ja tarkkuus kaikissa tutkimuksen vaiheissa, avoin ja vastuullinen tiedeviestintä tutkimuksen tuloksia julkaistaessa sekä muiden tekemän työn ja saavutusten kunnioittaminen (Tutkimuseettinen neuvottelukunta TENK: 2019.) Opinnäytetyölle on tehty plagioinnin tarkastus TurnItIn-ohjelmalla.

Opinnäytetyön tekemiselle haettiin ja saatiin Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin tutkimuslupa. Eettisen toimikunnan puoltavan lausunnon hakemiselle ei nähty tarvetta, sillä opinnäytetyön aineiston keräämisestä vastasi Kliinisen fysiologian yksikkö. Opinnäytetyön aineiston keräämisessä on noudatettu TENK:n laatimaa ohjetta ”ihmisen kohdistuvan tutkimuksen eettiset periaatteet ja ihmistieteiden eettinen ennakoarviointi Suomessa”, joka on ilmestynyt vuonna 2019. Aineiston kerääminen perustui vapaaehtoisuuteen. Tutkimukseen osallistumisesta ei koitunut tutkimukseen osallistuneille ylimääräistä haittaa, vaan he saapuivat valtimoverikaasunäytteenottoon HUS Diagnostiikkakeskus Kliinisen fysiologian yksikköön ja valtimoverikaasunäytteenoton yhteydessä heiltä kysyttiin lupa opinnäytetyön aineiston analysointiin liittyvään tutkimukseen. Myös Suomen Bioanalytikkoliiton antamat bioanalytikon, laboratoriohoitajan eettiset ohjeet tuovat esille sen, että tutkittavalla on oikeus kieltäytyä tutkimuksesta. Ohje myös tähdentää bioanalytikon, laboratoriohoitajan velvollisuutta kunnioittaa tutkittavan hyvinvointia ja hänen oikeuksiaan. (Suomen Bioanalytikkoliitto ry 2017.)

Tutkimusaineisto kerättiin anonymisti eikä tutkittavien henkilötietoja kirjattu ylös missään vaiheessa aineiston keräämistä. Kerätystä aineistosta ei voi tunnistaa tutkittavia henkilöitä. Tutkimusaineisto on analysoitu ja raportoitu hyvän tieteellisen tutkimuskäytännön mukaisesti.

6.4 Johtopäätökset

Minkään saturaatiomittarin tulos ei vastannut täysin valtimoverinäytteen happisaturaatiota. T-testien perusteella nämä tulokset ovat tilastollisesti joko merkittäviä tai erittäin merkittäviä. Kun tulos on tilastollisesti merkittävä tai erittäin merkittävä, niin voidaan pitää epätodennäköisenä sitä, että tulos olisi sattumanvaraista. Eri happisaturaatiolaitteet antoivat keskenään eriäviä tuloksia, joista osalla ei ollut tilastollista merkitsevyyttä ja osalla puolestaan oli merkittävä tilastollinen merkittävyys.

Tutkimus osoittaa, että mittarit eivät ole luotettavia yksinään. Sormimittari osoittautui tutkimuksessa luotettavimmaksi mittariksi. Sormimittari täytti laatutiedot useimmiten.

Sormimittaria käytettäessä tulisi muistaa, että sormessa oleva kynsilakka tulisi poistaa. Aiheesta on useampia tutkimuksia, mutta tuore turkkilainen tutkimus osoitti useiden mahdollisten kynsilakan värien aiheuttavan alenemaa saturaatioarvossa (Yikar – Arslan – Nazik 2019: 1144-1147).

6.5 Tulosten hyödyntäminen ja kehittämis ehdotukset

Opinnäytetyön aineiston otanta oli melko pieni. Halutessaan tutkimuksen voisi uusaa, mutta tulokset eivät välttämättä muuttuisi isommallakaan otannalla. Tutkimuksen otannan katsottiin olevan riittävän suuri Kliinisen fysiologian yksikön tarpeisiin.

