

Sonja Husso, Anni Kelkka

Jaeger MasterScreen PFT- ja Jaeger MasterScreen PFT SentrySuite - diffuusiokapasiteettilaitteiden tulostasojen vertailu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Bioanalyttikko

Bioanalytiikan koulutusohjelma

Opinnäytetyö

29.10.2014

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Sonja Husso, Anni Kelkka Jaeger MasterScreen PFT ja Jaeger MasterScreen PFT SentrySuite diffuusiokapasiteetti-laitteiden tulostasojen vertailu 46 sivua + 3 liitettä 29.10.2014
Tutkinto	Bioanalyttikko
Koulutusohjelma	Bioanalytiikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Yliopettaja Riitta Lumme Erikoislääkäri Dos. Päivi Piirilä Laboratoriohoitaja Anna Guldband
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli vertailla kahden menetelmiltään osittain eroavan Jaeger MasterScreen PFT- ja Jaeger MasterScreen PFT SentrySuite -diffuusiokapasiteettilaitteen tulostasoa. Tavoitteena oli selvittää uuden, Jaeger MasterScreen PFT SentrySuite -laitteen tulostaso laitteen käyttöönottoa varten. Vertailussa haluttiin tarkastella erityisesti pienen keuhkotilavuuden vaikutusta tulostasoihin.</p> <p>Diffuusiokapasiteettitutkimuksessa mitataan keuhkokudoksen kaasujenvaihtokykyä. Tutkimus on hyödyllinen monien keuhkosairauksien, kuten keuhkohtaumataudin ja keuhkofibroosin diagnostiikassa ja seurannassa. Kertahengitysmenetelmä on tavallisin diffuusiokapasiteetin mittaamiseen käytetty menetelmä. Potilas hengittää testikaasua, joka sisältää hiilimonoksidia (CO) ja heliumia (He) tai metaania (CH₄), pidättää hengitystä 10 sekuntia ja uloshengittää laitteeseen. Diffuusiokapasiteetti lasketaan CO:n pitoisuuden vähenemisen ja He/CH₄:n laimenemisen perusteella.</p> <p>Vertailua varten kerättiin 46 mittaustulosta, joista tilastolliseen vertailuun käytettiin 40:n tutkimushenkilön diffuusiokapasiteettituloksia 11 keskeisen mittaussuureen osalta. Tutkimushenkilöt oli jaettu neljään ryhmään: terveet verrokkit, keuhkohtaumatautipotilaat, keuhkofibroosipotilaat ja potilaat joiden FEV1 oli alle 1 litra. Jokaiselle ryhmälle laskettiin mitattavien suureiden osalta keskiarvo, keskihajonta, CV -prosentti ja eroprosentti. Tilastollisessa vertailussa käytettiin parittaista kaksisuuntaista t-testiä ja Wilcoxonin testiä.</p> <p>Vertailun tuloksena voitiin osoittaa, että Jaeger MasterScreen PFT SentrySuite -laite antaa korkeampaa tulostasoa kuin Jaeger MasterScreen PFT -laite. Erojen suuruudet tulostasoissa vaihtelivat paljon eri mittaussuureiden välillä. Diffuusiokapasiteettia mittaavista suureista oli havaittavissa, että erityisesti keuhkofibroosipotilaiden ja potilaiden, joilla FEV1 <1 litraa, ryhmissä tulostasojen ero oli erityisen suuri. Sen sijaan terveiden verrokkien ryhmässä tulostasojen erot olivat pieniä.</p>	
Avainsanat	diffuusiokapasiteetti, kertahengitysmenetelmä, tulostasovertilu, kaasujenvaihto, kliininen fysiologia

Author(s) Title Number of Pages Date	Sonja Husso, Anni Kelkka Comparison of measurement levels of Jaeger MasterScreen PFT and Jaeger MasterScreen PFT SentrySuite 46 pages + 3 appendices 29 October 2014
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Biomedical Laboratory Science
Specialisation option	Biomedical Laboratory Science
Instructor(s)	Riitta Lumme, Principal Lecturer Päivi Piirilä, Consultant Specialist Physician Anna Guldbbrand, Biomedical Laboratory Scientist
<p>The purpose of our final project was to study and analyze the level and quality of results of two pulmonary diffusing capacity devices. The devices were Jaeger MasterScreen PFT and Jaeger MasterScreen PFT SentrySuite, and we study whether there were significant differences in the level and quality of results between the devices.</p> <p>Meilahti Hospital's department of Medical Imaging and Physiology is about to introduce new Jaeger MasterScreen PFT SentrySuite device for daily routine testing alongside Jaeger MasterScreen PFT device. Comparison between the measurement levels of these two devices is necessary for reliability of the patient results.</p> <p>Pulmonary diffusion testing measures how well the alveolar tissue of lungs is able to exchange gases. It is a useful test for diagnosis and monitoring pulmonary diseases such as COPD, pulmonary fibrosis and emphysema. Single breath method is the most common way to test pulmonary diffusing capacity. A patient inhales mixed test gas containing carbon monoxide (CO) and helium (He) or methane (CH₄) (or other suitable test gas), holds breath for 10 seconds and exhales the gas. The diffusing capacity is calculated by the change of concentration of CO and dilution of He.</p> <p>46 patient results were collected for the final study. The results were divided to four groups: healthy reference group, COPD patients, fibrosis patients, patients with FEV1 < 1 liter. Six result remained outside the groups. The comparison was done using the most important units of measure in diffusing capacity.</p> <p>The results of the study were that the measurement level of Jaeger MasterScreen PFT SentrySuite was higher than the measurement level of Jaeger MasterScreen PFT. There was difference in variation between different units of measure. Observation of the units measuring diffusing capacity indicated that difference between measurement levels of the devices were higher in the groups of fibrosis patients and the patients with FEV1 < 1 liter than in the healthy reference group.</p>	
Keywords	diffusing capacity, single breath method, comparison of measurement levels, gas exchange, clinical physiology

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Hengitystiet, niiden toiminta ja toiminnan häiriöt	3
2.1	Hengitysteiden rakenne	3
2.2	Keuhkorakkulat	4
2.3	Keuhkoverenkierto	5
2.4	Keuhkojen toiminta	5
2.4.1	Hengityksen vaiheet	6
2.4.2	Kaasujenvaihto keuhkoissa	6
2.4.3	Kaasujen kuljetus veressä	8
2.5	Diffuusiokapasiteettiin vaikuttavia keuhkojen sairauksia	9
2.5.1	Keuhkohtaumatauti	9
2.5.2	Keuhkofibroosi	11
3	Diffuusiokapasiteettimittauksen menetelmä ja indikaatiot	12
3.1	Diffuusiokapasiteettimittauksen indikaatiot	12
3.2	Kertahengitysmenetelmä	13
3.3	Kertahengitysmenetelmän tulosten tulkinta	14
3.4	Jaeger MasterScreen PFT ja Jaeger MasterScreen PFT SentrySuite - kertahengitysmenetelmät	15
4	Työn tavoite, tarkoitus ja tutkimuskysymykset	16
4.1	Työn tarkoitus ja tavoitteet	17
4.2	Tutkimuskysymykset	18
5	Työn toteuttaminen	18
5.1	Laitteiden tulostasovertailun tausta	18
5.2	Aineiston valinta tulostasovertailua varten	19
5.3	Tutkimushenkilöiden jako ryhmiin	19
5.4	Aineiston kerääminen ja käsittely	21
6	Tulokset	23
6.1	Diffuusiokapasiteetti ja spesifinen diffuusiokapasiteetti	23
6.2	Vitaalikapasiteetti VC	28
6.3	Uloshengityksen varatila ERV	29

6.4	Alveolaarinen tilavuus VA	31
6.5	Sisäänhengitystilavuus VIN	33
6.6	Toiminnallinen jäännöskapasiteetti FRC	34
6.7	Kokonaiskapasiteetti TLC	35
6.8	Jäännöstilavuus RV	37
6.9	Ylimääräiset tutkimushenkilöt, joilla SentrySuite -asetus käytössä	38
7	Johtopäätökset	38
8	Pohdinta ja tulosten luotettavuuden arviointi	40
	Lähteet	44
	Liitteet	
	Liite 1 - Suostumuslomake	
	Liite 2 - Eroprosenttien pistekaaviot diffuusiokapasiteettisuureiden osalta	
	Liite 3 - Kuvaileva aineisto tutkimushenkilöistä	

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö tehtiin HUS Kuvantamiselle yhteistyössä Metropolia Ammattikorkeakoulun bioanalytiikan koulutusohjelman kanssa. Työn tekijöinä olivat bioanalytiikan opiskelijat Anni Kelkka ja Sonja Husso. Opinnäytetyön tilaajana oli HUS Kuvantamisessa toimiva Meilahden sairaalan Kliinisen fysiologian yksikkö, josta käytetään jatkossa työssä nimeä kliinisen fysiologian yksikkö. Ohjaajina opinnäytetyössä toimivat kliinisen fysiologian erikoislääkäri ja Meilahden sairaalan Kliinisen fysiologian yksikön ylilääkäri Päivi Piirilä, sekä Kliinisen fysiologian yksikössä työskentelevä laboratoriohoitaja Anna Gulbrandt. Metropolia Ammattikorkeakoulun puolesta ohjaajana toimi yliopettaja Riitta Lumme.

Kliinisen fysiologian yksikössä tehdään päivittäin diffuusiokapasiteettimittauksia potilastutkimuksina sekä diagnostisiin että seurantatarkoituksiin. Diffuusiokapasiteetin mittaamiseen on yksiköllä ollut pitkään käytössä Jaeger MasterScreen PFT -diffuusiokapasiteettilaitte, jonka rinnalle ollaan ottamassa saman laitevalmistajan uudemmaa MasterScreen PFT SentrySuite -laitetta, joka sopii aiempaa paremmin myös pienikeuhkoisille potilaille, sen antaessa tarkempia mittaustuloksia myös pienillä keuhkotilavuuksilla.

Tässä opinnäytetyössä tarkoituksena oli verrata näiden kahden menetelmiltään osittain eroavan diffuusiokapasiteettilaitteen tulostasoa. Työn tavoitteena oli saada kartoitettua uuden diffuusiokapasiteettilaitteen tulostaso, jotta potilastuloksien vertailua aikaisempiin, nykyisellä laitekannalla tehtyihin mittauksiin voitaisiin tehdä luotettavasti. Työssä saatuja tuloksia voidaan käyttää myös myöhemmin hyväksi HUS Kuvantamisen uusien laitehankintojen yhteydessä.

Tutkimusaineistoksi opinnäytetyöhön valittiin neljä eri ryhmää, joista yksi koostuu terveistä verrokeista. Kussakin ryhmässä oli kymmenen henkilöä. Potilasryhmiä olivat pienikeuhkoiset fibroosi- ja keuhkohtaumatauti (COPD) -potilaat. Lisäksi, koska tulokset varioivat enemmän obstruktion kuin restriktion yhteydessä, vertailussa yhdeksi ryhmäksi valittiin COPD -potilaat, joilla on normaali, suurehko keuhkotilavuus. Potilaat jaettiin eri ryhmiin diagnoosin ja tiettyjen spirometria -arvojen perusteella.

Kliinisen fysiologian yksikössä on potilaina COPD -, sekä keuhkofibroosipotilaita, joten näitä ryhmiä edustavia potilaita haluttiin ottaa mukaan vertailuun. Lisäksi pienikeuhkoisten mittaustuloksia haluttiin mukaan vertailuun, koska laitteiden menetelmissä on eroavaisuuksia juuri pienien keuhkotilavuuksien osalta.

Koska opinnäytetyössä käytettiin tutkimusaineistona potilasmittaustuloksia, pyydettiin jokaiselta potilaalta kirjallinen suostumus mittaustulosten käyttöä varten. Kaikki potilasmittaukset työtä varten teki Kliinisen fysiologian yksikön vakinaiseen henkilökuntaan kuuluva laboratoriohoitaja päivittäisten potilastutkimusten yhteydessä. Mittaustulokset toimitettiin opinnäytetyön tekijöille anonyymeinä sisältäen tiedot potilaan iästä ja sukupuolesta, pituudesta ja painosta, sekä tarvittavista laiteasetuksista ja spirometriatuloksista. Mittaustulokset opinnäytetyössä käsiteltiin Excel- ja SPSS- tilasto- ohjelmilla, ja tuloksista tehtiin työn tilaajaa varten yhteenveto.

Tavoitteenamme opinnäytetyöprosessissa oli kehittää omia projektinhallintataitoja, ammatillista osaamista ja oppia ottamaan vastuuta omasta työskentelystä pidempiaikaisessa prosessissa. Tavoite oli oppia arvioimaan kriittisesti opinnäytetyöprosessia ja tulosten luotettavuutta. Opinnäytetyön valmistumisen ohella tavoitteena oli syventää omaa tietämystä kliinisestä fysiologiasta ja perehtyä erityisesti diffuusiokapasiteettitutkimukseen.

Tämä raportti esittelee teoreettisessa viitekehyksessä keuhkojen rakennetta ja toimintaa kaasujenvaihdon kannalta, diffuusiokapasiteettitutkimusta menetelmänä ja sen indikaatioita. Tämä antaa tärkeää taustatietoa diffuusiokapasiteettitutkimuksen ymmärtämiseksi. Teoreettista viitekehystä seuraa työn tavoitteiden ja tarkoituksen kuvaaminen, ja lähtökohdat ja menetelmät opinnäytetyön toteuttamiselle. Lopussa esitellään työssä saadut tulokset johtopäätöksineen ja pohdinta. Pohdinnassa on käyty läpi tulosten merkitystä ja luotettavuutta, sekä reflektoitu opinnäytetyöprosessia tavoitteiden kannalta.

2 Hengitystiet, niiden toiminta ja toiminnan häiriöt

Keuhkot jaetaan ylä- ja alahengitysteihin sekä keuhkorakkuloihin. Ylä- ja alahengitystiet lämmittävät ja puhdistavat sisäänhengitysilmaa useilla mekanismeilla ennen ilman päätymistä keuhkorakkuloihin, joissa kaasujenvaihto tapahtuu. (Pocock – Richards 2001: 325.) Tässä kappaleessa on esitelty hengitysteiden rakennetta ja fysiologiaa.

