



Spirometriatutkimus

Kuvallinen työohje Medikro Primo -spirometrille

Essi Kortesmäki

Reeta Poikkimäki

OPINNÄYTETYÖ

Helmikuu 2025

Bioanalyytikon tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Bioanalyytikon tutkinto-ohjelma

KORTESMÄKI, ESSI & POIKKIMÄKI, REETA:
Spirometriatutkimus
Kuvallinen työohje Medikro Primo -spirometrille

Opinnäytetyö 30 sivua
Helmikuu 2025

Toiminnallisen opinnäytetyön tavoitteena oli laatia työohje Tampereen ammattikorkeakoululle Medikro Primo -spirometrin käytöstä keuhkojen toimintatutkimuksen suoritusta varten. Työohjeen on tarkoitus toimia opettajan apuvälineenä ja helpottaa osaltaan opettajan työtaakkaa. Työohje on suunnattu bioanalytikko-opiskelijoille. Opiskelijat voivat tutustua aiheeseen ja laitteen käyttöön itsenäisesti jo ennen varsinaista opetustuntia. Tämä edesauttaa ja tukee opiskelijoiden oppimista ja luo siten hyvän pohjan tuleviin harjoitteluihin ja työelämään.

Tavoitteena oli luoda työohjeesta selkeä, hyvin jäsenneily, pituudeltaan sopiva ja helposti luettava. Työohje suunniteltiin ja toteutettiin Word-pohjaan. Ohjeen teossa hyödynnettiin ohjeen laatijoiden omia kokemuksia ja osaamista bioanalyytikon työtehtävistä. Ohjeen laatimista varten otettiin kuvia spirometria-laitteistosta sekä kuvakaappauksia spirometrian suorituksessa käytettävästä sovelluksesta, joilla pyrittiin selkeästi havainnollistamaan työn suorituksen eri vaiheita. Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsiteltiin tutkimuksen taustaa, tutkimuksen suorittamisen eri vaiheita, tutkimustulosten tulkintaa ja virhelähteitä sekä sitä, millainen olisi hyvä työohje.

Työn tuloksena syntyi 10-sivuinen kuvitettu työohje, jossa on kuvattu selkeästi vaihe vaiheelta keuhkojen toimintatutkimuksen suorittaminen Medikro Primo -spirometrilla. Ohjeessa on tuotu ilmi kaikki työvaiheet, jotka tutkimuksen suorittajan täytyy osata ja tietää laitteen kalibroinnista yksittäisen suorituksen hyväksymiskriteereihin.

Asiasanat: spirometria, toimintatutkimus, työohje, bioanalytiikka

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Biomedical Laboratory Science

KORTESMÄKI, ESSI & POIKKIMÄKI, REETA:
Spirometry Examination
Illustrated Work Instruction for Medikro Primo Spirometer

Bachelor's thesis 30 pages
February 2025

The aim of the thesis was to produce a work instruction for Tampere University of Applied Science on the use of the Medikro Primo spirometer. Medikro Primo spirometer is a device used to perform lung function tests. The work instruction is intended for biomedical laboratory science students. It also aims to serve as an aid for teachers in clinical physiology lessons. The students can read the instruction before the lessons and familiarize themselves with the topic and the use of the device. The work instruction supports learning and creates a good foundation for future internships and working life.

The work instruction was intended to be clear, well-structured, suitable in length and easy to read. It was designed and created in a Word template. The authors' own experiences and knowledge of studies and work tasks of a biomedical laboratory scientist have been used as a basis for this work. Images of the equipment and screenshots of the application were taken to clearly illustrate the different stages of the work process. The theory section reviewed research on spirometry, its different stages, interpretation of results and sources of errors. Furthermore, the theory covered the features of a useful work instruction.

The work resulted in a 10-page illustrated work instruction which describes clearly how to perform a lung function test with the Medikro Primo spirometer. The instruction outlines all the steps that the person performing the test must know and be able to accomplish, from calibrating the device to the acceptance criteria for an individual test.

Key words: spirometry, function test, work instruction, biomedical

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	SPIROMETRIATUTKIMUS	7
	2.1. Kliiniset aiheet ja vasta-aiheet.....	9
	2.2. Esivalmisteluohjeet	9
	2.3. Tutkimuksen suorittaminen	10
	2.4. Tulosten tulkinta	14
	2.5. Virhelähteet	18
3	MEDIKRO PRIMO -SPIROMETRI	20
4	TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TAVOITTEET	22
5	TOIMINNALLINEN OPINNÄYTETYÖ	23
	5.1. Suunnittelu ja kirjallinen osio	23
	5.2. Työohjeen laatiminen	24
6	POHDINTA	26
	LÄHTEET	28

LYHENTEET JA TERMIT

VC	hidas vitaalikapasiteetti
FVC	nopea vitaalikapasiteetti
PEF	uloshengityksen huippuvirtaus
FEV1	uloshengityksen sekuntikapasiteetti
FEV6	uloshengitetyn ilman tilavuus 6 sekunnin kuluttua pu- halluksen alusta
FET	uloshengitysaika
EV	jäännöstilavuus
obstruktio	ahtautuminen, tukkeutuminen, virtauksen rajoittuminen
restriktio	keuhkojen kokonaistilavuuden pieneneminen

1 JOHDANTO

Keuhkojen toimintaa, sekä sairauksien ja ammatin vaikutuksia niiden toimintaan on pyritty tutkimaan jo vuosisatoja. Jo 1800-luvun puolivälissä John Hutchinson esitteli maailmalle keuhkojen toimintaa mittaavan laitteen. Hän kutsui sitä spirometriksi. Hutchinsonin silloinen näkemys oli, että spirometriasta tulisi vielä ratkaiseva osa kasvavaa tietämystä hengityselimistön patofysiologiasta. Nykyään spirometria on välttämätön osa hengityselinten sairauksien diagnosoinnissa, hoidossa ja tutkimuksissa. (Kouri, Dandurand, Usmani & Chow 2021.)

Spirometriatutkimuksella mitataan keuhkojen tilavuutta ja hengitysilman virtausta. Mittauksella saadaan selville mahdollinen keuhkotilavuuden tai virtauksen poikkeavuus (obstruktio/restriktio). Tutkimuksessa voidaan mitata myös poikkeavuuden palautumista keuhkoputkien avautumis- eli bronkodilaatiokokeessa. Nykyään käytettävistä spirometreistä valtaosa on virtaus-tilavuusspirometreja. (Piirilä 2021, 22–23.)

Kliininen fysiologia on erikoisala, joka kuuluu yhtenä osana bioanalyytikon opintoihin. Kliininen fysiologia mittaa ja tutkii elimistön toimintaa. Toimintatutkimuksiin kuuluvat erilaiset sydämen ja verenkierron sekä hengityselimistön tutkimukset. Bioanalyytikon tehtävänä tutkimuksissa on ohjata potilaita tutkimuksiin preanalyttiset tekijät sekä potilaan turvallisuus ja hyvinvointi huomioiden, sekä vastata laadukkaista ja luotettavista tuloksista.

Tampereen ammattikorkeakoululla on käytössä Medikro Primo -spirometri, jonka toiminta perustuu virtaus-tilavuusrekisteröintiin. Tämän toiminnallisen opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa mahdollisimman informatiivinen ja selkeä työohje sen käytöstä kliinisen fysiologian opintojaksolle. Työohjetta voidaan käyttää opetuksen tukena bioanalytikko-opiskelijoille. Sen on tarkoitus toimia ennakkomateriaalina, johon opiskelijat voivat tutustua ennen harjoitustunteja. Työohjeen kautta opiskelijoiden on mahdollista saada selkeä kuva laitteen käytöstä, erilaisista mittaustoiminnoista ja laitteen huollosta etukäteen. Ennakkomateriaalin tarkoituksena on myös sujuvoittaa ja helpottaa opetusta. Opinnäytetyön toimeksiantajana on Tampereen ammattikorkeakoulun bioanalyytikon tutkinto-ohjelma.