Yksikössä käytössä olevia työohjeita päivitetään. Yksikön työohjeissa ei ole tällä hetkellä mainintaa pulssioksimetriä käyttämiseen liittyvistä laatu kriteereistä, jolloin ne eivät välttämättä tule perehdytyksessä esille. Osassa työohjeissa on kyllä maininta siitä, että signaalin laadun tulee olla hyvä, jotta sen voi hyväksyä. Oksimetrin syketaajuuden tulisi vastata EKG:n syketaajuutta. Työohjeissa olisi hyvä kertoa signaalin laatu, perfuusioindeksi ja läpivirtaus, sillä ne ovat laitevalmistajan määrittämiä laatu tietoja. Yksikössä olevaa käytäntöä epävarman tuloksen syöttämisestä suluissa on hyvä jatkaa.

Olisi varmasti hyödyllistä tehdä lisäselvityksiä miksi korvamittareiden laatu kriteerit eivät usein täyty. Opinnäytetyön tulosten perusteella yksikössä olevat saturaatiomittarit eivät anna luotettavia tuloksia. Tämä olisi hyvä huomioida tulevissa laitehankinnoissa.

6.6 Ammatillinen kasvu

Opinnäytetyön tekeminen on pitkäkestoinen ammatillinen oppimisprosessi. Opinnäytetyön tarkoituksena on osoittaa opiskelijan valmiudet tietojen ja taitojen soveltamisesta tässä tapauksessa yhdessä työelämän kanssa. Metropolia Ammattikorkeakoulussa saadut opinnot, etenkin tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotyöskentelyn menetelmäopinnot, ovat tukeneet tätä opinnäytetyöprosessia hyvin. Tutkimuksellisen opinnäytetyön tekeminen on opettanut suunnitelmallista työskentelyä aina aiheen valinnasta, suunnitteluvaiheesta, käytännön toteutuksesta, aineiston analysoinnista raportointiin saakka.

Opinnäytetyöprosessin tukena on ollut opinnäytetyön tilaava taho, jonka kanssa yhteistyö on sujunut hyvin. Heiltä on saanut palautetta ja raameja työn tutkimuksen tekemiselle. He ovat kliinisen fysiologian asiantuntijoita. Heidän asettama selkeä tavoite tutkimukselle on auttanut ja helpottanut opinnäytetyöprosessissa. Aihe ei ole ollut liian laaja, vaan sopivasti rajattu.

Ammatillinen osaamiseni on syventynyt erityisesti kliinisen fysiologian osaamisalassa bioanalyytikon työssä. Olen perehtynyt systemaattisesti alakohtaiseen teoria- ja tutkimustietoon. Tieteellisiin artikkeleihin syventymisessä on ollut valtava työ, jossa on täytynyt etenkin oppia karsimaan epäolennaisia artikkeleita. Itselleni suurin haaste on ollut Excel-ohjelmalla tehtävä tilastoanalyysi. Vaikka bioanalytikkokoulutuksen opinnoissa on harjoiteltu tilastomatematiikkaa, niin siellä opittu ei vastannut käytännön tarpeitani. Välillä se on turhauttanut, sillä se on ollut tärkeimpiä työkaluja tutkimusta tehdessä. Olen kuitenkin saanut koululta ohjausta ja opastusta tilastollisten menetelmien käytössä.

Opinnäytetyön tekeminen yksin on ollut haastava, mielenkiintoinen, mutta antoisa prosessi. Tähän työhön soveltui hyvin itsenäinen tekeminen, joka sopii minulle. Välillä on kuitenkin kaivannut vertaistukea, jota on kuitenkin saanut ohjaavalta opettajalta.

Lähteet

Diffuusiokapasiteetti, single breath menetelmä, tavallinen perusmittaus 2019. HUSLAB ohjekirja. Verkkodokumentti. <<https://huslab.fi/ohjekirja/1246.html>> Luettu 30.3.2020.

Envitec by Honeywell 2013. PulssioksimetriMySignS. Tekninen dokumentaatio.

Heidemann, Sabrina – Sarnaik, Ashok 2019. Respiratory Pathophysiology and Regulation. Obgyn Key. Verkkojulkaisu. Luettu 30.08.2019.

Heikkilä, Tarja 2014. Tilastollinen tutkimus. Helsinki: Edita.