2.1 Hengitysteiden rakenne

Ylähengitysteihin kuuluvat nenäontelo ja sen sivuontelot, suuontelo ja nielu. Nenäontelon olennaisimpiin tehtäviin kuuluu sisäänhengitysilman karkea puhdistus sierainaukkojen vahvojen karvojen avulla sekä sen lämmittäminen ja kostuttaminen. Tällä tavoin se suojaa keuhkoja jäähtymiseltä, kuivumiselta ja infektioilta. (Sovijärvi – Salorinne 2005: 34.) Nenäontelo on yhdenkertaisesta lieriöepiteelistä koostuvan hengitystie-epiteelin peitossa. Epiteelissä on värekarvallisia ja limaa tuottavia soluja. Pienhiukkaset ja mikrobit tarttuvat niiden tuottamaan limaiseen pintaan. Lima kulkeutuu mahalaukkuun, jossa se pilkkoutuu. Suuontelon kautta hengitetty ilma kulkeutuu keuhkoihin nopeammin ja on vähemmän kosketuksissa limakalvon kanssa kuin nenäontelon kautta hengitettäessä. Näin ollen keuhkoihin kulkeutuu enemmän epäpuhtauksia ja lämmittämätöntä ilmaa. Nielussa (pharynx) kohtaavat sisäänhengitysilman virrat. Myös ruoka kulkee nielun kautta mahalaukkuun, minkä johdosta nielun limakalvo on lieriöepiteeliä vahvempaa kerrostunutta levyepiteeliä. (Sand - Sjaastad - Haug - Bjälje 2011: 357.)

Alahengitysteihin kuuluvat kurkunpää, henkitorvi, keuhkoputket ja ilmatiehyet. Kurkunpää (larynx) on rustorakenteista muodostuva putki, joka yhdistää nielun henkitorveen. Kurkunpään yläaukon yläpuolella kurkunkansi (epiglottis), joka painuu nieltäessä kurkunpään peitoksi. Näin ruoka ohjautuu henkitorven sijasta ruokatorveen. Kurkunpäässä sijaitsevat myös äänihuulet, jotka ilman kulkiessa läpi, värähtelevät ja tuottavat ääniaaltoja. Yskänheijasteen tehtävä on suojata keuhkoja vierasesineiltä. Se saa alkunsa vierasesineen tarttuessa kurkunpään tai henkitorven limakalvoon. Yskänheijasteen voivat saada aikaan myös keuhkoihin kertynyt lima tai hengitysteitä ärsyttävän kaasun hengittäminen. Äkillinen yskä saa keuhkojen paineen nousemaan voimakkaasti, jolloin ilma purkautuu kurkunpään läpi suurella nopeudella poistaen samalla ärsytyksen aiheuttajan. (Sand ym. 2011: 359.)

Kurkunpään suorana jatkeena tulee lasirustokaarista muodostuva henkitorvi. Lasirustokaaret tekevät henkitorvesta tukevan ja estävät muodon muuttumisen yli- ja alipaineen yhteydessä. Henkitorvessa on lisäksi sileälihaskudosta, jonka avulla säädellään henkitorven läpimittaa. (Sand ym. 2011: 359.) Henkitorvea peittää värekarvallinen hengitystie-epiteeli. Värekarvoilla on tärkeä tehtävä hengitysteihin päätyneiden partikkelien poiston kannalta. Epiteeliä peittävään limakerrokseen tarttuu sisäänhengitysilman mukana kulkeutuvia pienhiukkasia, joita värekarvat kuljettavat liman mukana kohti nie-lua. (Pocock – Richards 2001: 328.)

Keuhkoputket alkavat kohdasta, jossa henkitorvi haarautuu oikeaan ja vasempaan keuhkoputkeen, joista toinen työntyy sisään vasempaan ja toinen oikeaan keuhkoon. Keuhkoissa keuhkoputket jakautuvat pienempiin keuhkoputkiin, jotka pienenevät läpimitaltaan sitä mukaa, mitä pienemmiksi keuhkoputket haarautuvat. Keuhkoputket vaihtuvat ilmatiehyiksi eli bronkioleiksi siinä vaiheessa, kun niiden kudosisällään ei sisällä lainkaan rustoa. Värekarvallinen hengitystie-epiteeli peittää myös keuhkoputkien ja ilmatiehyiden pintaa. Pienimpiä bronkioleja kutsutaan hengitystiehyiksi, koska osa kaasujenvaihdosta tapahtuu jo bronkioleissa. Niiden pintaa peittävä epiteeli vaihtuu yksinkertaiseksi kuutioepiteeliksi, joka ei tuota limaa eikä siinä ole värekarvoja. (Sovijärvi – Salorinne 2005: 23.)

2.2 Keuhkorakkulat

Kaasujenvaihto tapahtuu keuhkorakkuloissa eli alveoleissa. Aikuisen keuhkoissa on noin 300 miljoonaa keuhkorakkulaa, jotka ovat lähes kauttaaltaan tiheän hiussuoniverkoston peitossa. Jokaisessa alveolissa on arviolta 1000 hiussuonta. Tämän ansiosta kaasujenvaihto tapahtuu hyvin suurella pinta-alalla. Keuhkorakkuloiden muodostama yhteenlaskettu pinta-ala on 75- 80 m². Hiussuonissa kulkevan veren ja keuhkoissa olevan ilman välissä on vain hyvin ohut seinämä, joka on paksuudeltaan 0,5 µm. (Pocock – Richards 2001: 330.)

Alveolien pinta muodostuu tyypin I ja tyypin II soluista. Tyypin I solut ovat yhdenkertaisia levyepiteelisolukkoa, kun taas tyypin II solut erittävät keuhkorakkuloiden pinnalle fosfolipidien ja proteiinien seoksesta muodostuvaa surfaktanttia, joka pienentää pintajännitystä. Seinämän muodostuu myös hiussuonten endoteelisolukosta ja niiden välissä olevasta tyvikalvosta. Ohut seinämä mahdollistaa tehokkaan kaasujenvaihdon veren

ja keuhkojen ilman välillä, koska diffuusio on tehokasta lyhyillä välimatkoilla. Alveolien puolustuksesta vastaavat makrofagit fagosytoiden alveolien pinnalle joutuneet pienihiukkaset. (Sand ym. 2011: 360.)

2.3 Keuhkoverenkierto

Keuhkoverenkierro alkaa keuhkovaltimorungosta (*truncus pulmonalis*), joka jakautuu oikeaan ja vasempaan keuhkovaltimeen. Keuhkovaltimot kuljettavat vähähappista verta sydämen oikeasta kammioista keuhkoihin. Keuhkovaltimot ja keuhkoputket kulkevat samassa sidekudostupessa ja ne myös haaroittuvat yhdessä useiksi pieniksi yksiköiksi. Lopulta ne muodostuvat keuhkorakkuloiksi ja niitä ympäröiviksi hiussuoniksi. Keuhkovaltimoiden ja -laskimoiden seinämässä on selvästi vähemmän sileää lihasta kuin muualla elimistössä halkaisijaltaan vastaavan kokoisissa suonissa. Hapettunut veri kulkeutuu alveoleista keuhkolaskimoita pitkin sydämen vasempaan eteiseen, jonka kautta veri siirtyy systeemiseen verenkiertoon. (Sovijärvi – Salorinne 2005: 40-41.)

Keuhkoverenkierron lisäksi keuhkoissa kiertää myös hengitysteiden verenkierto, joka saa alkunsa rinta- aortasta lähtevistä keuhkoputkivaltimoista. Hengitysteiden verenkierron tehtävänä kuljettaa hapekasta verta keuhkoputkille, keuhkopussille, keuhkojen hermoille. (Sovijärvi – Salorinne 2005: 41.)

2.4 Keuhkojen toiminta

Hengityksellä eli respiraatiolla tarkoitetaan elimistön solujen ja ilman välillä tapahtuvaa kaasujenvaihtoa. Keuhkoissa happi sitoutuu veren punasoluihin, jotka kuljettavat sitä ympäri kehoa. Solujen energian tuotannon sivutuotteena syntyvä hiilidioksidi poistuu myös keuhkojen kautta. Lisäksi keuhkoilla on monia tärkeitä ei- hengitykseen liittyviä tehtäviä, kuten ottaa kiinni pieniä, veressä kulkevia verihyytymiä. (Pocock – Richards. 2001: 326.) Keuhkot tuulettavat päivässä noin 10 000 litraa ilmaa ja niiden läpi virtaa noin 5700 litraa verta. Elimistö saa keuhkojen kautta noin 600 litraa happea ja hiilidioksidia poistuu 460 litraa päivässä. Näin ollen keuhkoilla on tärkeä tehtävä elimistön happo-emästasapainon säätelyssä. Keuhkojen kautta erittyy päivässä 2000 milliekvivalenttia hiilihappoa, kun taas munuaiset pystyvät erittämään vain 80 milliekvivalenttia päivässä. (Sovijärvi – Salorinne 2005: 34.)

2.4.1 Hengityksen vaiheet

Hengitys tapahtuu useissa vaiheissa. Keuhkotuuleuksessa eli ventilaatiossa ilmaa kuljetetaan keuhkoihin ja niistä pois. Ilma kulkeutuu keuhkorakkuloihin eli alveoleihin, joissa ilman ja veren välinen kaasujenvaihto tapahtuu. Kaasujenvaihdossa happi (O_2) siirtyy ilmasta soluihin ja hiilidioksidi (CO_2) soluista ilmaan. Kaasujen kuljetus elimistön soluille ja niistä pois tapahtuu veren välityksellä. Kudoksissa happi siirtyy hiussuonten seinämän läpi kudostenesteeseen ja soluihin solukalvojen läpi. Solujen aineenvaihdunnassa muodostuva hiilidioksidi poistuu elimistöstä samaa reittiä vastakkaiseen suuntaan. (Pocock – Richards 2001: 328.)

2.4.2 Kaasujenvaihto keuhkoissa

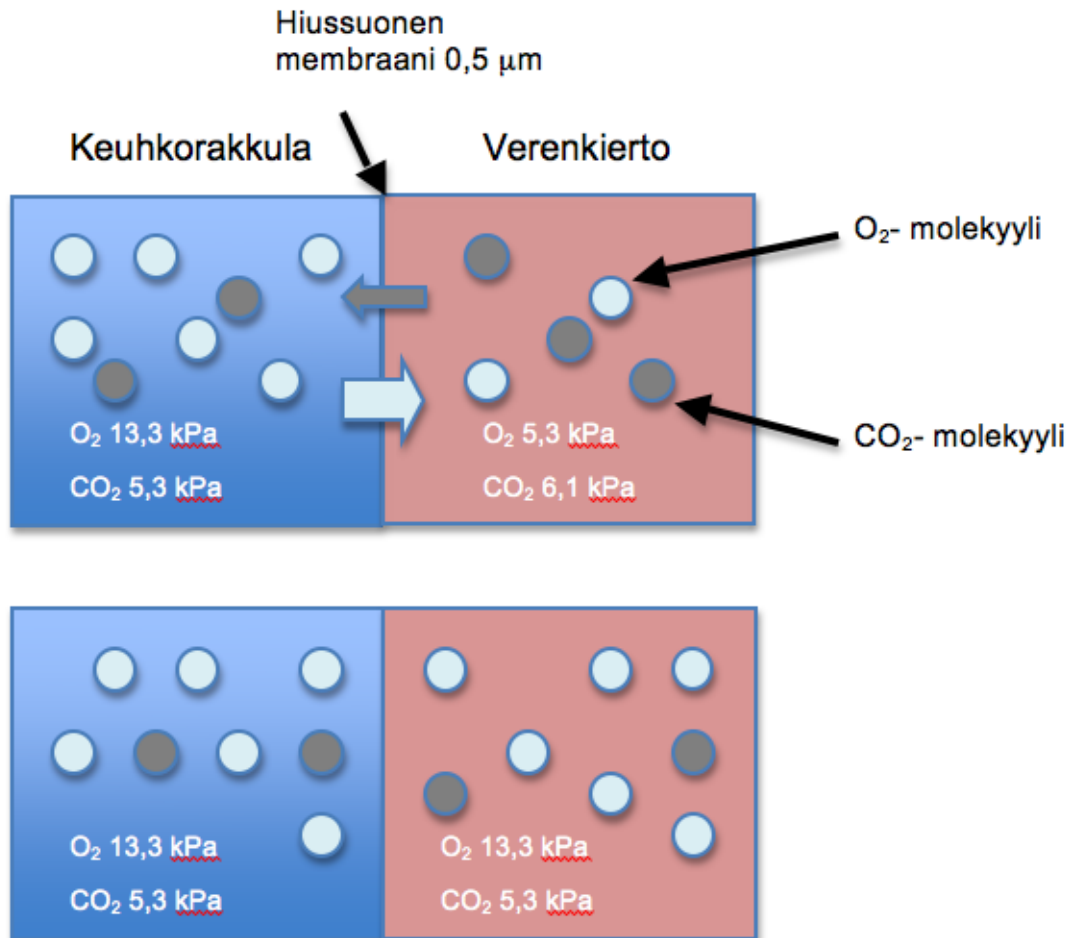
Diffuusio on molekyylien sattumanvaraista liikettä, joka suuntautuu suuremmasta gradientista pienempää kohti. Diffuusio on passiivinen tapahtuma eikä siten tarvitse energiaa. (Campbell – Reece. 2008.) Jotta happi voisi diffundoitua verenkiertoon, sen täytyy ensin liueta keuhkoja ympäröivään nestekerrokseen. Kaasujenvaihto keuhkoissa tapahtuu diffuusiona alveoli-ilman ja keuhkohiusverisuonten veren välillä. (Pocock – Richards 2001: 328.) Jotkut keuhkosairaudet, kuten keuhkofibroosi, heikentävät normaalia kaasujenvaihtoa alveoli-ilman ja verenkierron välillä, mikä heikentää diffuusiokapasiteettia (Kinnula – Tukiainen 2005: 480.) Kaasut diffundoituvat suuremman osapaineen alueelta pienempää osapainetta kohti. Normaali ilmankehän paine merenpinnan tasolla on 101,3 kPa, josta hapen (O_2) osapaine on 21,2 kPa ja hiilidioksidin 0,04 kPa. Ilmakehän paineen ollessa vakio, alveoli-ilman happiosapaine riippuu keuhkorakkulatuuleuksesta ja elimistön hapenkulutuksesta. (Pocock – Richards 2001: 328.) Taulukossa 1 on esitetty typen, hapen, hiilidioksidin ja veden normaaliarvot, sisäänhengitys-, uloshengitys- ja alveoli- ilman osalta teoksen Human Physiology, The Basis of Medicine (Pocock – Richards 2001) tietoihin perustuen.

Taulukko 1. Hengityskaasujen normaaliarvot. Taulukko on tehty mukailien teoksen taulukkoa (Pocock – Richards 2001) s. 328.