2 SPIROMETRIATUTKIMUS

Kliininen fysiologia on yksi lääketieteen erikoisaloista, joka mittaa ja tutkii elimistön toimintoja ja niiden mahdollisia häiriöitä käyttäen apuna lääketieteen uusinta teknologiaa (Sovijärvi 2012, 5). Tehtävät mittaukset perustuvat fysiologisesta ilmiöstä tehtäviin fysikaalisiin mittauksiin ja niiden analysointiin. Tutkimuksille tyyppillistä on, että se perustuu epäsuorasti havaittaviin muutoksiin mitattavissa dynaamisissa signaaleissa. (Korhonen, Turjanmaa & Sovijärvi 2012, 12.) Näin ollen tutkimustulosten luotettavuus, menetelmien vakiointi sekä turvallisuus ovatkin avainasemassa alan tutkimuksissa (Sovijärvi 2012, 5). Esimerkiksi vuorokaudenaika, fyysinen aktiivisuus sekä henkinen vireystila vaikuttavat merkittävästi kliinisen fysiologian mittauksiin, vaikka näistä huolimatta usein voidaan saada teknisesti hyvänlaatuisia mittauksia (Korhonen ym. 2012, 15).

Kliinisen fysiologian tutkimuksia tarvitaan muun muassa astman diagnostiikassa, seurannassa ja hoidon tehon arvioinnissa (Sovijärvi 2012, 5). Keuhkosairauksien diagnostiikassa on keuhkojen toimintatutkimuksilla keskeinen merkitys. Spirometrialla voidaan todeta herkästi toiminnallinen keuhkotilavuuden pienentyminen ja hengitystieahtaus eli obstruktio sekä muita keuhkosairauksia. (Wu ym. 2022.) Tällaisia ovat esimerkiksi COPD eli keuhkohtaumatauti, jolle ominaista on krooninen ja etenevä ilmavirran rajoittuminen keuhkoissa (Zhou ym. 2022).

PEF-mittaus on hyvä suurten keuhkoputkien vaihtelevan obstruktion arvioinnissa. Diffuusiokapasiteettitutkimus antaa informaatiota muun muassa keuhkohtaumatautiin liittyvän keuhkolaajentuman vaikeusasteesta. Keuhkoputkien altistuskokeita, kuten esimerkiksi metakoliinialtistusta, käytetään astman diagnostiikassa. Rasituskokeet, kuten esimerkiksi spiroergometria, taas antavat lisätietoa rasitushengenahdistuksen syistä, leikkauskelpoisuudesta sekä työkyvystä. Keuhkosairauden vaikeusasteen ja happihoidon arvioinnissa käytetään verikaasuanalyysijä. Jälkimmäisenä luetellut kuuluvat erikoissairaanhoidon piiriin. (Kinula & Sovijärvi 2005, 231.)

Spirometria on yksi kliinisen fysiologian tutkimuksista. Se on yleisin ja tärkein keuhkojen toimintaa mittaava koe, jonka avulla saadaan selvitettyä keuhkojen

tilavuus sekä tuuletuskapasiteetti (Sovijärvi ym. 2016, 1673). Keuhkojen tuuletuskapasiteettiin vaikuttavat keuhkojen tilavuus, keuhkoputkiston läpimitta, hengityslihaksiston toimintakyky sekä keuhkokudoksen ja rintakehän kimmoisuus ja venyvyys (Sovijärvi, Malmberg & Piirilä 2018, 32). Se on keskeinen tutkimusmuun muassa astman, keuhkohtaumataudin sekä muiden keuhkoperäisten hengenahdistusten diagnostiikassa. Näin ollen on äärimmäisen tärkeää, että tutkimus on laadukkaasti ja luotettavasti toteutettu. Tutkimuksen vakiointiin ja toistettavuuteen on yhä enenevässä määrin kiinnitetty erityistä huomiota. (Sovijärvi ym. 2016, 1673.) Tutkimukset tehdään pääosin perusterveydenhuollossa (Tukiainen, Kinnula & Sovijärvi 2010, 59) ja Suomessa kyseisiä tutkimuksia tehdäänkin jopa yli 500 000 vuosittain (Sovijärvi ym. 2016, 1673).

Tutkimuksessa mitataan keuhkoihin kulkeutuvan ilman tilavuutta sekä sen virtausta sisään ja ulos. Näin saadaan käsitys mahdollisista keuhkotilavuuden tai virtauksen poikkeamista ja samalla voidaan mitata poikkeavuuden palautuvuutta bronkodilaatiokokeessa. (Piirilä 2021, 22.) Keuhkojen toimintatutkimuksen avulla voidaan myös arvioida hoidon tehoa (Tukiainen ym. 2010, 59). Aikaisemmin yleisin keuhkojen ventilaatiotoiminnan mittaamenetelmä on ollut dynaaminen spirometria, jossa uloshengitystilavuus rekisteröidään ajan funktiona (Sovijärvi ym. 2018, 32). Nykyisin käytetään pääosin virtaus-tilavuustulostuksella toimivia spirometrejä (Piirilä 2021, 23), joiden diagnostinen herkkyys on edellistä parempi (Sovijärvi ym. 2018, 33).

Lapsilla yleisin keuhkojen toimintaan vaikuttava sairaus on astma. Lasten keuhkojen toimintatutkimuksia tehtäessä on otettava huomioon, että ne onnistuvat yleensä kouluiästä lähtien. Alle kouluikäisten lasten kanssa joudutaan yleensä käyttämään erikoismenetelmiä, kuten esimerkiksi oskillometriä. (Sovijärvi & Malmberg 2012, 141.) Lääketieteen sanasto (2021) määrittelee oskillometrian mittaukseksi, jossa tutkittavan keuhkoihin johdetaan suun kautta eritaajuisia ääniimpulsseja ja heijastunut ääni analysoidaan (Lääketieteen sanasto 2021).

2.1. Kliiniset aiheet ja vasta-aiheet

Spirometriatutkimuksen tärkeimpiä kliinisiä aiheita ovat hengitykseen liittyvien oireiden selvittely, joita ovat esimerkiksi hengenahdistus, pitkäkestoinen yskä ja hengityksen vinkuminen, sekä hengityselinsairauksien, kuten astman, keuhkoah-
taumataudin tai keuhkokudossairauksien diagnostiikka. Muita spirometrian kliinisiä aiheita ovat riskiryhmien seulonta, keuhkolääkityksen vaikutuksen arviointi ja sairauden kulun seuranta, työkyvyn sekä haitta-asteen arviointi keuhkosairauksissa sekä toimenpide- ja leikkausriskien arviointi keuhkopotilailla. Riskiryhmään kuuluvat esimerkiksi tupakoitsijat sekä työperäisen altistuksen kautta sairastuneet. (Sovijärvi ym. 2016, 1674–1675.)

Spirometriaa ei suositella tapauksissa, joissa hengityselintulehduksen, kuten flunssan paranemisesta on kulunut alle kaksi viikkoa. Tutkimusta ei myöskään suositella tapauksissa, joissa on todettu keuhkotuberkuloosi, rinta- tai vatsakipu, ilmarinta, vaikeat sydämen rytmihäiriöt, dementia tai sekavuus, kipu suussa tai kasvojen alueella, joka haittaa tutkimusta, pakkoinkontinenssi tai ennenaikaisen synnytyksen riski loppuvaiheessa raskautta. Spirometrian vasta-aiheena on myös alle 1kk tuore sydäninfarkti. (Sovijärvi ym. 2016, 1675.)

2.2. Esivalmisteluohjeet

Potilaan esivalmisteluun ennen spirometriamittausta tulee kiinnittää huomiota, sillä jotkin nautintoaineet, ateriointi, fyysinen rasitus tai kylmän ilman hengittäminen saattavat vaikuttaa keuhkoputkiin ja hengittämiseen, esimerkiksi supistaen keuhkoputkia. Luotettavan tuloksen saamiseksi esivalmisteluohjeisiin on kiinnitettävä erityistä huomiota. (Sovijärvi & Piirilä 2012, 80.)