HUS:n tunnuslukuja 2018. HUS-tietoa. HUS, Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri. Verkkodokumentti < <https://www.hus.fi/hus-tietoa/husn-tunnuslukuja/Sivut/default.aspx>>. Luettu 3.4.2020.

Ihmisen keuhkot. Kuva. Verkkojulkaisu. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ihmisen_keuhkot.svg>. Luettu 20.9.2019.

Jones, Maria – Olorvida, Ethel – Monger, Karen – Yarborough, Veronica – Bennetts, Holly – Harris, Dinah – Keith, Cindy – Boggs, Lorri – Firrincieli, Beth – Ingram, Lorie – Richardson, Patricia – Locklear, Denise – Sigmon, Susan – Lewis, Jeannine, Murphy, Jacqueline 2015. How well do inexpensive, portable pulse oximeter values agree with arterial oxygenation saturation in acutely ill patients? Medsurg Nursing Vol. 24/No. 6.

Kaasujen vaihto 2016. Kuva. Verkkojulkaisu. <[https://simple.wikipedia.org/wiki/Exchange_of_gases#/media/File:Gas_exchange_in_the_aveolus_simple_\(en\).svg](https://simple.wikipedia.org/wiki/Exchange_of_gases#/media/File:Gas_exchange_in_the_aveolus_simple_(en).svg)>. Luettu 20.9.2019.

Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede 2019. Sairaanhoitoapalvelut. HUS, Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri. Verkkojulkaisu. <<https://www.hus.fi/sairaanhoito/sairaanhoitoapalvelut/kliininen-fysiologia-ja-isotooppilääketiede/Sivut/default.aspx>>. Luettu 26.9.2019.

Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede 2020. Mikä ihmeen bioanalytiikka. Bioanalytiikan koulutuksen erikoisalut. Suomen Bioanalytikkoliitto ry. Verkkojulkaisu. <<https://www.bioanalytikkoliitto.fi/mika-ihmeen-bioanalytiikka/bioanalytiikan-koulutus/erikoisalut/kliininen-fysiologia-ja-isotoopp/>>. Luettu 3.4.2020.

Kliininen rasituskoe spiroergometria 2019. Tutkimusohjekirja. HUSLAB, Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri. Verkkojulkaisu. <<https://huslab.fi/ohjekirja/2065.html>>. Luettu 9.9.2019.

Mäkijärvi, Markku 2019. EKG-rekisteröinti ja tulkinta. Julkaisussa Mäkijärvi, Markku – Niklaus, Kjell – Raatikainen, Pekka – Parikka Hannu (toim.). EKG. Duodecim oppiportti. Verkkojulkaisu. Luettu 2.3.2020.

Mäkijärvi, Markku – Korhonen, Petri 2019. EKG:n perusteet. Julkaisussa Mäkijärvi, Markku – Nikus, Kjell – Raatikainen, Pekka – Parikka, Hannu (toim.). EKG. Duodecim oppiportti. Verkkojulkaisu. Luettu 2.3.2020.

Piirilä, Päivi 2014. Veren happeutumisen mittaaminen. Julkaisussa Kaarteenaho, Riitta – Brander, Pirkko – Halme, Maija, Kinnula, Vuokko (toim.). Keuhkosairaudet. Duodecim Oppiportti. Verkkojulkaisu. Luettu 11.9.2019.

Piirilä, Päivi – Salorinne, Yrjö – Malmberg, Pekka 2018. Kaasujenvaihdunnan tutkiminen levossa. Julkaisussa Sovijärvi, Anssi – Hartiala, Jaakko – Knuuti, Juhani – Laitinen, Tomi – Malmberg, Pekka (toim.). Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Duodecim Oppiportti. Verkkojulkaisu. Luettu 11.9.2019.

Piirilä, Päivi – Sovijärvi, Anssi 2006. Keuhkojen diffuusiokapasiteettimittaus keuhkokuoksen toiminnan arvioinnissa. Suomen Lääkärilehti. 6/2006.