Hengityskaasujen normaaliarvot				
	N₂	O₂	CO₂	H₂O
Sisäänhengitys- ilma (kPa)	79,6	21,2	0,04	0,5
%	78,5	20,9	0,04	0,5
Uloshengitys- Ilma (kPa)	75,5	16	3,6	6,3
%	74,5	15,8	3,5	6,2
Alveoli- ilma (kPa)	75,9	13,9	5,3	6,3
%	74,9	13,7	5,2	6,2

Alveoli-ilman happiosapaine on ulkoilmaa pienempi (13,3 kPa) keuhkokudoksessa jatkuvasti tapahtuvan diffuusion takia. Keuhkoihin saapuvan laskimoveren happiosapaine on 5,3 kPa. Alveoli-ilman suurempi happiosapaine saa hapen siirtymään pienempää osapainetta kohti, jolloin veri hapettuu. Keuhkoista poistuvan hapettuneen veren osapaine on sama kuin alveoli-ilman eli 13,3 kPa. Kudosten happiosapaine (5,3 kPa) on hiussuonten veressä vallitsevaa osapainetta pienempi ja sen ansiosta happi diffundoituu verestä kudoksiin. Kudostenestestä happi diffundoituu soluihin, jotka kuluttavat sitä reaktioissaan. Soluhengityksen tuotteena syntyvä hiilidioksidi (CO₂) poistuu soluista diffundoitumalla kudostenesteen kautta vereen. (Sand ym. 2011: 368.)

Veren hiilidioksidiosapaine (pCO₂) on 6,1 kPa, kun taas alveoli- ilman pCO₂ on 5,3 kPa. Hiilidioksidi poistuu hiussuonista alveoli- ilman suurempaa pitoisuutta kohti. Jatkuvan diffuusion takia, alveoli- ilman pCO₂ on yli 100 kertaa ulkoilman osapainetta (0,04 kPa) suurempi. (Sand ym. 2011: 368). Hiilidioksidi on noin 20 kertaa vesiliukoisempaa kuin happi, minkä seurauksena hiilidioksidin diffuusionopeus on kaksinkertainen happeen verrattuna (Pocock – Richards 2001: 328.) Kuviossa 1 kuvataan hapen ja hiilidioksidin diffundoitumista alveoli- ilman ja veren välillä teosten Biology (Campbell – Reece 2008) ja Ihminen, fysiologia ja anatomia (Sand ym. 2011: 368.) tietoihin perustuen.



Kuvio 1. Hapen ja hiilidioksidin diffundoituminen keuhkorakkuloiden ja verenkierron välillä. Kuva on tehty mukailien teoksen kuvaa (Campbell – Reece 2008) s. 132.

2.4.3 Kaasujen kuljetus veressä

Kaasujen kuljetus ilmakehästä soluihin ja soluista takaisin ilmakehään tapahtuu veren välityksellä. Happi ja hiilidioksidi poikkeavat toisistaan fysikaalisilta ominaisuuksiltaan ja sen johdosta niiden kuljetus veressä tapahtuu myös erilaisilla mekanismeilla (Sand ym. 2011: 370.) Happi (O₂) kulkeutuu veressä siihen liuenneena sekä sitoutuneena hemoglobiiniin. Hapesta 98,5 % on sitoutuneena hemoglobiiniin ja 1,5 % liuenneena vereen. Hemoglobiinin merkitys hapen kuljetuksessa on siis hyvin tärkeä, koska pelkästään vereen liennut happi ei riittäisi kattamaan koko elimistön hapen tarvetta. Hemoglobiinimolekyylissä on neljä hemiryhmää (hemoglobiinin happea sitova osa), joissa on kussakin yksi rauta-atomi. Yhteensä rauta-atomiin sitoutuu yksi happimolekyylit, joten

yksi hemoglobiinimolekyyli voi kuljettaa neljä happimolekyyliä. Kudokseen kulkeutuvan hapen määrä riippuu hemoglobiinin happikylläisteisyysasteesta, veren hemoglobiinimäärästä ja sydämen minuuttitulavuudesta. Normaalissa ilmanpaineessa keuhkoista lähtevän veren happikylläisyys on lähes aina 100 %, joten kudosten hapensaannin kannalta merkittävämpää on veren hemoglobiinimäärä. 1g hemoglobiinia kuljettaa 1,34 ml happea ja hapenkuljetuskyky heikkenee sitä mukaan kuin hemoglobiinipitoisuus pienenee. (Sand ym. 2011: 370.)

Hapettuneen veren saavuttaessa kudoksen, happi siirtyy soluihin niin ikään diffuusion avulla. Liuenneessa muodossa oleva happi siirtyy solukalvon läpi pienempää pitoisuutta kohti. Solut käyttävät happea soluhengitykseen, jonka tuotteena syntyy hiilidioksidia (CO_2), vettä ja ATP:tä. (Campbell – Reece 2008: 325). Hiilidioksidi kulkeutuu veren mukana siihen fysikaalisesti liuenneena, hemoglobiinin proteiiniosaan sitoutuneena sekä bikarbonaattina (HCO^-). Hiilidioksidi on poolinen molekyyli ja on sen johdosta noin 20 kertaa vesiliukoisempi kuin pooliton O_2 -molekyyli. Siitä huolimatta vain noin 7 %:a hiilidioksidista kulkeutuu keuhkoihin fysikaalisesti liuenneena plasmaan. (Sand ym. 2011: 372.)

2.5 Diffuusiokapasiteettiin vaikuttavia keuhkojen sairauksia

Keuhkosairauksien määrä Suomessa on kasvanut viime vuosikymmeninä. Etenkin allergioista aiheutuvat hengitysteiden ongelmat ja astma ovat yleistyneet selkeästi. Keuhkohtaumataudin yleistyminen suomalaisten keskuudessa alkaa olla jo kansanterveydellinen ja -taloudellinen ongelma. Keuhkosyöpätapaukset ovat miesten osalta olleet jonkin aikaa laskusuunnassa, kun taas naisilla ne ovat lisääntyneet. (Hyvä hengitysterveys, THL) Tässä kappaleessa tarkastellaan keuhkohtaumataudin ja keuhkofibroosien (keuhkojen sidekudoistuminen) patogeneesiä ja diagnostiikkaa, sillä opinnäytetyöhön osallistuneista tutkimushenkilöistä osalla on keuhkofibroosi tai keuhkohtaumatauti.

2.5.1 Keuhkohtaumatauti

Keuhkohtaumatauti (COPD eli chronic obstructive pulmonary disease) on yleisimpiä pysyvään invaliditeettiin tai kuolemaan johtavia sairauksia maailmassa. Arviolta 5-15 %:lla teollistuneiden maiden säännöllisesti tupakoivista henkilöistä on todettu spiromet-

riatutkimuksella keuhkohtaumatauti. (Antó ym. 2001.) Spirometriamittauksessa tyypillisesti todetaan peruuttamaton uloshengityksen sekuntikapasiteetin eli FEV1 -arvon lasku (Antó ym. 2001). Uloshengityksen sekuntikapasiteetin suhteen nopeaan vitaalikapasiteettiin (FVC) ollessa alle 0,7, sopii tulos keuhkohtaumatautiin. Keuhkohtaumataudin diagnostiikassa spirometriaan liitetään aina myös bronkodilataatiokoe, jossa tutkitaan spirometriapuhalluksilla vastetta keuhkoja avaavaan lääkitykseen. (Käypä hoito.)

Lisäksi keuhkohtaumatautipotilailla todetaan oireina usein hengenahdistusta sekä muita hengitystieoireita, ja yleiskunto laskee selkeästi. Sairaus on krooninen ja etenevä. (Antó ym. 2001.) Keuhkohtaumatautiin saattaa joskus liittyä emfyseema eli keuhkolaajentuma, jossa keuhkojen terminaaliset ilmatiet laajenevat ja alveolien seinämät tuhoutuvat. Potilaalle saattaa tällöin muodostua tynnyrimäinen rintakehä emfyseeman vuoksi. Myös diffuusiokapasiteettimittausta käytetään taudin diagnostiikassa bronkodiilaatiotutkimuksen tukena. Keuhkohtaumatautipotilailla, joilla sairauteen liittyy emfyseema, keuhkojen diffuusiokapasiteetti on usein alentunut. (Käypä hoito.)

Tupakoinnilla on keskeinen merkitys taudin kehittymisen kannalta, ja se on keuhkohtaumataudin tärkein aiheuttaja maailmanlaajuisesti. Riski sairastua keuhkohtaumatautiin kasvaa tupakointivuosien määrän ollessa suuri. Tupakoinnin lopettaminen pienentää kuolleisuutta ja hidastaa merkittävästi taudin etenemistä. Myös altistuminen pölyille, kaasuille ja huuruille, esimerkiksi työn ohessa, voi edistää keuhkohtaumatautiin sairastumista erityisesti tupakoivilla. (Käypä hoito.)

Keuhkojen tulehdusreaktiolla on tärkeä merkitys keuhkohtaumataudin patogeneesissä ja kehittämisessä. Tulehdusreaktioon voi johtaa oksidanttien ja antioksidanttien epätasapaino hengitysteissä. Intialaisessa melko tuoreessa tutkimuksessa COPD-potilailla mitattiin korkeita pitoisuuksia malondialdehydi -oksidanttia ja vastaavasti antioksidanttipitoisuudet olivat olleet alhaisia verrattuna kontroleihin. (Cholendra ym. 2013.) Sukupuolen vaikutusta keuhkohtaumataudin kehittymiseen tupakoitsijoilla on tutkittu jonkin verran, lähtöoletuksena, että naisilla olisi suurempi riski keuhkohtaumataudin kehittymiselle kuin miehillä. Tulokset ovat olleet kuitenkin ristiriitaisia, joten lisätutkimukset aiheesta ovat tarpeellisia. (Sørheim ym. 2010; de Torres ym. 2006.)

2.5.2 Keuhkofibroosi

Keuhkofibroosi on keuhkojen sidekudostumiseen johtava sairaus. Keuhkokudos korvautuu vähitellen sidekudoksella ja taudin tyypillinen oire on pitkittynyt, kuiva yskä. Sidekudos ei kykene hapettamaan verta, mikä aiheuttaa vähitellen pahenevaa hengenahdistusta. Sairauden alkuvaiheessa hengenahdistusta esiintyy rasituksen yhteydessä ja taudin edetessä hengenahdistus tuntuu myös levossa. Keuhkofibroosia esiintyy sekä idiopaattisena eli itsesyntyisenä autoimmuunisairautena kuin ulkoisten tekijöiden seurauksena. (Mustajoki 2013.)

Idiopaattinen keuhkofibroosi (IPF, idiopathic pulmonary fibrosis, muita nimityksiä fibrotisoiva alveoliitti ja idiopaattinen fibrotisoiva interstitiaalinen pneumonia) on yleisin fibrotisoiva keuhkosairaus ja myös huonoennusteisin. Diagnoosi varmistetaan ohutleikketietokonekuvauksella ja joissain tapauksissa otetaan myös keuhkobiopsia. (Kaarteenaho – Hodgson – Myllärniemi 2011.) Sairauden alkusyytä ei tunneta, mutta sillä on jokin yhteys muihin sidekudossairauksiin, kuten nivelreumaan. Suomessa taudin yleisyys on 2/10 000 ihmisestä (Mustajoki 2013). Idiopaattiseen keuhkofibroosiin ei ole olemassa parantavaa lääkehoitoa, mutta lääkehoidon tavoitteena on hidastaa keuhkojen toiminnan alenemista sairauden aikana. Lääkityksenä on käytetty vuosikymmenten ajan kortikosteroideja, mutta niiden tehosta ei ole olemassa tutkimusnäyttöä. Viimeisimpien tutkimusten mukaan joillain lääkkeillä tai lääkeyhdistelmillä oli hieman taudin etenemistä hidastava vaikutus, mutta elinajanodotteessa ei ollut merkittävää eroa verrokkiryhmien kanssa. (Kaarteenaho ym. 2011.)

Pitkäaikainen piioksidipölylle tai asbestille altistuminen lisäävät merkittävästi riskiä sairastua keuhkofibroosiin. Tällöin puhutaan ulkoisista syistä johtuvasta keuhkofibroosista. Kivipölyn piioksidi aiheuttaa sairauden, jota kutsutaan kivipölykeuhkoksi eli silikoosiksi. Tietyissä ammateissa, esimerkiksi kaivos- ja louhintatöissä sekä kivituoiteiden valmistuksessa, riski kyseiseen sairauteen on suurentunut ja se luokitellaan ammattisairauksiksi. Asbestia sisältävien tuotteiden maahantuonti kiellettiin vuonna 1993, mutta sitä ennen sitä käytettiin runsaasti rakennusteollisuudessa. Asbestin aiheuttamaa keuhkofibroosia kutsutaan asbestoosiksi. Ulkoisista tekijöistä aiheutuvan keuhkofibroosin oireet ovat samankaltaiset kuin keuhkofibroosissa yleensä eikä sairautta voida parantaa lääkkeillä. Keuhkofibroosin lisäksi silikoosi ja asbestoosi lisäävät keuhkosyöpäriskiä. (Mustajoki 2013.)

3 Diffuusiokapasiteettimittauksen menetelmä ja indikaatiot

Keuhkojen diffuusiokapasiteetti ilmaisee keuhkoihin hengitetyn kaasun pääsyä keuhkokudoksesta verenkiertoon. Diffuusiokapasiteetin mittaamiseen käytetään yleisimpänä kliinisenä menetelmänä Suomessa, sekä muualla maailmassa kertahengitysmenetelmää. (Brusasco ym. 2005.) Tutkimuksen indikaatioita ovat keuhkorakkuloiden tulehusten, sidekudossairauksien ja keuhkolaajentuman toteaminen sekä niiden arviointi ja seuranta. Tutkimusta voidaan käyttää myös keuhkoembolian jälkitilan seurantaan. (Piiirilä – Sovijärvi 2006.)

3.1 Diffuusiokapasiteettimittauksen indikaatiot

Keuhkojen diffuusiokapasiteettia tarkastellaan sekä keuhkojen rakenteellisten, että toiminnallisten ominaisuuksien perusteella. Rakenteellisista ominaisuuksista merkityksellisiä ovat keuhkojen tilavuus, alveolien kapillaarisuonistoa sisältävän sisäseinämän pinta-ala ja paksuus, kapillaarin seinämän paksuus ja punasolun kalvon läpäisevyys, kaikki vapaata ilmavirtausta keuhkoissa estävät tekijät, sekä kapillaarien veritilavuus alveoleissa. Toiminnallisista ominaisuuksista diffuusiokapasiteetin kannalta merkityksellisiä ovat ventilaation (keuhkotuuletus) ja perfuusion (ilman läpivirtaus) absoluuttiset tasot ja niiden yhdenmukaisuus suhteessa toisiinsa, alveolaarisen kaasun koostumus, diffuusion erityispiirteet membraanilla, sekä hemoglobiinin konsentraatio ja sitomisominaisuudet alveolaarisissa kapillaarisuonissa. Lisäksi toiminnallisiin ominaisuuksiin luetaan alveolaarisiin kapillaarisuoniin saapuvan veren kaasuosapaineet niillä keuhkojen alueilla, joissa kaasujen vaihto alveoleissa tapahtuu. (Brusasco ym. 2005.)