Neljään tuntiin ennen tutkimuksia tulisi välttää raskasta ateriaa, kahvia, teetä, kola- tai energiajuomia tai muita piristäviä juomia. Myös fyysistä rasitusta tulisi välttää kahden tunnin ajan sekä välttää kylmän pakkasilman hengittämistä. Alkoholia ei tulisi käyttää 24 tuntiin ennen tutkimusta. (Sovijärvi ym. 2021, 9.) Tupakointia ja nikotiinivalmisteita tulisi myös välttää kaksi tuntia ennen tutkimusta. Mikäli kuitenkin halutaan poissulkea nikotiinin vaikutus, tauon tulisi olla vähintään

kaksi vuorokautta, sillä sen sisältämän metaboliitin puoliintumisaika on pitkä. (Juusela ym. 2024, 10.) Tutkimukseen tullessa potilaan olisi hyvä istua vähintään 15 minuuttia ennen suoritettavia mittauksia (Sovijärvi & Piirilä 2012, 80.)

Tutkimuksen tuloksiin vaikuttavista lääkkeistä tulisi pitää taukoa riittävä aika, jotta tulos olisi luotettava. Astman hoitoon käytettäviä keuhkoputkia laajentavia lääkkeitä ei tulisi ottaa ainakaan 12 tuntiin ennen mittauksia. Teofylliinipitoisia valmisteita ei tulisi käyttää ainakaan 3 vuorokauteen ennen tutkimusta. Joidenkin lääkkeiden, kuten glukokortikoidien ja pitkävaikutteisten sympatomimeettien varoaika voi olla jopa useita viikkoja. Joissakin tapauksissa, kuten työkyvyn ja toimenpidekelpoisuuden arviointiin liittyvässä tutkimuksessa tavanomaisia lääkkeitä ei tulisi jättää väliin. Koska eri potilaat tarvitsevat erilaista lääkitystä, lääkkeen ottamiseen liittyvät ohjeet potilas saa hoitavalta lääkäriltä ja toimii niiden mukaisesti. (Sovijärvi & Piirilä 2012, 80–81.) Mikäli lääkkeiden tauotus ei ole toteutunut, voidaan spirometria silti suorittaa, kunhan käytetyt lääkkeet kirjataan tutkimuksen yhteyteen (Juusela ym. 2024, 10). Muut kuin keuhkolääkkeet saa ottaa normaalisti kaikissa tapauksissa (Sovijärvi ym. 2021, 9.)

2.3. Tutkimuksen suorittaminen

Ennen tutkimuksen suoritusta spirometrialaitte tulee kalibroida sekä tarkastaa laitteen kunto. Tilavuuskalibrointi on mittaus, joka suoritetaan 3 litran kalibrointipumpulla (kuva 1) käyttäen useita pumppauksia eri virtausnopeuksilla. Tilavuuskalibrointi tehdään päivittäin. Se tehdään myös aina, kun uusi virtausanturi otetaan käyttöön, tai kertakäyttöisiä virtausantureita käytettäessä 1–2 kertaa päivässä. Mittauksessa käytetään laitevalmistajan erillisiä ohjeita. Mitattu tilavuus saa poiketa korkeintaan 2,5 % pumpun todellisesta tilavuudesta ja kalibrointipumpun tarkkuus tulee olla ± 15 ml. Laitteelle tehdään lisäksi 1–2 kertaa päivässä lämpötilakalibrointi. (Sovijärvi ym. 2021, 10.)



KUVA 1. Kalibrointipumppu (Kuva: Essi Kortesmäki).

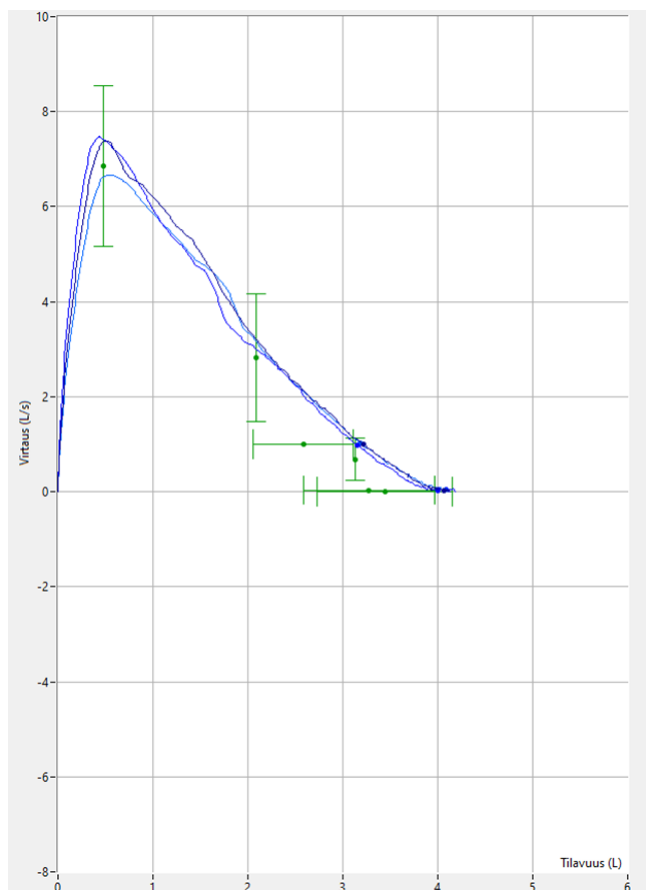
Potilas tarvitsee lääkäriltä lähetteen tutkimukseen. Lähetteestä tulisi käydä ilmi potilaan nimi, henkilötunnus, syntyperä (jos jokin muu kuin suomalainen), ikä, pituus, paino ja painoindeksi. Mahdollisesta tupakoinnista tulee olla maininta, miten kauan kestänyt ja määrä, sekä aikaisemman tupakoinnin lopettamisen ajankohta. Lähetteestä tulee löytyä lähettävän lääkärin nimi ja yksikkö, päivämäärä, kliiniset esitiedot ja lääkitys, sekä kysymysasettelu, esimerkiksi mahdollisten oireiden syyn selvittely tai epäily astmasta. (Sovijärvi ym. 2021, 7.)

Tutkimukseen tullessa potilaalta varmistetaan, onko hän noudattanut esivalmisteluohjeita. Potilaan ikä kirjataan ylös. Pituus ja paino mitataan ja kirjataan. Potilaalta kysytään mahdollinen keuhkolääkitys ja kirjataan ylös lääkkeenottoajankohta. Tutkimus suoritetaan potilaan istuessa tarkoitukseen sopivalla tuolilla. Hyvä puhallusasento on tärkeää, joten tutkittavan tulisi istua ryhdikkäästi, selkä suorana, myös pään ja kaulan asento huomioiden. Nenään asetetaan nenäsulki, jonka tehtävänä on estää ilman kulku nenän kautta. Virtausanturi eli suukappale asetetaan suuhun hampaiden väliin siten, että huulet tulevat tiiviisti sen ympärille (kuva 2). Tämän jälkeen voidaan aloittaa varsinainen mittaus. (Sovijärvi ym. 2021, 10.)



KUVA 2. Paineletkussa kiinni oleva virtausanturi eli suukappale sekä nenäsulki (Kuva: Essi Kortesmäki).

Potilas hengittää ensin normaalisti, vetää sitten keuhkot täyteen ilmaa, ja puhallaa ilman välittömästi ulos, keuhkot mahdollisimman tyhjiksi maksimaalisella voimalla. Ulospuhalluksen virtausnopeus tulisi olla alle 25 ml/s. Luotettavan tuloksen varmistamiseksi tulisi saada kolme mahdollisimman yhdenmukaista virtaustilavuuskäyrää (kuva 3). Puhallusten välillä tulee pitää taukoa, jonka ajaksi suukappale voidaan ottaa suusta pois. Puhalluksia ei tulisi suorittaa yli kahdeksaa kertaa yhden tutkimuskerran aikana. (Sovijärvi ym. 2021, 10.)