Piirilä, Päivi – Sovijärvi, Anssi 2013. Spiroergometria fyysisen suorituskyvyn ja sitä rajoittavien tekijöiden arvioinnissa. Katsaus. Duodecim. Verkkojulkaisu. Luettu 19.9.2019.

Salmenperä, Markku – Yli-Hankala, Arvi 2014. Pulssioksimetria. Julkaisussa Rosenberg, Per – Alahuhta, Seppo – Lindgren, Leena – Olkkola, Klaus – Ruokonen, Esko (toim.). Anestesiologia ja tehohoito. Duodecim Oppiportti. Verkkojulkaisu. Luettu 30.3.2020.

Sand, Olav – Oystein, V, Sjaastad – Haug, Egil – Bjålie, Jan – Toverud, Kari 2016. Ihminen. Anatomia ja fysiologia. 8-13. painos. Helsinki: SanomaPro.

Sovijärvi, Anssi – Hartiala, Jaakko – Knuuti, Juhani – Laitinen, Tomi – Malmberg, Pekka 2018. Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Julkaisussa Sovijärvi, Anssi – Hartiala, Jaakko – Knuuti, Juhani – Laitinen, Tomi – Malmberg, Pekka (toim.). Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Duodecim Oppiportti. Verkkojulkaisu. Luettu 11.9.2019.

Sovijärvi, Anssi – Kainu, Annette – Malmberg, Pekka – Guldbrand, Anna – Timonen-Kirsi – Piirilä, Päivi 2019. Spirometria- ja PEF-mittausten suoritus ja tulkinta. Suositus 14. painos. Moodi 1a/2019.

Sovijärvi, Anssi – Malmberg, Pekka – Piirilä, Päivi 2018. Virtaus-tilavuusspirometria. Julkaisussa Sovijärvi, Anssi – Hartiala, Jaakko – Knuuti, Juhani – Laitinen, Tomi – Malmberg, Pekka (toim.). Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Duodecim Oppiportti. Verkkojulkaisu. Luettu 11.9.2019.

Sovijärvi, Anssi – Piirilä, Päivi – Laitinen, Tomi 2018. Spiroergometria. Julkaisussa Toim. Sovijärvi, Anssi – Hartiala, Jaakko – Knuuti, Juhani – Laitinen, Tomi – Malmberg, Pekka (toim.). Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Duodecim Oppiportti. Verkkojulkaisu. Luettu 11.9.2019.

Suomen Bioanalytikkoliitto ry. Bioanalytikon, laboratoriohoitajan eettiset ohjeet. Verkkodokumentti <https://www.bioanalytikkoliitto.fi/@Bin/659271/Eettiset+periaatteet_FI_print_2017.pdf> Luettu 1.3.2020.

Terveyskylä 2019. Tutkimukseen – Palvelut – Kuvantaminen - HUS Kuvantaminen. Verkkodokumentti. <<https://www.terveyskyla.fi/tutkimukseen/palvelut/kuvantaminen/hus-kuvantaminen>> Luettu 30.3.2020.

Tutkimuseettinen neuvottelukunta TENK 2019. Hyvä tieteellinen käytäntö (HTK). Verkkodokumentti. <<https://www.tenk.fi/fi/hyva-tieteellinen-kaytanta>> Luettu 26.9.2019.

Verikaasuanalyysi (pO₂, pCO₂, pH ja laskenta), valtimoverestä 2019. Tutkimusohjekirja. HUSLAB, Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri. Verkkodokumentti. <https://huslab.fi/cgi-bin/ohjekirja/tt_show.exe?assay=3647&terms=hengi> Luettu 9.9.2019.

Verikaasunäytteenotto 2019. Vieritestisuositus. Labquality. Verkkodokumentti. <<https://www.labquality.fi/vieritestisuositus/naytteenotto/verikaasunaytteenotto/>>. Luettu 9.9.2019.

Yikar, Seda Karacay – Arslan, Sevban – Nazik, Evsen 2019. The Effect of Nail Polish on Pulseoximeters Measurements in Healthy Individuals. International Journal of Caring Sciences 12 (2). 5-8.

.

1 (1)

Aineiston keräämiseen käytetty Excel-pohja

[illegible]