Diffuusiokapasiteettitutkimuksella pyritään arvioimaan keuhkokudoksen yleistä toimintakykyä ja kaasujenvaihdon tehokkuutta. Useissa keuhkokudosten sairaustiloissa, kuten laaja-alaisissa keuhkofibrooseissa, keuhkojen diffuusiokapasiteetti heikkenee. Myös keuhkojen tilavuuden pieneneminen heikentää diffuusiokapasiteettia. Määräajoin tehdystä diffuusiokapasiteetin mittauksesta on hyötyä sairauden hoitovasteen seurannassa. Spesifinen, eli tilavuuteen suhteutettu diffuusiokapasiteetti pienenee vain kun kyseessä on keuhkokudoksen toimintahäiriö. Obstrukttiivinen eli tukkeuttava, sekä restriktiivinen eli rajoittava ventilaatiohäiriö voivat häiritä mittaustuloksen oikeaa tulkintaa.

(Piirilä - Sovijärvi 2006.) Diffuusiokapasiteettitutkimusta käytetään klinisen fysiologian rutiinitutkimuksena esimerkiksi potilaan hengenahdistuksen syiden selvittelyyn. Tutkimuksella voi olla tärkeä rooli myös potilaan työkyvyn tai leikkauskelpoisuuden arvioinnissa. (Piirilä - Sovijärvi 2006.)

3.2 Kertahengitysmenetelmä

Tässä kappaleessa kertahengitysmenetelmää on esitelty yleisellä tasolla. Käytännöt tutkimuksen suorittamisessa ja diffuusiokapasiteettilaitteiden menetelmäasetukset ja tarkasteltavat mittaussuureet vaihtelevat tutkimusyksiköiden välillä. Kunkin yksikön vastuuhenkilö päättää omaa yksikköään parhaiten hyödyttävät mittauskäytännöt.

Kertahengitysmenetelmässä tutkittava henkilö hengittää yhden kerran tutkimuskaasuseosta, jossa on tunnettu määrä happea, typpeä, hiilimonoksidia ja heliumia. Heliumin voi korvata myös jollain muulla soveltuvalla kaasulla, esimerkiksi metaanilla tai neonilla. Heliumin (tai muun tutkimuskaasun) konsentraatiota käytetään hyväksi kun mitataan alveoleihin mennyttä kaasuseosta. (Salorinne 2003: 205.)

Tutkittava henkilö hengittää testikaasua niin, että keuhkoihin päätyy sitä 90 % aikaisemmin mitatun hitaan vitaalikapasiteetin määrästä. Määrä on laskettu niin, että tutkimuksen toistettavuus säilyisi mahdollisimman hyvänä. Testikaasun hengittämisen jälkeen tutkittava pidättää hengitystään 10 sekunnin ajan, jonka jälkeen testikaasu puhalletaan tasaisesti takaisin mittauslaitteeseen. Laitte analysoi uloshengitysilman hiilimonoksidin ja heliumin konsentraatiot ja vertaa niitä hengitettyyn kaasuseokseen. Koska veren hemoglobiinipitoisuus vaikuttaa merkittävästi diffuusiokapasiteettiin, lasketaan yleensä myös diffuusiokapasiteetti suhteutettuna tutkittavan hemoglobiinipitoisuuteen. Keuhkojen diffuusiokapasiteetti voidaan ilmaista seuraavien kaavojen avulla.

$$D_{LCO} = \left(\frac{K \times V_A}{t} \right) \times \ln \frac{F_{ICO} \times F_{AHE}}{F_{IHe} \times F_{ACO}}$$

jossa

$$V_A = \frac{F_{IHe}}{F_{AHE}} \times (V_I - V_{DI})$$

Kaavoissa K = vakio, V = alveolaarinen tilavuus, t = hengityksen pidätyksen kesto, F_1 = sisään hengitetyn kaasun osuus, F_A = alveolaarisen kaasun osuus, V_1 = sisään hengitetyn ilman tilavuus ja V_{DI} = sisäänhengityksen kuollut tila. (Salorinne 2003: 205.)

Keuhkojen kokonaistilavuus vaikuttaa saatuun diffuusiokapasiteettiarvoon. Pienikeuhkoisilla henkilöillä diffuusiokapasiteetti arvo jää tilavuuden takia heikoksi vaikka keuhkukudos olisikin tervettä. Tämän vuoksi lasketaan usein myös spesifisen diffuusiokapasiteetin arvo ($D_L V_A$), joka ilmoittaa mittaustuloksen efektiivistä alveolaarista tilavuutta kohti. (Salorinne 2003: 205.) Tulostasovertailussa käytettiin yhtätoista keskeistä diffuusiokapasiteettimittaukseen liittyvää mittaussuuretta, jotka on esitelty kappaleessa 4.1.

3.3 Kertahengitysmenetelmän tulosten tulkinta

Normaalilla henkilöllä keuhkojen diffuusiokapasiteetti vaihtelee hieman tilanteesta riippuen. Vaihtelua voi aiheuttaa esimerkiksi rasitus, asento, ympäristön lämpötila, veren hemoglobiinipitoisuus ja tupakointi. Keuhkosairauksien tai verenkiertoelimistön sairauksien yhteydessä diffuusiokapasiteetissa tapahtuu muutoksia. (Salorinne 2003: 206.) Oheisessa taulukossa (Taulukko 2.) on kuvattu joidenkin sairaustilojen vaikutuksia diffuusiokapasiteettiin ja sen osatekijöihin.

Taulukko 2. Erilaisten sairauksien vaikutus diffuusiokapasiteettiin ja sen osatekijöihin. Taulukossa Dm = membraanikomponentti Vc = keuhkokapillaarien veritilavuus DL = diffuusiokapasiteetti, N = normaali, ↓ = alentunut, ↑ = pienentynyt. Taulukko on tehty mukailien teoksen Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede (Salorinne 2003) taulukkoa s.207.

Diffuusiokapasiteetin ja sen osatekijöiden muutos erilaisten sairauksien yhteydessä			
Sairaus	Dm	Vc	DL
Keuhkosairaudet			
	N	N	N
COPD	N	N	N
emfyseema	↓	↓	↓
diffuusi kudossairaus	↓	(↓)	↓
kudoksen puutos	↓	N tai ↓	↓
keuhkoembolia	(↓)	↓	↓
Verenkiertoelinten sairaudet			
hyperkineettiset tilat	N	↑	↑
pienentynyt minuuttitilavuus	N	↓	↓
Keuhkovaltimopaineen nousu			
vähäinen	N	↑	↑
kohtalainen	↓	↑	N
voimakas	↓	↓	↓

3.4 Jaeger MasterScreen PFT ja Jaeger MasterScreen PFT SentrySuite -kertahengitysmenetelmät

Kliinisen fysiologian yksikön käytössä oleva Jaeger MasterScreen PFT -menetelmä perustuu aiemmin esiteltyyn yleiseen kertahengitysmenetelmään. Jaeger on tuottanut keuhkofunktion mittaamiseen tarkoitettuja laitteita potilastutkimuksiin 1960-luvulta alkaen. Testikaasuna menetelmässä on käytössä hiilimonoksidi (CO) ja Helium (He) (valmis kaasuseos jossa 0.28 % CO, 9.5 % He). Mittauslaite koostuu Jaeger -mittausyksiköstä, jossa testikaasujen analysointi tapahtuu. Laitteeseen yhdistyy vaihdettavat kaasusäiliöt. Mittausyksikköön kuuluu liikuteltava varsi ja pneumotako, johon suukappale kiinnitetään. Laitteeseen kuuluu myös tietokone, ja siihen yhteydessä oleva tulostin ja Jaeger MasterScreen PFT -käyttöjärjestelmä. (Carefusion MasterScreen -esite.) Laitteen mittausmenetelmällä saadaan tarkkoja mittaustuloksia, kun mitattava keuhkotilavuus on yli 2 litraa, mutta sitä pienemmillä keuhkotilavuuksilla mittaustuloksissa on hajontaa. Keuhkojen tilavuuden ja vitaalikapasiteetin laskemista varten laite mittaa tilavuuden 0- 20 litran välillä, mutta alle 2 litran tilavuudet voivat antaa epätarkan lukeman. (CareFusion, Laitemanuaali.)

Myös uusi Jaeger MasterScreen PFT SentrySuite -menetelmä perustuu samaan kerta-hengitysmenetelmään kuin MasterScreen -menetelmä. Myös SentrySuite -laitteessa on Jaeger -mittausyksikkö, pneumotako, yksikköön liittyvät kaasusäiliöt, tietokone ja tulostin. Käyttöliittymänä on SentrySuite. Testikaasuina laite käyttää hiilimonoksidia ja metaania (CH₄). Uusi SentrySuite -laite mahdollistaa vanhaan laitteeseen verrattuna myös pienien keuhkotilavuuksien tarkan diffuusiokapasiteettimittauksen. Menetelmä suhteuttaa näytetilavuuden puhaltajan keuhkojen tilavuuteen. Laitteessa voi ottaa käyttöön erillisen SentrySuite -asetuksen, joka muuttaa laitteen käyttämää näytetilavuutta ja hukkatilavuutta. SentrySuite -asetuksen ollessa päällä, näytetilavuus määräytyy metaanin uloshuuhtoutumiseen perustuen. (Carefusion MS SentrySuite -esite.)

4 Työn tavoite, tarkoitus ja tutkimuskysymykset

Diffuusiokapasiteettimittausta tehdään päivittäisenä rutiinitutkimuksena Meilahden kliinisen fysiologian yksikössä. Asiakkaina on muun muassa pitkäaikaisseurannassa olevia keuhkosairauspotilaita. Keuhkohtaumatautipotilaille ja esimerkiksi keuhkofibroosipotilaille diffuusiokapasiteettimittaus on käyttökelpoinen tutkimus taudin diagnostiikassa ja etenemisen seurannassa (Salorinne 2003: 201). Asiakkaina voi olla myös henkilöitä, joilta osa keuhkoista on poistettu kirurgisesti, ja keuhkojen kaasujenvaihtokapasiteettia halutaan seurata säännöllisesti.

Tällä hetkellä yksikössä on rutiinikäytössä Jaeger MasterScreen PFT -diffuusiokapasiteettilaite. Laite soveltuu monenlaisten keuhkofunktiota mittaavien tutkimusten, kuten spirometrian ja diffuusiokapasiteetin tekemiseen. Yksikköön tuli alkukevästä 2014 uusi, saman CareFusion- laitevalmistajan Jaeger MasterScreen PFT SentrySuite -diffuusiokapasiteettilaite, jonka mittausmenetelmä poikkeaa osittain nykyisin käytössä olevan laitteen menetelmästä (kts. kappale 3.3.). Menetelmän tulisi soveltaa aiempaa paremmin myös pienille keuhkotilavuuksille, ja sen tulisi antaa tarkkoja mittaustuloksia myös pienillä keuhkotilavuuksilla (CareFusion MS SentrySuite -esite), minkä takia haluttiin tehdä vertailu laitteiden tulostasojen välillä.

4.1 Työn tarkoitus ja tavoitteet

Tässä opinnäytetyössä tarkoituksena oli verrata kahden menetelmiltään osittain eroavan diffuusiokapasiteettilaitteen tulostasoja. Työn tavoitteena oli saada kartoitettua uuden diffuusiokapasiteettilaitteen tulostaso, jotta potilastuloksien vertailua aikaisempiin, nykyisellä laitekannalla tehtyihin mittauksiin voitaisiin tehdä luotettavasti. Laitteiden mittaustuloksia vertailemalla haluttiin selvittää, ovatko laitteiden antamat tulokset yhdenmukaisia ja vertailukelpoisia.

Tarkoituksena oli vertailla tulostasoja käyttäen vertailuparametreina diffuusiokapasiteettitutkimuksen keskeisiä mittaussuureita.

VC max = Maksimaalinen vitaalikapasiteetti

ERV= Lepohengityksen ulospuhalluksen jälkeen keuhkoihin jäävä ilmamäärä eli uloshengityksen varatilavuus

VIN = Sisäänhengitystilavuus

VA = alveolaarinen tilavuus, eli tilavuus jossa kaasujenvaihto tapahtuu

TLC = Kokonaiskapasiteetti

RV = Jännöstilavuus

FRC = Toiminnallinen jännöskapasiteetti

DLCO = Diffuusiokapasiteetti

DLCOc = Diffuusiokapasiteetti Hb -korjauksen jälkeen

DLCO/VA = Spesifinen diffuusiokapasiteetti, eli diffuusiokapasiteetti suhteutettuna alveolaariseen tilavuuteen

DLCOc/VA = Spesifinen diffuusiokapasiteetti Hb -korjauksen jälkeen

Vertailu tehtiin kunkin mitattavan suureen osalta, tarkastellen eroja terveiden verrokkihenkilöiden ryhmän ja erilaisten potilasryhmien välillä sekä koko aineiston välillä, jolloin voitiin myös seurata oliko jonkin tietyn potilasryhmän sisällä enemmän hajontaa kuin muissa ryhmissä, ja oliko ryhmien välillä eroja tulostasoissa. Esimerkiksi keuhkohtaumatautia sairastavat henkilöt eivät pysty välttämättä teknisesti niin laadukkaisiin ja tasaisiin puhalluksiin kuin terveet henkilöt, mikä osaltaan voisi aiheuttaa tuloksiin enemmän hajontaa. Haluttiin myös seurata, kuinka pieni keuhkotilavuus ja hidas uloshengitysvirtaus (FEV1) vaikuttaisivat mittaustuloksiin.

4.2 Tutkimuskysymykset

Tutkimuskysymyksenä opinnäytetyössä oli:

Minkälaisia eroja Jaeger MasterScreen PFT- ja uuden Jaeger MasterScreen PFT SentrySuite -laitteen tulostasoissa on kunkin mitattavan suureen osalta?

Keuhkohtaumatauti- ja keuhkofibroosipotilaat käyvät säännöllisesti diffuusiokapasiteettimittauksessa sairauden pitkäaikaisseurannassa, joten on tärkeää että uudella laitteella saadut mittaustulokset ovat vertailukelpoisia vanhalla laitteella saatujen tulosten kanssa.

5 Työn toteuttaminen

Tässä kappaleessa on esitetty lähtökohdat laitevertailun toteuttamiseksi. Lisäksi on esitelty vertailuun mukaan otetut potilasryhmät ja niiden kriteerit, sekä käyty läpi työn kulku aineiston keräämisestä sen käsittelyyn. Tilastollisten menetelmien valintaa on perusteltu tässä kappaleessa.