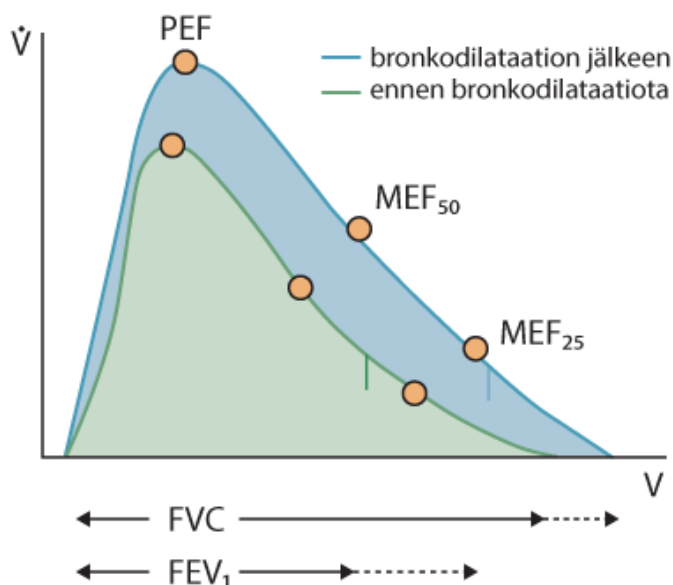


KUVA 3. Kolme onnistunutta ja toistettavaa uloshengityksen virtaus-tilavuuskäyrää (Kuva: Essi Kortesmäki).

Tutkimuksessa voidaan suorittaa myös hitaan vitaalikapasiteetin (VC) mittaus. Se suoritetaan ennen FVC:n puhalluksia siten, että saadaan vähintään kolme onnistunutta puhallusta. Hidas vitaalikapasiteetti mitataan siten, että tutkittava hengittää aluksi normaalisti, jonka jälkeen puhalttaa keuhkot rauhallisesti niin tyhjäksi kuin mahdollista, ja heti sen jälkeen vetää keuhkot niin täyteen kuin mahdollista. Mittaus voidaan suorittaa myös siten, että lepouloshengityksen jälkeen tutkittava vetää keuhkot täyteen ilmaa, ja sen jälkeen puhalttaa keuhkot hitaasti tyhjiksi. (Sovijärvi ym. 2021, 13.)

Tutkimuksessa suoritetaan tarvittaessa myös bronkodilaatiokoe (kuva 4). Kokeen aiheita ovat obstruktiolöydös spirometriassa, epäily astmasta sekä astmalääkkeen riittävyyden arviointi. Ennen lääkkeen antamista suoritetaan tavallinen spirometriamittaus. Bronkodilaatiossa käytetään avaavaa lääkettä, mikä on yleensä salbutamolia, vaihtoehtoisesti voidaan käyttää myös terbutaliinia. Aerosoli suihkutetaan annostelukammioon (salbutamolia 0,2 mg). Tutkittava vetää uloshengityksen jälkeen keuhkot rauhallisesti täyteen annostelukammion kautta ja pidättää

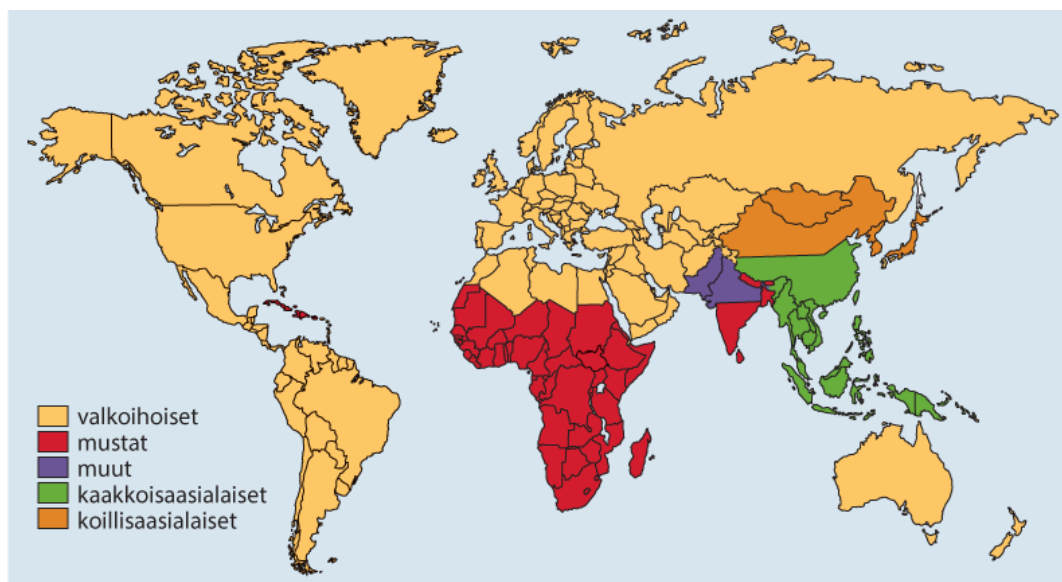
hengitystä 5 sekuntia, jonka jälkeen hengittää rauhallisesti ulos. Lääkkeen anto toistetaan ½-1 minuutin kuluttua, jolloin kokonaisannos salbutamolia on 0,4 mg. Lääkkeen annetaan vaikuttaa 10–15 minuuttia, jonka jälkeen suoritetaan uusi spirometriamittaus. (Sovijärvi ym. 2018.)



KUVA 4. Esimerkki astmapotilaan virtaus-tilavuuskäyristä, joissa merkitsevä bronkodilaatiovaste (Sovijärvi, Malmberg, Piirilä 2018).

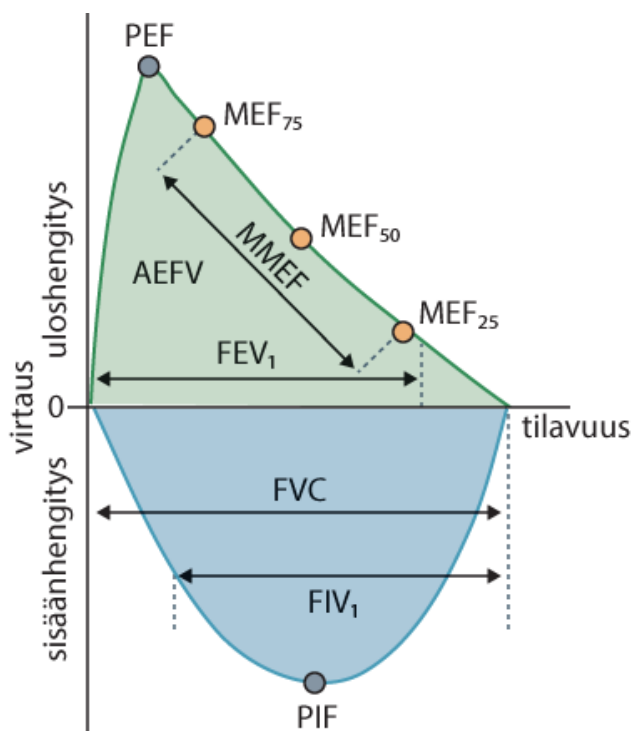
2.4. Tulosten tulkinta

Maassamme on käytössä omat suomalaiset viitearvot (Piirilä 2021, 23). Aikuisilla tulisi käyttää Kainu ym. (2016) viitearvoja, jotka perustuvat mittauksiin 18–84-vuotiailta suomalaisilta. Yli 84-vuotiaille tulisi käyttää näitä samoja viitearvoja ekstrapoloituna. Lapsille taas suositellaan käytettäväksi Koillinen ym. (1998) viitearvoja. (Sovijärvi ym. 2021, 16–17.) Muuta syntyperää oleville käytetään monikansallisia Global Lung Function Initiative eli GLI2012 -viitearvoja, jotka on jaettu eurooppalaisperäisiin, afrikkalaisperäisiin, kaakkoisaasialaisiin, koillisaasialaisiin sekä muihin (kuva 5) (Piirilä 2021, 23).



KUVA 5. GLI2012-viitearvojen soveltaminen kartan avulla etnisten ryhmien mukaan (Malmberg, Kainu & Sovijärvi 2018).

Virtaus-tilavuusspirometriassa puhalluskäyrästä voidaan mitata FEV1 ja FVC sekä seurata virtausdynamikkaa ulos- ja sisäänhengityksen aikana. Puhallukseen käytetty lihasvoima, keuhkojen kimmoisuus sekä hengitysteiden läpimitta ovat suuressa roolissa uloshengityksen maksimaalisissa virtausarvoissa (mm. PEF). Lihasvoiman merkitys virtaukselle vähenee selvästi, kun tilavuudesta noin 40 % on puhallettu. Puhalluksen loppuvaiheessa muun muassa MMEF-, MEF25- ja MEF50- virtausarvot ovat riippuvaisia enimmäkseen keuhkokudoksen kimmoisuudesta sekä keskisuurten ja pienten hengitysteiden läpimitasta. (Sovijärvi ym. 2018, 33.) Nämä ja muut suureet sekä niiden mittauspisteet ovat kuvattuina virtaus-tilavuusspirometriakäyrässä (kuva 6). Keskeisimmät lyhenteet ovat selitetyinä taulukossa 1. Sekä muut tutkimuksessa käytettävät suureet ovat selitetyinä taulukossa 2.



KUVA 6. Normaali virtaus-tilavuusspirometriakäyrä sekä siitä mitattavat suureet (Sovijärvi ym. 2018).

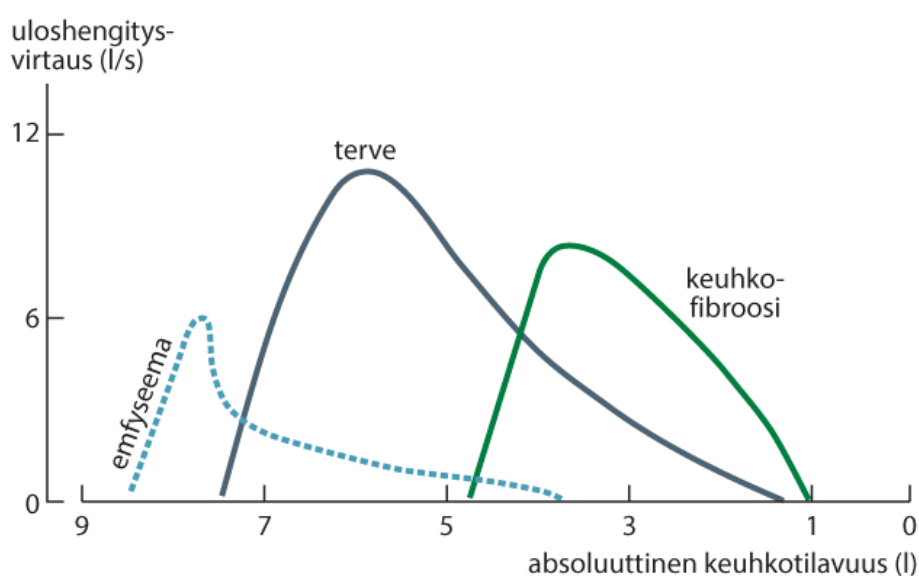
TAULUKKO 1. Spirometrian keskeisimmät yksittäiset mitattavat suureet (Sovijärvi ym. 2018, 32–33).

FEV1	uloshengityksen sekuntikapasiteetti, joka kuvaa sekunnin aikana ulospuhallettua keuhkotilavuutta.
FVC	nopea vitaalikapasiteetti, joka kuvaa keuhkojen toiminnallista tilavuutta ja hengityspalkeen liikkuvuutta.
FEV1/FVC	uloshengityksen sekuntikapasiteetin osuus nopeasta vitaalikapasiteetista, joka kuvaa uloshengitysvirtauksen helppoutta hengitysteissä.
MMEF	maksimaalisen uloshengityksen keskivaiheen virtausnopeus, joka kuvaa ilman virtauksen helppoutta keskisuurissa ja pienissä hengitysteissä.
PEF	uloshengityksen huippuvirtaus, joka kuvaa hengityksen ulospuhallusvoimakkuutta ja sen vaihtelua.
PIF	sisäänhengityksen huippuvirtaus, joka on riippuvainen käytetystä lihasvoimasta ja suurten hengitysteiden läpimitasta. Erityinen merkitys etenkin, kun epäillä estettä keskimmissä hengitysteissä

TAULUKKO 2. Muita tutkimuksessa käytettäviä suureita (Sovijärvi ym. 2021, 11).

VC	hidas vitaalikapasiteetti
FEV6	uloshengitetyn ilman tilavuus 6 sekunnin kuluttua puhalluksen alusta
MEF25	uloshengitysvirtaus viimeisen tilavuusneljänneksen kohdalla FVC:stä
MEF50	uloshengitysvirtaus uloshengitystilavuuden puolivälin kohdalla FVC:stä
FET	uloshengitysaika
AEFV	uloshengityskäyrän pinta-ala
EV	jäännöstilavuus

Tulkinnoissa käytetään kunkin muuttujan z-arvoa, joka tarkoittaa mitatun arvon poikkeamaa viitearvon keskiarvosta. Jos ei yksikään tutkimuksessa mitatun muuttujan z-arvoista ole alle -1,65, ovat kaikki mitatut arvot viitealueella ja näin ollen tulos on normaali. Jos taas yksikin mitatuista arvoista on alle -1,65, on kyseessä poikkeava tulos eli ventilaatiohäiriö. Häiriön vaikeusaste voidaan luokitella FEV1:n z-arvon perusteella. Kyseinen arvo pienenee sekä obstruktiossa eli keuhkoputkien ahtaumassa (kuvassa esimerkkinä emfyseema), että restriktiossa eli keuhkojen tilavuuden pienentyessä (esimerkkinä keuhkofibroosi) (kuva 7). (Piirilä 2021, 23–25.)



KUVA 7. Esimerkki terveen henkilön sekä keuhkolaajentuma- että keuhkofibroosipotilaan virtaus-tilavuuskäyristä (Sovijärvi, Salorinne & Malmberg 2018).

On erityisen tärkeää kiinnittää huomiota spirometrian onnistumiseen, sillä usein spirometriatulosteet tulevat kliinikolle lausumattomina tai ohjelman automaattilausunnolla varustettuna, joka ei aina pidä paikkaansa. Tuloksen tulisi perustua kolmeen yhteneväiseen käyrään (kuva 3), joissa

- Kaksi parasta FVC- tai FEV1-arvoa eivät saisi erota toisistaan yli 150 ml:aa
- Kaksi parasta PEF-arvoa eivät saisi erota toisistaan yli 10 %
- EV-arvo tulisi olla < 150 ml tai < 5 % FVC-arvosta ja tämän vuoksi olisikin hyvä kiinnittää huomiota, että puhallus lähtisi ilman viivettä
- FET-arvon eli ulospuhallusajan tulisi aikuisella olla vähintään 6 sekuntia. (Piirilä 2021, 28.)

Yksittäisen puhalluksen hyväksymiskriteerejä ovat:

- Ei artefaktoja käyrässä. Muun muassa yskäisy ulos puhaltaessa, ilma- vuoto suupielestä tai kielen pääsy suukappaleen eteen voivat aiheuttaa artefaktoja puhalluskäyrään.
- Puhallusvoima on koko ajan maksimaalinen eli käyrä etenee yhtenäisesti.
- Käyrän huippu on terävä, jolloin puhalluksen alku on ollut riittävän nopea ja voimakas. (Sovijärvi ym. 2021, 12.)

Ulospuhallus voidaan hyväksyä, mikäli toinen seuraavista ehdoista täyttyy:

- Ulospuhallusaika on riittävän pitkä eli aikuisilla 6–15 sekuntia (yleistä ulospuhalluksen minimiaikaa ei voida antaa).
- Tilavuus muuttuu enää alle 25 ml ulospuhalluksen lopussa viimeisen sekunnin aikana. (Juusela ym. 2024, 13.)