5.1 Laitteiden tulostasovertailun tausta

HUS Kuvantamisen kliinisen fysiologian yksiköissä ei ole yleisesti käytössä tarkoin määriteltyä validointiprosessia uusien keuhkofunktiota mittaavien laitteiden käyttöönottoon, vaan yksiköt ovat testanneet uusia laitteita paikasta riippuen tarpeen ja resurssien mukaan. Tämän vuoksi opinnäytetyössä ei noudatettu mitään valmista HUS Kuvantamisen yhtenäistä tulostasovertailuohjetta, vaan ohjeet vertailun tekemiseen saatiin Meilahden sairaalan Kliinisen fysiologian yksikön henkilökunnalta. Laittevertailu luotiin vastaamaan parhaiten juuri tämän yksikön tarpeita ja asiakaskuntaa. Aiemmin vastaavanlaiset laitevertailut on yksikössä tehty huomattavasti suppeammalla otannalla, joten tähän vertailuun haluttiin ottaa mukaan monipuolisemmin mittaustuloksia sekä terveiltä että sairailta henkilöiltä.

Samantyyllisiä menetelmävertailuja erilaisin lähtökohdin löytyy alan julkaisuista. Esimerkiksi kertahengitysmenetelmän ja tasapainomenetelmän vertailu vuodelta 1998,

jossa tutkimushenkilöinä on käytetty 10:tä tervettä henkilöä ja 37:ää keuhkohtaumatautipotilasta. Tutkimuksessa vertailtavien suureiden käsittelyyn on käytetty tilastollisista testeistä muun muassa multivarianssianalyysia ja regressioanalyysia. (Jansons ym. 1998.)

5.2 Aineiston valinta tulostasovertailua varten

Laittevertailuun haluttiin ottaa mukaan mittaustuloksia sekä terveiltä verrokkihenkilöiltä, että Meilahden klinisen fysiologian yksikön potilailta. Potilasryhmiin on valittu ensisijaisesti henkilöitä, joilla on diagnosoitu keuhkohtaumatauti, keuhkofibroosi tai muu keuhkosairaus, koska diffuusiokapasiteettitutkimus on oleellinen tutkimus näiden sairauksien diagnostiikassa ja seurannassa. Terveet -ryhmä valittiin verrokkiryhmäksi, koska terveiden henkilöiden voidaan olettaa puhaltavan tasalaatuisia puhalluksia molemmilla laitteilla. Pyrittiin myös siihen, että opinnäytetyöhön tutkimushenkilöinä osallistuvilla potilailla oli pyydettyinä lähetteellä diffuusiokapasiteettitutkimus, jolloin he tekivät ylimääräisenä puhalluksena puhalluksen myös uudella laitteella.

Alustavien klinisen fysiologian yksikön tekemien vertailujen perusteella, jos uusi SentrySuite -laite ja nykyinen laite oli varustettu samoilla näyteasetuksilla, tulokset olivat melko yhteneviä. Jos taas näytetilavuuden alku arvioitiin metaanin uloshuuhtoutumiskäyrän avulla, antoi SentrySuite -menetelmä terveillä suurempia tuloksia kuin nykyinen laite. Siksi tässä vertailussa SentrySuite -menetelmää oli tarkoitus soveltaa vain niihin potilaisiin, joilla VC/FVC on <1.5 l (tai <2 l ja jouduttu pienentämään asetuksia). Muilla ryhmillä mittaukset tehtiin käyttäen samoja näyteasetuksia molemmilla laitteilla.

5.3 Tutkimushenkilöiden jako ryhmiin

Opinnäytetyössä tutkittavia mittaustuloksia kerättiin yhteensä 46:tä henkilöltä, joista 40:en henkilön tuloksia käytettiin tilastollisessa analysoinnissa. Kuuden henkilön tulokset olivat ylimääräisiä tuloksia, jotka eivät olleet mukana vertailussa esimerkiksi puutteellisten mittaustulosten vuoksi. Näistä neljän henkilön, joiden kohdalla SentrySuite -asetus oli käytössä, mittaustuloksia tarkasteltiin erikseen yksittäisinä, koska SentrySuite -asetuksella tehtyjä mittaustuloksia oli vähän. Erilaisia vertailtavia potilasryhmiä työssä oli neljä, joihin jokaiseen kerättiin mittaustulokset kymmeneltä henkilöltä. Tutkimukseen osallistuville henkilöille tehtiin myös spirometriapuhallukset, tai käytettiin van-

hoja tuloksia, joiden perusteella jako eri ryhmiin tehtiin. Tarkoituksena oli, että jokainen tutkimukseen osallistuva henkilö puhaltaa hyväksytyyn puhalluksen nykyisin käytössä olevalla laitteella, ja puhalluksen uudella SentrySuite -laitteella laboratoriohoitajan opastuksella normaaleissa tutkimukselle määritetyissä vakioituissa olosuhteissa (Huslab ohjekirja). Mittaustulokset koottiin Excel -taulukkoon mitattavien suureiden osalta. Tiedot tutkimushenkilön iästä ja sukupuolesta, pituudesta, painosta, tarvittavista spirometriapuhalluksista sekä näyteasetuksista ja toimitettiin opinnäytetyön tekijöille ja koottiin omaan taulukkoonsa (Liite 3).

Ensimmäinen ryhmä (ryhmä 1) oli terveet verrokkit. Tähän ryhmään puhalluksia kerättiin Meilahden kliinisen fysiologian yksikön henkilökunnalta ja opinnäytetyön tekijöiltä. Asetuksina terveet verrokkit -ryhmällä näytetilavuus (SV) oli 600 ml ja hukkatilavuus (DV) 750 ml molemmissa laitteissa. Terveet verrokkit -ryhmä toimi vertailuryhmänä muille potilasryhmille. Oletettiin, että tässä ryhmässä puhallukset olisivat tasalaatuisempia kuin muissa ryhmissä ja ryhmän sisällä hajonta tulosten poikkeavuuksissa toisistaan olisi vähäisempää.

Toinen vertailuryhmä (ryhmä 2) oli keuhkohtaumatautipotilaat, joiden uloshengityksen sekuntikapasiteetti FEV1 on 1 litra tai enemmän. Asetuksina näytetilavuus (SV) oli 600 ml ja hukkatilavuus (DV) 750ml. Keuhkohtaumatautipotilaat valittiin yhdeksi potilasryhmäksi, koska COPD -potilaita on yksikön pitkäaikaissurannassa olevista potilaista suuri osa.

Kolmas vertailuryhmä (ryhmä 3) oli keuhkofibroosipotilaat, tai muut potilaat, joilla keuhkotilavuus on pieni. Raja-arvoina FVC/VC alle 1.5 litraa tai FVC/VC alle 2 litraa ja on jouduttu pienentämään asetuksia. Uudella SentrySuite -laitteella käytettiin erityisasetusta "alle 1,5 l".

Neljäs vertailuryhmä (ryhmä 4) oli potilaat, joiden keuhkotilavuus on pieni. Raja-arvoina hidas uloshengitysvirtaus eli FEV1 alle 1,01 (ei ehdoton raja), FVC/VC pienempi kuin 1,5 litraa tai FVC/VC pienempi kuin 2 litraa, ja jouduttiin pienentämään asetuksia. Käytössä olevalle laitteelle tehtiin tarvittaessa asetuksien pienennys. Uudella SentrySuite -laitteella käytettiin erityisasetusta "alle 1,5 l".

Pienikeuhkoisia potilaita ja potilaita, joiden keuhkojen toimintakapasiteetti on merkittävästi alentunut, haluttiin erityisesti ottaa vertailuun mukaan, koska haluttiin nähdä kuin-

ka paljon uuden laitteen menetelmän antamat tulokset poikkeavat nykyisen, pienien keuhkotilavuuksien osalta hieman epätarkemman menetelmän tuloksista. Kuvioon 3. on koottu vertailussa mukana olevat ryhmät, ja valintakriteerit kunkin ryhmän osalta.



Kuvio 3. Tulostasoverailussa mukana olevat tutkimushenkilöt ja vertailuryhmät.

5.4 Aineiston kerääminen ja käsittely

Työ aloitettiin keväällä 2014 perehtymällä aihealueeseen ja diffuusiokapasiteettimittaukseen tutkimusmenetelmänä. Aihealueesta ja työn tarkoituksesta tietoa saatiin Meilahden klinisen fysiologian yksiköstä. Diffuusiokapasiteettilaitteen menetelmään ja käyttöön perehtyminen tapahtui kahden vierailupäivän aikana Meilahden klinisen fysiologian yksikössä, jossa seurattiin ja perehdyttiin potilastutkimusten suoritusta käytännössä. Uusi diffuusiokapasiteettia mittaava SentrySuite -laite saapui yksikköön maaliskuussa, jonka jälkeen yksikön henkilökunta sai käyttökoulutuksen laitteen käyttöön.

Opinnäytetyön aineisto kerättiin kahdella diffuusiokapasiteettilaitteella kertahengitysmenetelmällä. Työn eettisen näkökulman tarkastelun jälkeen päätettiin, että opinnäytetyön aineiston kerää klinisen fysiologian yksikön vakinainen henkilökunta päivittäisten rutiinitutkimusten yhteydessä. Opinnäytetyötä varten haettiin HUS Kuvantamisen tutki-

muslupa, joka myönnettiin 8.7.2014. Opinnäytetyötä varten ei tarvinnut hakea erikseen HUS:n Eettisen toimikunnan lupaa koska potilastietoja ei tarvinnut luovuttaa opinnäytetyön tekijöille. Aineisto kerättiin kesän ja alkusyksyn 2014 aikana päivittäisten tutkimusten yhteydessä. Pyrkimyksenä oli ottaa tutkimushenkilöiksi potilasryhmien osalta vain niitä henkilöitä, joilla on läheteellä pyydettyä diffuusiokapasiteettimittaus, jolloin ylimääräinen mittaus tuli vain uudella laitteella tehtäväksi. Tutkimukseen osallistuvilta henkilöiltä pyydettiin aina kirjallinen suostumus opinnäytetyön tutkimushenkilöksi. (Liite 1.)

Mittaustulokset taulukoitiin Excel -ohjelmalla ja niiden tilastolliseen käsittelyyn käytettiin Excel- ja SPSS Statistics -ohjelmia. Mittaustuloksista määritettiin kaikkien ryhmien osalta, sekä ryhmien sisäisesti tunnusluvuista keskiarvo, keskihajonta, CV % ja keskimääräinen eroprosentti. Eroprosenttien esittämiseen käytettiin pistediagrammia. Tilastollisissa analyyseissä vanhaa Jaeger MasterScreen PFT- laitetta käytettiin referenssilaitteena, johon uutta Jaeger MasterScreen PFT SentrySuite- laitetta verrattiin.

Aineisto oli tilastolliseen vertailuun melko pieni (koko aineisto $n=40$, ryhmät $n=10$), joka vaikutti menetelmien valintaan. Koko aineiston osalta, sekä kaikkien ryhmien sisällä laskettiin kunkin mitattavan suureen osalta kahden riippuvan otoksen vertailu. Testinä ryhmille käytettiin tarkkaa Wilcoxonin järjestystestiä ja koko aineistolle asympotoottista Wilcoxonin järjestystestiä. Lisäksi koko aineistolle tehtiin kunkin mitattavan suureen osalta parittainen kahden riippuvan otoksen kaksisuuntainen t-testi ja regressiosuora. T-testiä ja regressiosuoraa ei voitu tehdä ryhmille liian pienen otoskoon takia.

Regressiosuoran selitysaste (R^2) kertoo kuinka hyvin uuden laitteen tuloksia voidaan selittää vanhan laitteen tulosten perusteella. Suoran korrelaation p-arvo ilmoittaa onko tulostasojen välillä riippuvuutta. Kun regressiosuoran korrelaatiokerroin on yli 0,7, laitteiden tulostasojen välillä on voimakas positiivinen korrelaatio. Tilastolliset testit on tehty käyttäen 95 prosentin luottamusväliä. Nollahypoteesina testauksessa oletetaan, ettei laitteiden tulostasojen välillä ole tilastollisesti merkittävää eroa.

6 Tulokset

Tilastolliset testitulokset ovat esitetty tässä kappaleessa kunkin mitattavan suureen osalta. Taulukoissa, kuvioissa ja teksteissä käytetään Jaeger MasterScreen PFT- laitteesta nimitystä vanha laite ja Jaeger MasterScreen PFT SentrySuite- laitteesta nimitystä uusi laite. Osa primäärituloksista on luettavissa liitteestä 2. Tutkimushenkilöitä oli tilastollisessa vertailussa 40, jotka oli jaettu neljään ryhmään (katso kappale 5.3). Lisäksi neljän ylimääräisen tutkimushenkilön, joilla SentrySuite -asetus oli käytössä, tuloksia tarkasteltiin erikseen ero prosenttien osalta.

6.1 Diffuusiokapasiteetti ja spesifinen diffuusiokapasiteetti

Tässä kappaleessa on tarkasteltu yhteisesti diffuusiokapasiteettia (DLCO) ja spesifistä diffuusiokapasiteettia (DLCO/VA), sekä näiden hemoglobiinikorjattuja suureita (DLCOc) ja (cDLCO/VA). Näiden suureiden osalta tulokset on esitetty muista suureista poiketen samassa kappaleessa. Tulosten avaaminen on muista kappaleista poiketen esitetty kappaleessa 7, johtopäätökset.

Taulukoissa 3 on esitetty diffuusiokapasiteetin osalta ryhmien, sekä koko aineiston keskiarvot, keskihajonnat, CV -prosentit ja ero prosentit. Taulukossa 4 on esitetty samat suureet hemoglobiinikorjatun diffuusiokapasiteetin osalta. DLCO:n ero prosentti näytti olevan pienin ryhmässä 1 (0,71 %), hieman suurempi ryhmässä 2 (9,39 %), ryhmässä 3 (16,56 %) ja suurin ryhmässä 4 (21,51 %). DLCOc:n ero prosentit eri ryhmissä noudattivat melko yhtenevästi samaa linjaa kuin DLCO:n ero prosentit. Vain ryhmässä 1 ero prosentti oli hieman suurempi DLCOc:n osalta (1,64 %).

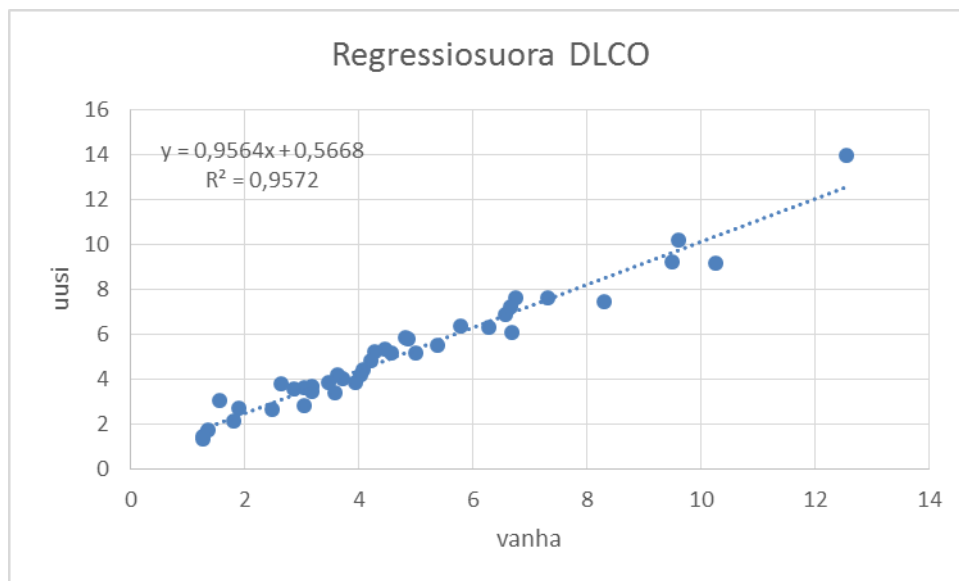
Taulukko 3. Diffuusiokapasiteetin keskiarvot, keskihajonnat, CV -prosentit ja ero prosentit lasketuna ryhmien ja kokoaineiston osalta.

DLCO	Ryhmä1		Ryhmä2		Ryhmä3		Ryhmä4		Kaikki	
	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi
ka	8,39	8,458	3,687	4,019	4,141	4,609	2,776	3,347	4,749	5,108
sd	2,046	2,325	1,095	1,210	1,440	1,346	1,318	1,547	2,627	2,568
CV%	24,388	27,486	29,692	30,110	34,762	29,203	47,474	46,235	55,331	50,279
ero%	0,71 %		9,39 %		16,56 %		21,51 %		11,97 %	

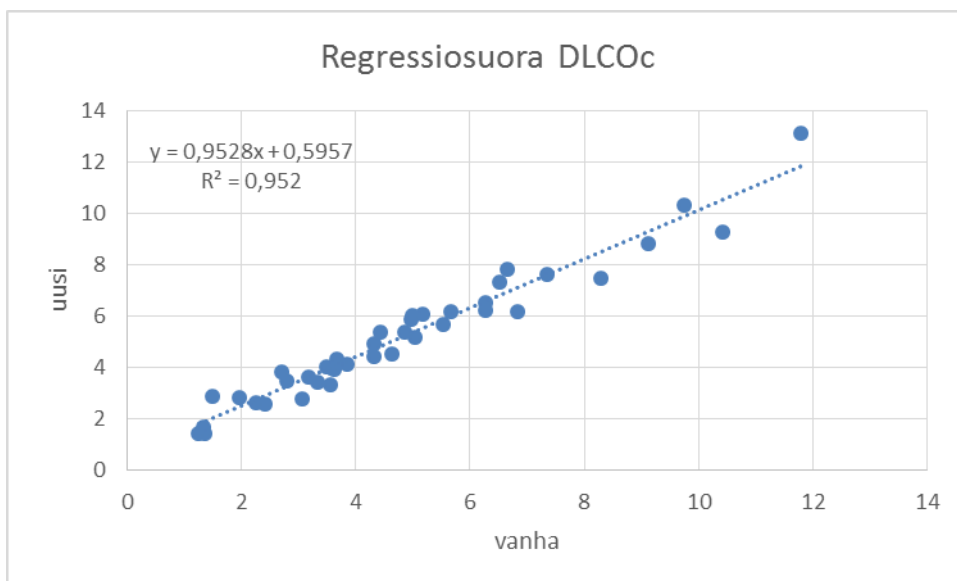
Taulukko 4. Hemoglobiinkorjatun diffuusiokapasiteetin keskiarvot, keskihajonnat, CV -prosentit ja ero prosentit laskettuna ryhmien ja koko aineiston osalta.

DLCOc	Ryhmä1		Ryhmä2		Ryhmä3		Ryhmä4		Kaikki	
	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi
ka	8,3	8,417	3,866	4,203	4,117	4,552	2,916	3,504	4,800	5,169
sd	1,905	2,091	1,168	1,276	1,405	1,326	1,407	1,635	2,542	2,482
CV%	22,953	24,845	30,215	30,366	34,136	29,131	48,247	46,655	52,951	48,017
ero%	1,64 %		9,15 %		15,93 %		21,07 %		11,95 %	

DLCO:n ja DLCOc:n koko aineiston regressiosuorat on esitetty kuvioissa 4 ja 5. Molempien suureiden osalta suorilla muuttujien välillä on positiivinen lineaarinen yhteys. DLCO:n regressiosuoran selitysaste (R^2) on 0,9572 eli vanhalla laitteella pystytään selittämään 95,72 % uuden laitteen arvoista. DLCOc:n regressiosuoran selitysaste on 0,952 eli vanhalla laitteella pystytään selittämään 95,2 % uuden laitteen arvoista.



Kuvio 4. DLCO:n regressiosuora laskettuna koko aineiston osalta.



Kuvio 5. DLCOc:n regressiosuora laskettuna koko aineiston osalta.

Sekä diffuusiokapasiteetille (DLCO), että hemoglobiinikorjatulle diffuusiokapasiteetille (DLCOc) tehtiin koko aineiston t-testi, joissa tulokset olivat seuraavat:

DLCO:n korrelaatio = 0,978. Korrelaation p-arvo = 0,000. T-testin p-arvo = 0,000.

DLCOc:n korrelaatio = 0,976. Korrelaation p-arvo = 0,000. T-testin p-arvo = 0,000.

DLCO:n ja DLCOc:n korrelaatiokerrointen ollessa yli 0,7, on tulostasojen välillä voimakas positiivinen korrelaatio. Korrelaation p-arvon ollessa alle 0,05, on korrelaatio merkitsevä.

Wilcoxonin testin tulokset olivat seuraavia:

DLCO koko aineisto p = 0,000

DLCO ryhmä 1 p = 1,000

DLCO ryhmä 2 p = 0,018

DLCO ryhmä 3 p = 0,006

DLCO ryhmä 4 p = 0,002

DLCOc koko aineisto p = 0,000

DLCOc ryhmä 1 p = 0,770

DLCOc ryhmä 2 p = 0,020

DLCOc ryhmä 3 p = 0,010

DLCOc ryhmä 4 p = 0,002

P-arvot <0,05 tarkoittavat tilastollisesti merkittävää eroa tulostasojen välillä. Tuloksia on avattu ja niiden merkitystä pohdittu enemmän kappaleessa 7, johtopäätökset.

Spesifisen diffuusiokapasiteetin (DLCO/VA) ja hemoglobiinikorjatun spesifisen diffuusiokapasiteetin (DLCOc/VA) keskiarvot, keskihajonnat, CV -prosentit ja ero prosentit on esitetty alla olevissa taulukoissa 5 ja 6. Pienimmät ero prosentit ovat molempien suureiden osalta ryhmässä 1 (DLCO/VA -1,51 % ja DLCOc/VA -0,50 %). Ryhmässä 2 ero prosentit ovat hieman suurempia (DLCO/VA 5,64 % ja DLCOc/VA 5,83 %), ryhmässä 3 (DLCO/VA 16,84 % ja DLCOc/VA 16,05 %) ja ryhmässä 4 suurimpia (DLCO/VA 14,47% ja DLCOc/VA 14,02 %).

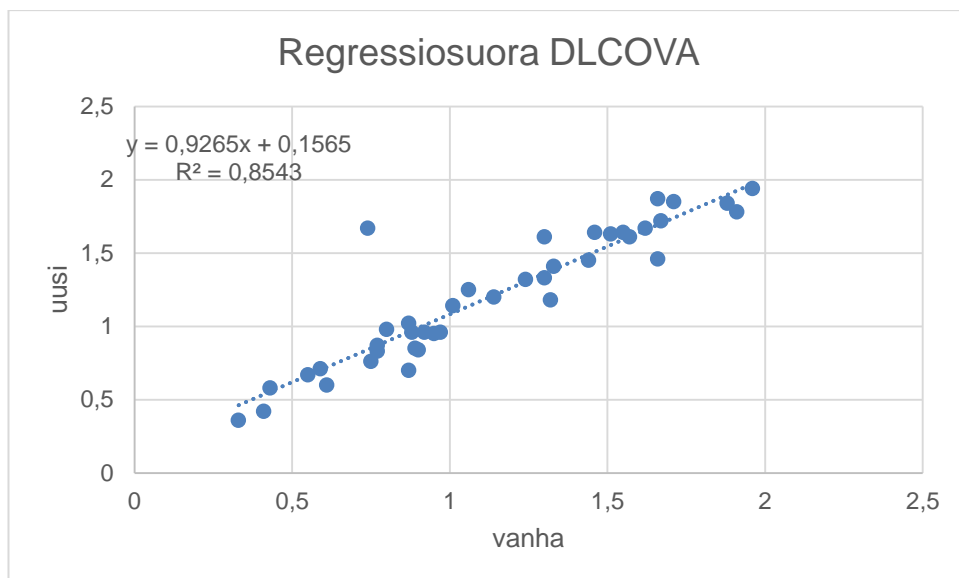
Taulukko 5. Spesifisen diffuusiokapasiteetin keskiarvot, keskihajonnat, CV -prosentit ja ero prosentit laskettuna ryhmien ja koko aineiston osalta.

DLCO/VA	Ryhmä1		Ryhmä2		Ryhmä3		Ryhmä4		Kaikki	
	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi
ka	1,674	1,65	0,897	0,943	1,212	1,372	0,747	0,858	1,133	1,206
sd	0,204	0,231	0,308	0,336	0,319	0,367	0,261	0,329	0,447	0,448
CV%	12,198	14,011	34,337	35,644	26,359	26,727	34,915	38,372	39,479	37,169
ero-%	-1,51 %		5,64 %		16,84 %		14,47 %		8,86 %	

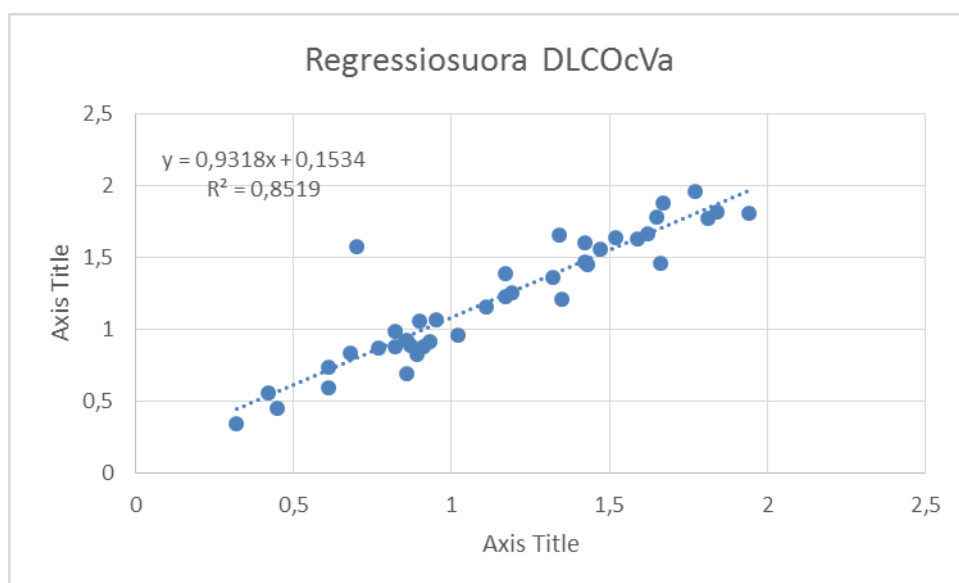
Taulukko 6. Hemoglobiinikorjatun spesifisen diffuusiokapasiteetin keskiarvot, keskihajonnat, CV -prosentit ja ero prosentit laskettuna ryhmien ja koko aineiston osalta.

DLCOc/VA	Ryhmä1		Ryhmä2		Ryhmä3		Ryhmä4		Kaikki	
	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi
ka	1,656	1,648	0,936	0,987	1,208	1,354	0,785	0,897	1,146	1,222
sd	0,179	0,213	0,316	0,347	0,333	0,372	0,286	0,352	0,433	0,437
CV%	10,818	12,938	33,752	35,120	27,599	27,474	36,435	39,219	37,763	35,775
ero%	-0,50 %		5,83 %		16,05 %		14,02 %		8,85 %	

DLCO/VA- ja DLCOc/VA -suureista koko aineistolla lasketut regressiosuorat on esitetty alla olevissa kuvioissa 6 ja 7. Molempien suureiden osalta suorissa muuttujien välillä on positiivinen lineaarinen yhteys. DLCO/VA:n regressiosuoran selitysaste (R^2) on 0,8543 eli vanhalla laitteella pystytään selittämään 85,43 % uuden laitteen arvoista. DLCOc/VA:n regressiosuoran selitysaste on 0,8519 eli vanhalla laitteella pystytään selittämään 85,19 % uuden laitteen arvoista.



Kuvio 6. DLCO/VA:n regressiosuora laskettuna koko aineistolla.



Kuvio 7. DLCOc/VA:n regressiosuora laskettuna koko aineistolla.

Sekä spesifiselle diffuusiokapasiteetille (DLCO/VA), että hemoglobiinikorjatulle spesifiselle diffuusiokapasiteetille (DLCOc/VA) tehtiin koko aineiston t-testi, joissa tulokset olivat seuraavat:

DLCO/VA:n korrelaatio = 0,924. Korrelaation p-arvo = 0,000. T-testin p-arvo = 0,011.

DLCOc/VA:n korrelaatio = 0,923. Korrelaation p-arvo = 0,000. T-testin p-arvo = 0,008.

DLCO/VA:n ja DLCOc/VA:n korrelaatiokerrointen ollessa yli 0,7, on tulostasojen välillä voimakas positiivinen korrelaatio. Korrelaation p-arvon ollessa alle 0,05, on korrelaatio merkitsevä.