2.5. Virhelähteet

Yleisin virhe spirometriapuhalluksia mitattaessa on puutteellinen sisäänhengitys ennen voimakasta ulospuhallusta. Tämän vuoksi ulospuhallusarvot jäävät virheellisesti alentuneeksi, joka voi johtaa väärään kliniseen tulkintaan. Spirometriatutkimuksen virhelähteet voivat kuitenkin johtua neljästä seuraavasta tekijästä:

- Virhe laitteessa, eli ohjelmassa, anturissa, tietokoneessa, kalibrointipumpussa tai laskentayksikössä voi olla jokin virhe. Mittausjärjestelmässä voi

olla ilmavuoto. Myös kostunut tai likaantunut virtausanturi voi häiritä mitausta.

- Tutkimuksen suorittajasta johtuva virhe, kuten virheellinen laitteen kalibrointi, väärin viitearvojen valinta sekä virheelliset tai puutteelliset esitiedot, esimerkiksi väärä sukupuoli tai potilaan käyttämää lääkitystä ei ole varmistettu. Huono potilaan ohjaus ja motivointi puhalluksissa. Puuttuva nenänsulkija tai hyväksyttävien käyrien väärä valinta.
- Potilaasta johtuvat virheet, joita ovat esivalmistelujen noudattamatta jättämisen lisäksi muun muassa virheellinen puhallusasento tai -tekniikka, huono motivaatio, ilmavuoto suupielistä, sormin tai kädellä peittynyt anturin takaseinä, ahtautunut suukappale esim. kielen pääsy anturin eteen, yskökset, löysä hammasproteesi tai lääkitys ei ole ohjeiden mukainen.
- Myös tulosten tulkitsijasta johtuvat virheet, kuten esimerkiksi huono perehdytys. (Juusela ym. 2024, 25.)

3 MEDIKRO PRIMO -SPIROMETRI

Medikro Oy on suomalainen terveydenhuoltoalan perheyrittäjä, joka kehittää, tuottaa ja markkinoi lääketieteellisiä järjestelmiä keuhkosairauksien diagnostiikkaan ja monitorointiin maailmanlaajuisesti. Sen tuotteita on laajalti käytössä sairaaloissa, klinikoilla ja terveyskeskuksissa. Medikro Oy:n spirometriatuotteilla suoritetaan vuosittain yli kolme miljoonaa spirometriatutkimusta. Yrityksenä se panostaa laatuun ja kaikki sen tuottamat spirometriatuotteet täyttävät EN ISO 26782- ja ATS/ERS-tarkkuusvaatimukset. Medikro Oy on myös ISO 13485:2016-sertifioitu yritys. (Medikro 2023.)

Medikro Primo -spirometri (kuva 8) on laite, jota käytetään diagnostisiin spirometriatutkimuksiin. Laitteen avulla saadaan mitattua keuhkojen tilavuutta ja tuuletuskykyä, ja saatuja tuloksia voidaan käyttää erilaisten keuhkosairauksien diagnosointiin ja seulontaan. Mittausten avulla saadut arvot kertovat potilaan keuhkojen toiminnasta ja niitä voidaan verrata potilaalle suositeltuihin viitearvoihin tai mahdollisiin potilaan aikaisempiin tuloksiin. Medikro Primo -spirometri on tarkoitettu käytettäväksi sekä aikuis- että lapsipotilailla ja se on tarkoitettu vain sairaala- ja lääkärikäyttöön. (Medikro 2023, 30.)



KUVA 8. Medikro Primo -spirometri, jossa kiinni paineletku sekä virtausanturi. Virtausanturissa kiinni myös käyttöä helpottava Medikro Grip -otekahva. (Medikro n.d.).

Medikro Primo -spirometria käytetään yhdessä Medikro Spirometry Software -ohjelmiston kanssa. Spirometri liitetään tietokoneeseen USB-kaapelilla. Tietokoneelle asennettava ohjelmisto koostuu kahdesta osasta, joista toisella hallitaan henkilö- ja tutkimustietoja ja toisella tehdään spirometriamittauksia ja tarkastellaan mittausten tuloksia. (Medikro 2023, 30–54.)

Medikro-spirometrissä käytetään kertakäyttöisiä SpiroSafe -virtausantureita. Se tulee vaihtaa jokaisen potilaan kohdalla mahdollisen ristikontaminaation ehkäisemiseksi. Virtausanturi asetetaan suoraan kiinni spirometrialaitteen paineletkuun. (Medikro 2023, 24.)

4 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TAVOITTEET

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa Tampereen ammattikorkeakoululle spirometriatutkimuksessa käytettävälle laitteelle kuvallinen työhje opetuksen avuksi. Opetuskäyttöön tuleva ohje auttaa opiskelijoita tutustumaan aiheeseen ja laitteeseen itsenäisesti ennen varsinaista harjoitustuntia. Tämän lisäksi ohje helpottaa opettajan työtä varsinaisella opetustunnilla, kun ei tarvitse jokaista paria tai ryhmää ohjeistaa yksitellen. Etenkin kun ohje on kuvallinen ja juuri koulussa käytetylle laitteelle tarkoitettu, on helpompi hahmottaa mitä missäkin työvaiheessa tehdään.

Kyseessä on toiminnallinen opinnäytetyö. Työhön liittyviä tehtäviä olivat:

- Työhjeestä tulee tehdä mahdollisimman selkeä, informatiivinen ja helposti ymmärrettävä.
- Asiat tulee esittää mahdollisimman kompaktisti, mutta kuitenkin niin, että kaikki oleellinen tieto tulee ilmi.
- Työhjeeseen tulee sujuvoittaa tutkimuksen suorittamista ja laitteen käyttöä.

Kyseisestä opinnäytetyöstä on hyötyä sekä opiskelijoille, tuleville alan ammattilaisille, että opettajalle. Työ säästää opettajan aikaa sekä helpottaa osaltaan työtaakkaa. Tämän lisäksi se selkeyttää ja helpottaa opiskelijoiden oppimista. Kun on hyvä pohja jo aiheeseen, niin tunnilla käydyn opetuksen myötä ennalta opittu tieto konkretisoituu. Mitä paremmin opiskelijat asian sisäistävät, sitä paremmat lähtökohdat heillä on lähteä työharjoitteluun sekä työelämään.

5 TOIMINNALLINEN OPINNÄYTETYÖ

Tämä opinnäytetyö on toiminnallinen opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulun (2024) mukaan toiminnallisen opinnäytetyön lähtökohtana on konkreettinen tehtävä, joka voi olla lähtöisin esimerkiksi työelämästä, ja jonka tarkoituksena on kehittää kyseisen organisaation toimintaa. Toiminnallisessa opinnäytetyössä syntyy yleensä tuotos, joka voi olla esimerkiksi tuote, palvelu, ohjeistus, suunnitelma, tapahtuma, peli, koodi tai mallinnus. Tuotoksen lisäksi toiminnalliseen opinnäytetyöhön kuuluu opinnäytetyöraportin kirjoittaminen, jossa dokumentoidaan ja arvioidaan tuotoksen onnistumista. (Tampereen ammattikorkeakoulu 2024.)

Opinnäytetyön varsinainen tuotos on kuvallinen työohje Medikro Primo -spirometrille. Työn toiminnallinen osuus toteutettiin kuvaamalla laitteen toiminnan eri vaiheita ja kokoamalla niistä selkeä ohjeistus laitteen käyttöä varten. Kuvattavia vaiheita olivat ohjelman käynnistäminen, laitteen kalibrointi, potilastietojen lisääminen, nopeat FVC-mittaukset, tulosten tarkastelu eri näkymissä, mittausten poistaminen, raportin luominen, välineiden huoltaminen sekä esimerkki hyvästä puhallusasennosta. Lisäksi työohjeessa käytiin läpi hieman tulosten tulkintaa.