Wilcoxonin testin tulokset olivat seuraavia:

DLCO/VA koko aineisto $p = 0,002$

DLCO/VA ryhmä 1 $p = 0,752$

DLCO/VA ryhmä 2 $p = 0,152$

DLCO/VA ryhmä 3 $p = 0,023$

DLCO/VA ryhmä 4 $p = 0,006$

DLCOc/VA koko aineisto $p = 0,002$

DLCOc/VA ryhmä 1 $p = 0,941$

DLCOc/VA ryhmä 2 $p = 0,111$

DLCOc/VA ryhmä 3 $p = 0,037$

DLCOc/VA ryhmä 4 $p = 0,008$

P-arvot $<0,05$ tarkoittavat tilastollisesti merkittävää eroa tulostasojen välillä. Tuloksia on avattu ja niiden merkitystä pohdittu enemmän kappaleessa 7, johtopäätökset.

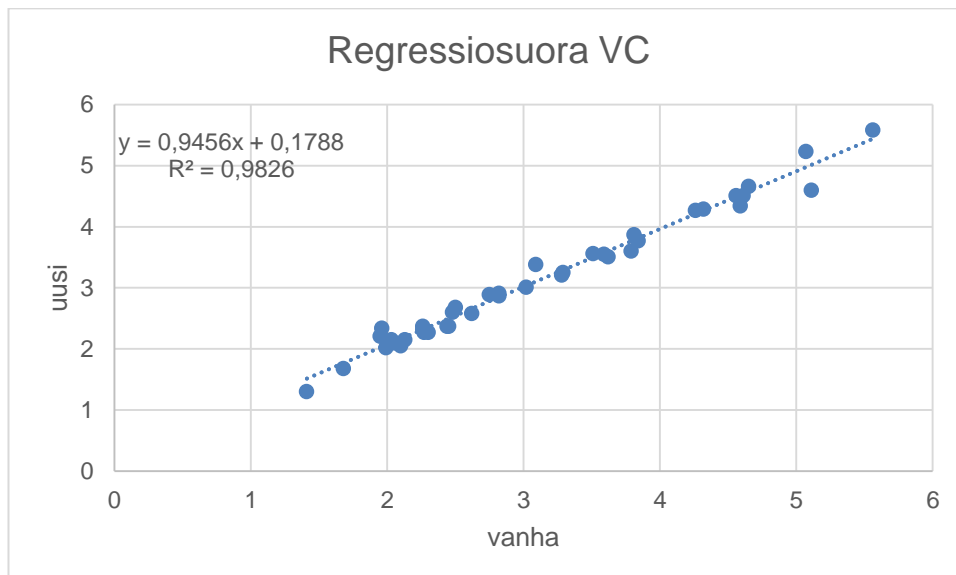
6.2 Vitaalikapasiteetti VC

Vitaalikapasiteetin osalta sekä aineiston, että ryhmien sisäiset keskiarvot, keskihajonnat, CV -prosentit ja ero prosentit on esitetty alla olevassa taulukossa 7. Ero prosentit ovat ryhmien 1, 2 ja 3 sekä koko aineiston osalta pieniä. Ryhmässä 4 ero prosentti on 2,50 %, joka on kohtalaisen pieni, mutta hieman muita ryhmiä korkeampi. Ryhmää 3 lukuun ottamatta uusi laite antaa korkeampaa tulostasoa kuin vanha laite.

Taulukko 7. Vitaalikapasiteetin keskiarvo, keskihajonta, CV -prosentit ja ero prosentit kaikkien ryhmien ja koko aineiston osalta.

VC	Ryhmä1		Ryhmä2		Ryhmä3		Ryhmä4		Kaikki	
	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi
ka	4,205	4,223	3,161	3,152	2,617	2,612	2,501	2,533	3,121	3,13
sd	0,803	0,824	1,019	0,866	0,771	0,745	0,896	0,794	1,085	1,035
CV%	19,099	19,523	32,231	27,486	29,474	28,538	35,812	31,338	34,749	33,054
ero%	0,36 %		0,86 %		-0,10 %		2,50 %		0,91 %	

VC:n regressiosuora on esitetty kuviossa 8. Regressiosuoralla muuttujien välillä on positiivinen lineaarinen yhteys. VC:n regressiosuoran selitysaste (R^2) on 0,9826 eli vanhalla laitteella pystytään selittämään 98,26 % uuden laitteen arvoista.



Kuvio 8. Vitaalikapasiteetin regressiosuora koko aineison osalta.

Koko aineistolle tehtiin myös parittainen t -testi. Korrelaatiokertoimeksi saatiin 0,991 ja sen p-arvoksi saatiin 0,000. Korrelaatiokertoimen ollessa yli 0,7, on tulostasojen välillä voimakas positiivinen korrelaatio. Korrelaation p-arvon ollessa alle 0,05, on korrelaatio merkitsevä. T-testin p-arvo oli 0,704. P-arvon ollessa > 0,05, jää 0-hypoteesi voimaan eikä laitteiden välillä ole t -testin mukaan tilastollisesti merkitsevää eroa.

Koko aineistolle sekä ryhmille erikseen tehtiin kaksisuuntainen Wilcoxonin- testi. Koko aineiston p- arvoksi saatiin 0,627 eli p-arvon ollessa > 0,05, jää 0-hypoteesi voimaan. Tämän perusteella voidaan sanoa, ettei vanhan ja uuden laitteen välillä ole tilastollisesti merkittävää eroa VC:n osalta. Ryhmien osalta saatiin tarkalla Wilcoxonin testillä seuraavat p-arvot: Ryhmä 1 p= 0,508. Ryhmä 2 p= 0,910. Ryhmä 3 p= 0,840. Ryhmä 4 p= 0,910. Kaikkien ryhmien osalta 0- hypoteesi jää voimaan eikä vanhan ja uuden laitteen välillä ole tilastollisesti merkittävää eroa.

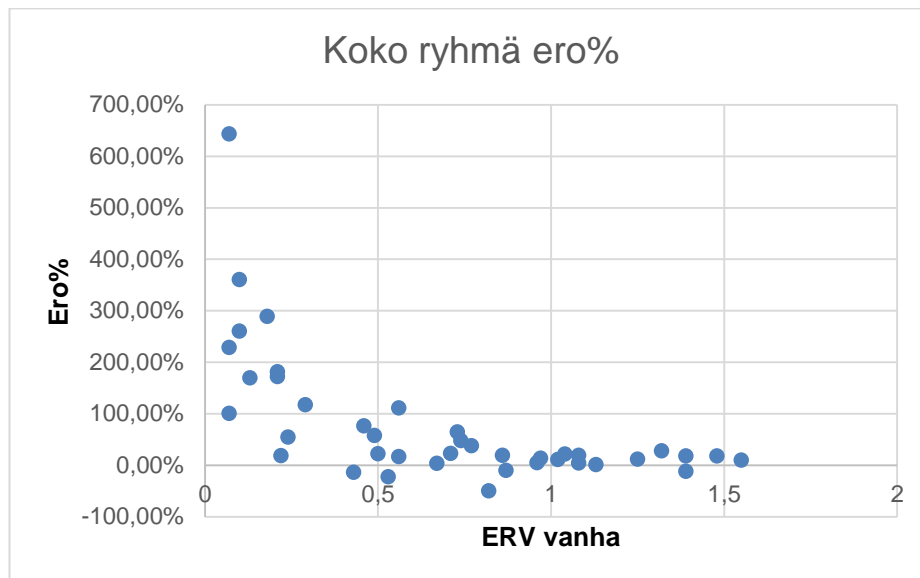
6.3 Uloshengityksen varatila ERV

ERV:n osalta sekä aineiston, että ryhmien sisäiset keskiarvot, keskihajonnat, CV% ja ero% on esitetty alla olevassa taulukossa 8. CV -prosentit ja eroprosentit ovat kaikkien

ryhmien osalta suuria. Erityisesti ryhmissä 3 (114,25 %) ja 4 (103,74 %) ovat vielä selvästi muita ryhmiä suuremmat. Pienin ero prosentti on ryhmässä 1 (31,54 %). Kuvio 9 osoittaa ero prosenttien kasvavan mitattujen luku arvojen pienentyessä. Suurimmallaan ero prosentit ovat hyvin suuria (650 %). ERV:n kohdalla uuden laitteen tulostaso näyttäisi olevan selkeästi korkeampi kuin vanhalla laitteella.

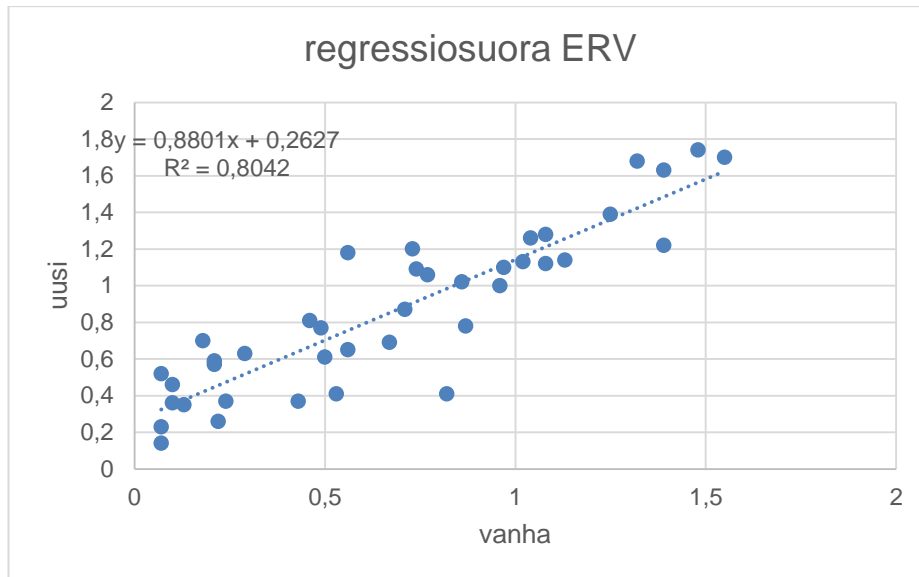
Taulukko 8. Uloshengityksen varatilan keskiarvo, keskihajonta, CV-prosentit ja ero prosentit kaikkien ryhmien ja koko aineiston osalta.

ERV	Ryhmä1		Ryhmä2		Ryhmä3		Ryhmä4		Kaikki	
	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi
ka	1,022	1,187	0,643	0,804	0,553	0,835	0,507	0,623	0,681	0,862
sd	0,404	0,402	0,468	0,4901	0,409	0,396	0,358	0,292	0,446	0,437
CV%	39,498	33,846	72,846	60,961	73,962	47,387	70,622	46,853	65,412	50,719
ero%	31,54 %		61,82 %		114,25 %		103,74 %		77,84 %	



Kuvio 9. ERV:n ero prosentti koko aineistolle laskettuna.

ERV:n regressiosuora on esitetty alla olevassa kuviossa 10. Muuttujien välillä on positiivinen lineaarinen yhteys. ERV:n regressiosuoran selitysaste (R^2) on 0,8042 eli vanhalla laitteella pystytään selittämään 80,42 % uuden laitteen arvoista.



Kuvio 10. Uloshengityksen varatilan (ERV) regressiosuora koko aineistosta laskettuna.

Koko aineiston T-testin korrelaatiokertoimeksi saatiin 0,897 ja sen p-arvoksi 0,000. Korrelaatiokertoimen ollessa yli 0,7, on tulostasojen välillä voimakas positiivinen korrelaatio. Korrelaation p-arvon ollessa alle 0,05, on korrelaatio merkitsevä. T-testin p-arvo oli 0,000. P-arvon ollessa $< 0,05$, tulee vastahypoteesi voimaan eli laitteiden tulostasojen välillä on tilastollisesti merkittävää eroa ERV:n osalta.

Koko aineistolle ja ryhmille tehtiin kaksisuuntainen Wilcoxonin testi. Koko ryhmän p-arvo oli 0,000 eli tilastollisesti merkittävää eroa on. Ryhmien osalta tulokset olivat seuraavat:

Ryhmä 1 $p = 0,022$. Ryhmä 2 $p = 0,014$. Ryhmä 3 $p = 0,002$. Ryhmä 4 = 0,123. Ryhmää 4 lukuun ottamatta ryhmien osalta tilastollisesti merkittävää eroa on. Sen sijaan ryhmän 4 p-arvon ollessa 0,123, tilastollisesti merkittävää eroa ei ole tämän ryhmän osalta.

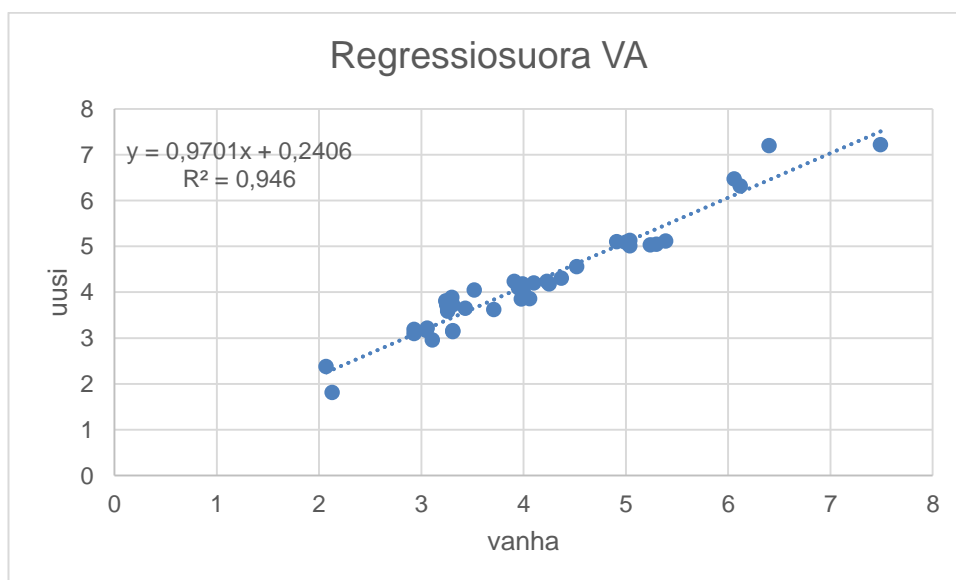
6.4 Alveolaarinen tilavuus VA

Alveolaarisen tilavuuden eroprosentit ovat melko pieniä, mutta ryhmä 4 erottuu muista ryhmistä hieman suuremmalla eroprosentilla (6,21 %). Ryhmän 2 CV -prosentit ja keskihajonnat ovat hieman korkeampia kuin muissa ryhmissä sekä koko aineiston osalta. Luvut ovat esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Alveolaarisen tilavuuden keskiarvo, keskihajonta, CV -prosentit ja ero prosentit kaikkien ryhmien ja koko aineiston osalta.