5.1. Suunnittelu ja kirjallinen osio

Opinnäytetyön aihe saatiin Tampereen ammattikorkeakoulun kliinisen fysiologian lehtorilta tammikuussa 2024. Hän toimi myös tämän opinnäytetyön toisena ohjaavana opettajana. Työohje laadittiin helpottamaan ja havainnollistamaan tulevaa opetusta. Opiskelijat pystyisivät tutustumaan laitteen käyttöön jo ennen varsinaista lähiopetusta, mikä edesauttaisi oppituntien sujuvaa etenemistä.

Opinnäytetyön suunnittelu aloitettiin tammikuussa 2024. Suunnitteluvaiheessa suunniteltiin aikataulut toteutuksen ja raportoinnin ajankohdille koulun antamien aikataulujen puitteissa. Suunnitelmassa pohdittiin myös, mitä työssä halutaan tuoda ilmi ja kuinka aihealuetta tulisi rajata.

Opinnäytetyön kirjallisen osion laatiminen aloitettiin toukokuussa 2024. Aluksi mietittiin aihealueet, joista haluttiin kirjoittaa ja sen jälkeen luonnosteltiin runko. Kirjoittaminen edistyi molempien tekijöiden osalta omaan tahtiin pikkuhiljaa eteenpäin. Kirjallisen osion runko on kuitenkin hieman muovautunut työn edetessä.

5.2. Työohjeen laatiminen

Makkosen ja Lavikaisen (2020) mukaan hyvän työohjeen kulmakiviä ovat ohjattavan toiminnan olennaisten tietojen ja vaiheiden tunnistaminen, selkeä luettavuus ja käskymuodon käyttäminen. Kun ohje on tehty hyvin, sillä saadaan poistettua toteutuksen ongelmakohtia. Ohjeesta tulisi käydä kaikki tarvittava tieto ilmi lyhyesti ja ytimekkäästi. Oikeaoppinen jäsentely helpottaa ohjeen seuraamista, sekä sujuvoittaa työvaiheiden suorittamista oikeassa järjestyksessä. Myös kuvia olisi hyvä käyttää havainnollistamaan eri vaiheita, sillä niihin saadaan taltioitua paljon informaatiota. Kuvat myös tuovat ohjeeseen visuaalista ilmettä ja näin ollen myös tekevät ohjeesta mielekkäämmän luettavan. (Makkonen & Lavikainen, 2020.)

Työohjeen suunnittelu aloitettiin tammikuussa 2024, jolloin päätettiin, missä ja miten työohjeen kuvaaminen toteutetaan. Molemmilla oli alusta asti melko selkeä ja hyvin yhtenäinen mielikuva siitä, millaista työohjetta lähdetäisiin työstämään. Ohjeen tulisi olla selkeä ja helppolukuinen. Ennen materiaalien kuvaamista suunniteltiin, millaisia kuvia tulisi ottaa, että ohjeesta saataisiin mahdollisimman havainnollistava.

Työohjeen tekeminen aloitettiin marraskuussa 2024 ja alustana toimi Microsoft Word -ohjelma. Ohjeeseen käytetyt materiaalit kuvattiin lokakuussa 2024. Muokkaukset otettiin kuviiin tehtiin Microsoft Paint -ohjelman avulla. Ohje valmistui melko nopeasti, kun työohjeelle saatiin luonnosteltua molempia miellyttävä ja selkeä runko.

Työohjeen toimivuutta testattiin työelämässä, jo valmistuneilla bioanalytikoilla. Ohje sai paljon kehuja siitä, kuinka selkeä se oli ja että siitä löytyi kaikki tarvittava

oleellinen tieto. Ohjeeseen tehtiin pieniä lisäyksiä heidän vinkeistään, kuten kielten paikasta puhalluksen aikana. Koska ohje on tehty alan opiskelijoille oppitunneilla suoritettavien puhallusten avuksi, siinä on ohjeistettu tarkasti myös henkilön poistaminen. Tätä ei oikeassa työelämässä tehdä oikeastaan koskaan ja oikeudet tähän ovat hyvin rajoitetut. Työohjetta testanneet olivat sitä mieltä, että ohjeen lukeminen oli hyvää muistin virkistämistä ja jotain uuttakin he oppivat, kuten esimerkiksi nikotiinituotteiden käytön rajoituksista suorituksen esivalmisteluissa sekä niiden merkitsemisestä potilaan esitietoihin. Kyseinen lisäys tuli uusimman Moodin (2024) myötä.

6 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä käytännön ohjeet spirometriatutkimuksen suorittamisesta. Ohje tehtiin Medikro Primo -spirometrille, joka on käytössä Tampereen ammattikorkeakoululla klinisen fysiologian opetustunneilla. Työohjeen koemme hyödyllisenä, sillä opettajan opetusmateriaalien lisäksi oli tarjolla hyvin vähän opiskelijoille suunnattua oppimateriaalia. Etenkään itse laitteen ja sovelluksen käyttöön ei ollut minkäänlaista työohjetta ja opettaja joutuikin kaikille erikseen neuvoa niiden käytön. Ohjeen on tarkoitus toimia opetuksen apuna, helpottaen opettajan työtä. Ohjeesta tehtiin lyhyt ja ytimekäs niin, että se sisältää kuitenkin kaiken oleellisen tiedon. Tämä aiheutti ajoittain päänvaivaa, kun pohdimme, miten rajaamme aihetta ja mikä tieto on oleellista. Mielestämme onnistuimme tässä kuitenkin hyvin. Vaikka itse ohje sisältääkin 10 sivua, ei siitä olisi voinut lyhyempää saada ilman, että jokin oleellinen työvaihe tai asia jäisi pois. Saimme työohjeesta mahdollisimman havainnollistavan käyttämällä paljon oppimista helpottavia kuvia.

Medikro Primo -spirometrille on olemassa laitteen valmistajan tuottama käyttöopas. Käyttöopas toimi hyvänä oppaana tässä opinnäytetyössä, ja siinä on hyvin tarkoin käsitelty laitteen ominaisuuksia. Käyttöopas on todella laaja, ja käsittelee myös muita Medikro Oy:n spirometrejä, kuten Medikro Pro-, Nano- ja Duo-spirometrejä. Sellaisenaan käyttöopas olisi opiskelijoille raskas luettava, vaikka sieltä oikea tieto löytyisikin. Laajan käyttöoppaan sijaan tarkoituksenamme oli tehdä lyhyempi ja selkeä työohje laitteen käytöstä, jota olisi mukava ja helppo lukea.

Tämän opinnäytetyön vahvuutena koimme sen, että tekijöitä oli kaksi, jolloin ohjeen teko ei ollut vain yhden henkilön näkemysten varassa. Vahvuutena koimme myös alan työt opiskelujen ohessa sekä klinisen fysiologian työharjoittelut, joista saatua tietoa pystyimme hyödyntämään myös ohjeen teossa. Myös koulun klinisen fysiologian harjoittelutunneista oli hyötyä, kun pääsimme kokeilemaan ja tekemään spirometriapuhalluksia juuri sillä laiteella, jolle työohje tehtiin. Koemme, että opinnäytetyön työstämisen aikana opimme myös itse lisää aiheesta.

Työmme luotettavuutta saattaa heikentää se, että luotettavia ja mahdollisimman tuoreita lähteitä oli melko haastavaa löytää. Myös se, että monissa käyttämässämme lähteissä toistuu sama kirjoittaja, lienee luotettavuutta heikentävä asiahaara. Kaikki käyttämämme lähteet ovat kuitenkin jäljitettävissä ja helposti löydettävissä lähdeluettelon avulla.

Työn jatkotutkimusaiheita voisivat olla esimerkiksi opetusvideo spirometrian suorittamisesta. Se täydentäisi hyvin tekemäämme työohjetta, joka keskittyy lähinnä Medikro Primo -spirometrin ja siihen kuuluvan sovelluksen käyttöön. Ohjeessa käydään myös itse tutkimuksen suorittaminen kirjallisesti läpi, mutta video voisi havainnollistaa sitä paremmin.

LÄHTEET

Juusela, M., Malmberg, P., Lehtimäki, L., Ankeriasniemi, K., Kainu, A. & Piirilä, P. 2024. Spirometrian suoritus ja tulkinta. *Labquality* 16 (1), 10, 13, 25.

Kinnula, V. & Sovijärvi, A. 2005. Keuhkojen toiminnan tutkiminen. Teoksessa Kinnula, V., Brander, P. & Tukiainen, P. (toim.) *Keuhkosairaudet*. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 231.

Korhonen, I., Turjanmaa, V. & Sovijärvi, A. 2012. Kliinisen fysiologian metodiikan perusteet. Teoksessa Sovijärvi, A., Ahonen, A., Hartiala, J., Länsimies, E., Savolainen, S., Turjanmaa, V. & Vanninen, E. (toim.) *Kliinisen fysiologian perusteet*. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 12–15.

Kouri, A., Dandurand, R., Usmani, O. & Chow, C. 2021. Exploring the 175-year history of spirometry and the vital lessons it can teach us today. *European Respiratory Review*. 5.10.2021. Viitattu 28.1.2025. Vaatii käyttöoikeuden. <https://publications.ersnet.org/content/errev/30/162/210081.full.pdf>

Oskillometria. Lääketieteen sanasto. 2021. Duodecim. Terveyskirjasto. Verkkosivu. Viitattu 12.10.2024. <https://www.terveyskirjasto.fi/ltt04381>

Makkonen, S. & Lavikainen, P. 2020. Työohjeet apuna asiantuntijatyössä. LAB Pro. Verkkosivu. Viitattu 30.12.2024. <https://www.labopen.fi/lab-pro/tyoohjeet-apuna-asiantuntijatyossa/>

Malmberg, P., Kainu, A. & Sovijärvi, A. 2018. Kuva. GLI2012-viitearvojen soveltaminen. Teoksessa Sovijärvi, A., Hartiala, J., Knuuti, J., Laitinen, T. & Malmberg, P. (toim.) *Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet*. E-kirja. Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 29.1.2025. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.oppiportti.fi/oppikirjat/kjk00063>

Medikro. n.d. Kuva. Medikro Primo Spirometri. Verkkosivu. Viitattu 29.1.2025. <https://www.medikro.com/fi/tuote/medikro-primo>

Medikro. 2023. Medikro Spirometri. Käyttäjän opas. Verkkosivu. Viitattu 14.1.2025. https://medikro.zendesk.com/hc/en-us/article_attachments/16571888258833

Medikro. n.d. Yksinkertaista spirometriaa. Verkkosivu. Viitattu 14.1.2025. <https://www.medikro.com/fi/meista>

Piirilä, P. 2021. Keuhkojen toiminnan tutkiminen. Teoksessa Kaarteenaho, R., Halme, M., Koskela, H. & Saaresranta, T. (toim.) *Keuhkosairaudet. Diagnostiikka ja hoito*. 2. uud. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 22–25.

Sovijärvi, A. 2012. Lukijalle. Teoksessa Sovijärvi, A., Ahonen, A., Hartiala, J., Länsimies, E., Savolainen, S., Turjanmaa, V. & Vanninen, E. (toim.) *Kliinisen fysiologian perusteet*. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 5.

Sovijärvi, A., Kainu, A., Malmberg, P., Guldbbrand, A., Timonen, K. & Piirilä, P. 2016. Spirometrian suorittaminen ja tulkinta: uudet suomalaiset ja monikansalliset viitearvot käyttöön - Suomen Kliinisen Fysiologian yhdistyksen ja Suomen Keuhkolääkäriyhdistyksen suositus 2015. Suomen lääkirilehti 71 (23), 1673, 1674–1675, 1675. Viitattu 16.5.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <http://www.fimnet.fi/cl/laakarilehti/pdf/2016/SLL232016-1673.pdf>

Sovijärvi, A.R.A, Kainu, A., Malmberg, P., Lindholm, B., Timonen, K. & Piirilä, P. 2021. Spirometria- ja PEF-mittausten suoritus ja tulkinta. MOODI 15 (1a), 11–12, 16–17.

Sovijärvi, A & Malmberg, P. 2012. Keuhkojen toimintakokeiden valinta. Teoksessa Sovijärvi, A., Ahonen, A., Hartiala, J., Länsimies, E., Savolainen, S., Turjanmaa, V. & Vanninen, E. (toim.) Kliinisen fysiologian perusteet. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 141.

Sovijärvi, A., Malmberg, P. & Piirilä, P. 2018. Bronkodilataatiokoe. Teoksessa Sovijärvi, A., Hartiala, J., Knuuti, J., Laitinen, T. & Malmberg, P. (toim.) Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. E-kirja. Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 29.1.2025. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.oppiportti.fi/oppikirjat/kji00012>

Sovijärvi, A., Malmberg, P. & Piirilä, P. 2018. Kuva. Esimerkki merkitsevistä bronkodilataatiovasteesta astmapotilaalla virtaustilavuuskäyrissä. Teoksessa Sovijärvi, A., Hartiala, J., Knuuti, J., Laitinen, T. & Malmberg, P. (toim.) Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. E-kirja. Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 29.1.2025. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.oppiportti.fi/oppikirjat/kjk00029>

Sovijärvi, A., Malmberg, P. & Piirilä, P. 2018. Kuva. Normaali virtaus-tilavuusspirometriakäyrä ja siitä mitattavat parametrit. Teoksessa Sovijärvi, A., Hartiala, J., Knuuti, J., Laitinen, T. & Malmberg, P. (toim.) Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. E-kirja. Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 20.1.2025. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.oppiportti.fi/oppikirjat/kjk00023>

Sovijärvi, A., Malmberg, P. & Piirilä, P. 2018. Ventilaatiokyvyn ja keuhkotilavuuksien mittaukset. Teoksessa Sovijärvi, A., Hartiala, J., Knuuti, J., Laitinen, T. & Malmberg, P. (toim.) Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 32–33.

Sovijärvi, A. Piirilä, P. 2012. Keuhkojen toimintakokeeseen valmistautuminen. Teoksessa Sovijärvi, A., Ahonen, A., Hartiala, J., Länsimies, E., Savolainen, S., Turjanmaa, V. & Vanninen, E. (toim.) Kliinisen fysiologian perusteet. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 80–81.

Sovijärvi, A., Salorinne, Y. & Malmberg, P. 2018. Kuva. Tyyppiesimerkit terveen henkilön sekä keuhkolaajentuma- ja keuhkofibroosipotilaan virtaustilavuuskäyristä suhteutettuna absoluuttiseen keuhkotilavuuteen. Teoksessa Sovijärvi, A., Hartiala, J., Knuuti, J., Laitinen, T. & Malmberg, P. (toim.) Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. E-kirja. Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 28.1.2025. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.oppiportti.fi/oppikirjat/kjk00012>

Tampereen ammattikorkeakoulu, 2024. Opinnäytetyö (ohje opiskelijalle, TAMK). Verkkosivu. Viitattu 25.11.2024. <https://www.tuni.fi/fi/opiskelijan-opas/kasikirja/tamk/opiskelu-0/opinnaytetyot/opinnaytetyo-ohje-opiskelijalle-tamk>

Tukiainen, P., Kinnula, V. & Sovijärvi, A. 2010. Työvälineitä, käytännön neuvoja ja ohjeita. Teoksessa Bäckmand, H. (toim.) Hyvä hengitysterveys. Opas hengityssairauksien ehkäisyyn ja hoitoon. Helsinki: Yliopistopaino, 59.

Wu, Z., Huang, R., Zhong, L., Gao, Y. & Zheng, J. 2022. Technical performance analysis of different types of spirometers. BMC Pulmonary Medicine 22, 23. Viitattu 2.4.2025. <https://doi.org/10.1186/s12890-021-01752-8>

Zhou, J., Li, X., Wang, X., Yu, N. & Wang, W. 2022. Accuracy of portable spirometers in the diagnosis of chronic obstructive pulmonary disease A meta-analysis. npj Primary Care Respiratory Medicine 32, 15. Viitattu 2.4.2025. <https://doi-org.libproxy.tuni.fi/10.1038/s41533-022-00275-x>