VA	Ryhmä1		Ryhmä2		Ryhmä3		Ryhmä4		Kaikki	
	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi
ka	4,982	5,102	4,391	4,502	3,376	3,433	3,604	3,789	4,088	4,207
sd	0,824	0,981	1,445	1,342	0,656	0,718	0,934	0,852	1,165	1,162
CV%	16,547	19,237	32,900	29,816	19,427	20,920	25,922	22,474	28,501	27,627
ero%	2,18 %		3,56 %		1,37 %		6,21 %		3,33 %	

VA:n regressiosuora on esitetty kuviossa 11. Regressiosuoralla muuttujien välillä on positiivinen lineaarinen yhteys. VA:n regressiosuoran selitysaste (R^2) on 0,946 eli vanhalla laitteella pystytään selittämään 94,6 % uuden laitteen arvoista.



Kuvio 11. Alveolaarisen tilavuuden regressiosuora koko aineistosta laskettuna.

T-testin korrelaatiokertoimeksi koko aineistolle saatiin 0,973 ja sen p-arvoksi 0,000. Korrelaatiokertoimen ollessa yli 0,7, on tulostasojen välillä voimakas positiivinen korrelaatio. Korrelaation p-arvon ollessa alle 0,05, on korrelaatio merkitsevä. T-testin p-arvo oli 0,009. P-arvon ollessa <0,05 tulee vastahypoteesi voimaan eli tulostasojen välillä on tilastollisesti merkittävää eroa.

Koko aineistolle tehdyn Wilcoxonin testin p-arvoksi saatiin 0,019 eli myös tämä osoittaa tilastollisesti merkittävää eroa. Ryhmien osalta saatiin tarkalla Wilcoxonin testillä seuraavat p-arvot: Ryhmä 1 p = 0,150. Ryhmä 2 p = 0,275. Ryhmä 3 p = 0,361. Ryhmä 4

$p = 0,105$. Toisin kuin koko aineiston osalta, ryhmien osalta tilastollisesti merkittävää eroa ei ole.

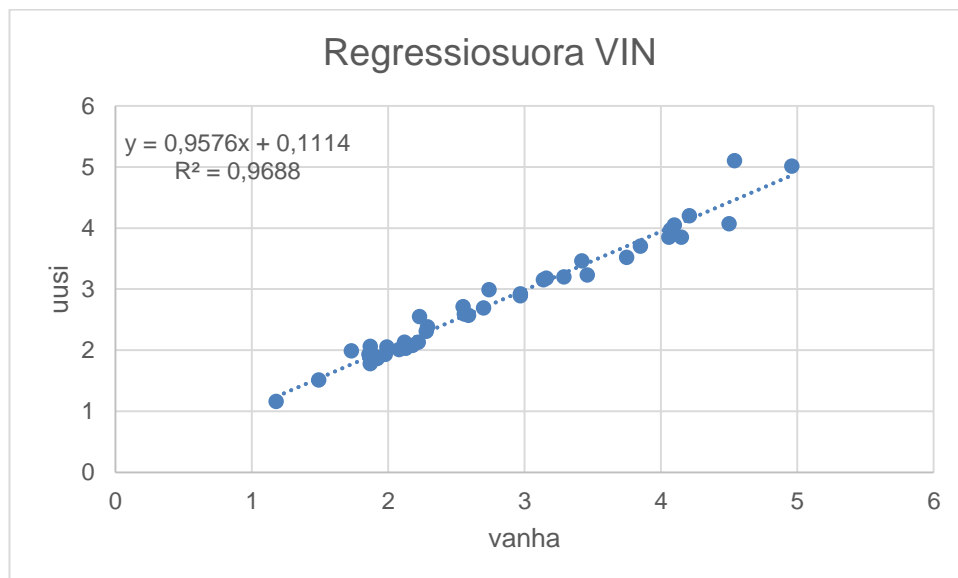
6.5 Sisäänhengitystilavuus VIN

Sisäänhengitystilavuuden eroprosentit olivat hyvin pieniä niin kaikkien ryhmien kuin koko aineiston osalta tarkasteltuna. Lukuarvot on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10. Sisäänhengitysilman keskiarvo, keskihajonta, CV -prosentit ja eroprosentit kaikkien ryhmien ja koko aineiston osalta.

VIN	Ryhmä1		Ryhmä2		Ryhmä3		Ryhmä4		Kaikki	
	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi
ka	3,806	3,816	2,849	2,798	2,402	2,407	2,248	2,25	2,826	2,818
sd	0,725	0,809	0,872	0,762	0,756	0,701	0,772	0,703	0,972	0,946
CV%	19,045	21,205	30,606	27,229	31,486	29,139	34,364	31,227	34,388	33,556
ero%	0,05 %		-1,04 %		0,76 %		0,96 %		0,18 %	

VIN:n regressiosuora esitetään kuviossa 12. Regressiosuoralla muuttujien välillä on positiivinen lineaarinen yhteys. VIN:n regressiosuoran selitysaste (R^2) on 0,9688 eli vanhalla laitteella pystytään selittämään 96,88 % uuden laitteen arvoista.



Kuvio 12. Sisäänhengitystilavuuden VIN regressiosuora koko aineistosta laskettuna.

Koko aineistolle tehdyn t-testin korrelaatiokerroin oli 0,984 ja sen p-arvo 0,000. Korrelaatiokertoimen ollessa yli 0,7, on tulostasojen välillä voimakas positiivinen korrelaatio. Korrelaation p-arvon ollessa alle 0,05, on korrelaatio merkitsevä. T-testin p-arvo oli 0,756. 0-hypoteesi jää voimaan eikä t-testin mukaan tilastollisesti merkittävää eroa ole.

Wilcoxonin testin p-arvot olivat seuraavia:

Koko aineisto $p = 0,382$.

Ryhmä 1 $p = 0,676$.

Ryhmä 2 $p = 0,477$.

Ryhmä 3 $p = 0,824$.

Ryhmä 4 $p = 0,977$.

Kaikissa mitatuissa ryhmissä p-arvo on $>0,05$, joten nollahypoteesi jää voimaan eikä laitteiden tulostasossa ole tilastollisesti merkittävää eroa.

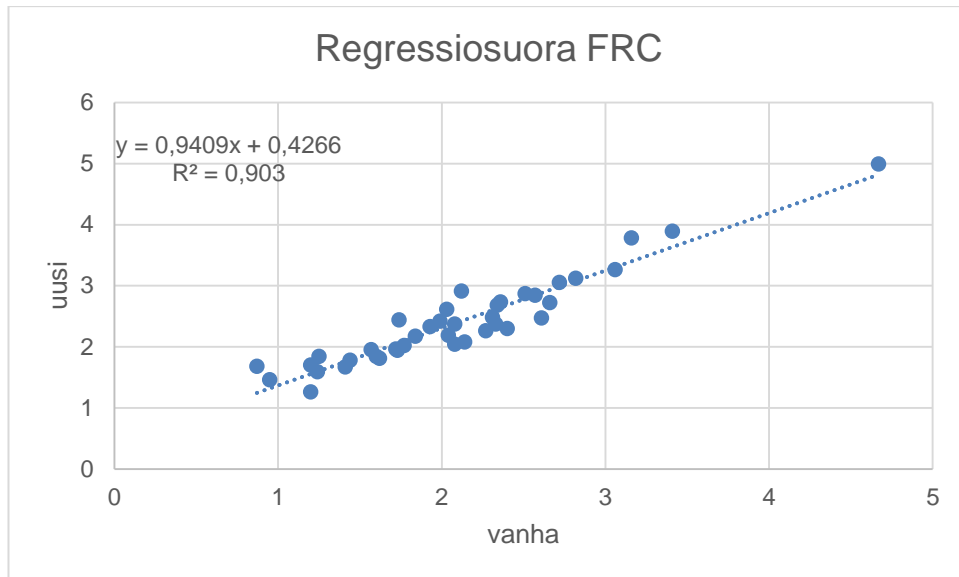
6.6 Toiminnallinen jäännöskapasiteetti FRC

Toiminnallisen jäännöskapasiteetin ero prosentit olivat kohtalaisia uuden laitteen antaessa korkeampaa tulostasoa. Ryhmässä 2 keskihajonnat ja CV -prosentit ovat selkeästi muita ryhmiä korkeammat. Ero prosentit ovat ryhmissä 3 ja 4 korkeampia ryhmiin 1 ja 2 verrattuna. Lukuarvot on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. Toiminnallisen jäännöskapasiteetin keskiarvo, keskihajonta, CV -prosentit ja ero prosentit kaikkien ryhmien ja koko aineiston osalta.

FRC	Ryhmä1		Ryhmä2		Ryhmä3		Ryhmä4		Kaikki	
	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi
ka	2,344	2,615	2,344	2,657	1,679	2,012	2,009	2,303	2,094	2,397
sd	0,529	0,554	1,024	1,055	0,500	0,537	0,629	0,506	0,739	0,7231
CV%	22,554	21,179	43,672	39,692	29,759	26,689	31,322	21,972	35,277	30,170
ero%	12,35 %		15,84 %		22,18 %		20,76 %		17,78 %	

Regressiosuoralla (kuvio 13) muuttujien välillä on positiivinen lineaarinen yhteys. FRC:n regressiosuoran selitysaste (R^2) on 0,903 eli vanhalla laitteella pystytään selittämään 90,3 % uuden laitteen arvoista.



Kuvio 13. Toiminnallisen jäännöskapasiteetin (FRC) regressiosuora koko aineistosta laskettuna.

Koko aineistolle tehdyn t-testin korrelaatiokerroin oli 0,950 ja sen p-arvo 0,000. Korrelaatiokertoimen ollessa yli 0,7, on tulostasojen välillä voimakas positiivinen korrelaatio. Korrelaation p-arvon ollessa alle 0,05, on korrelaatio merkitsevä. T-testin p-arvo oli 0,000. Tämän perusteella vastahypoteesi tulee voimaan ja laitteiden tulostasoissa on tilastollisesti merkittävää eroa.

Wilcoxonin testin p-arvot olivat seuraavia: Koko aineisto $p = 0,000$. Ryhmä 1 $p = 0,006$. Ryhmä 2 $p = 0,004$. Ryhmä 3 $p = 0,004$. Ryhmä 4 $p = 0,016$. Kaikissa ryhmissä p-arvo on $<0,05$, joten vastahypoteesi tulee voimaan. Laitteiden tulostasojen välillä on tilastollisesti merkittävää eroa.

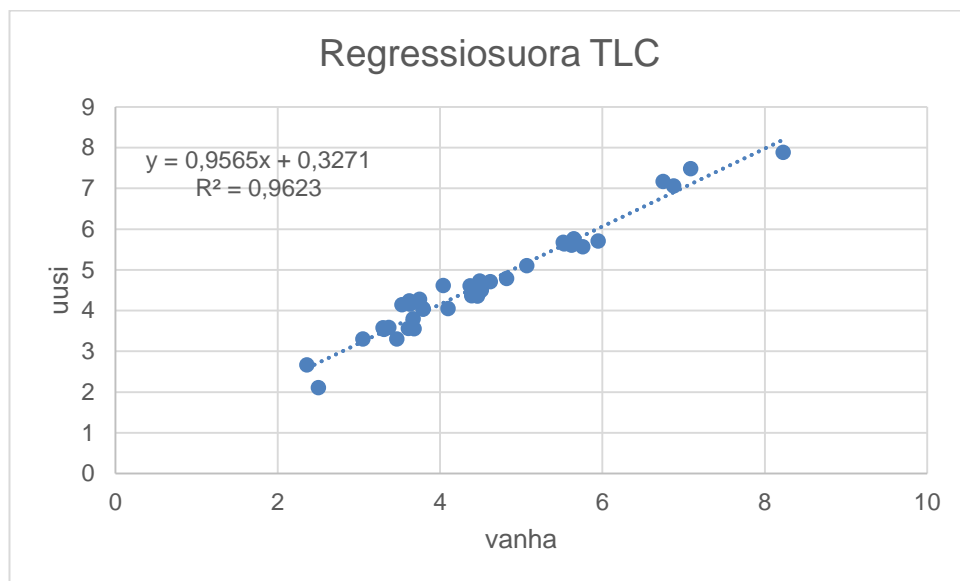
6.7 Kokonaiskapasiteetti TLC

Kokonaiskapasiteetin eroprocentit ovat matalia, ryhmässä 4 hieman muita ryhmiä korkeampia (6,36 %). Ryhmässä 2 keskihajonnat ovat hieman muita ryhmiä korkeampia. Uusi laite antaa hieman korkeampaa tulostasoa kuin vanha. Lukuarvot on esitetty taulukossa 12.

Taulukko 12. Kokonaiskapasiteetin keskiarvo, keskihajonta, CV -prosentit ja ero prosentit kaikkien ryhmien ja koko aineiston osalta.

TLC	Ryhmä1		Ryhmä2		Ryhmä3		Ryhmä4		Kaikki	
	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi
ka	5,526	5,639	4,861	5,005	3,741	3,792	4,001	4,212	4,532	4,662
sd	0,898	0,962	1,565	1,437	0,702	0,771	1,062	0,956	1,281	1,249
CV%	16,252	17,059	32,204	28,710	18,772	20,325	26,552	22,689	28,253	26,781
Ero%	1,99 %		3,94 %		1,07 %		6,36 %		3,34 %	

Regressiosuoralla (kuvio 14) muuttujien välillä on positiivinen lineaarinen yhteys. TLC:n regressiosuoran selitysaste (R^2) on 0,9623 eli vanhalla laitteella pystytään selittämään 96,23 % uuden laitteen arvoista.



Kuvio 14. Kokonaiskapasiteetin (TLC) regressiosuora koko aineistosta laskettuna.

Koko aineistosta lasketun t-testin korrelaatiokerroin oli 0,981 ja sen p-arvo 0,000. Korrelaatiokertoimen ollessa yli 0,7, on tulostasojen välillä voimakas positiivinen korrelaatio. Korrelaation p-arvon ollessa alle 0,05, on korrelaatio merkitsevä. T-testin p-arvo oli 0,002. Tämän perusteella vastahypoteesi tulee voimaan ja laitteiden tulostasojen välillä on tilastollisesti merkittävää eroa.

Wilcoxonin testin p-arvot olivat seuraavia: Koko aineisto: $p = 0,003$. Ryhmä 1 $p = 0,027$. Ryhmä 2 $p = 0,193$. Ryhmä 3 $p = 0,432$. Ryhmä 4 $p = 0,082$. Koko aineiston sekä ryhmien 1 ja 4 p-arvo on $<0,05$, joten vastahypoteesi tulee voimaan ja laitteiden tulostasojen välillä on tilastollisesti merkittävää eroa. Ryhmien 2 ja 3 p-arvo on $>0,05$, joten 0 -hypoteesi pysyy voimassa eikä tilastollisesti merkittävää eroa näytä olevan.

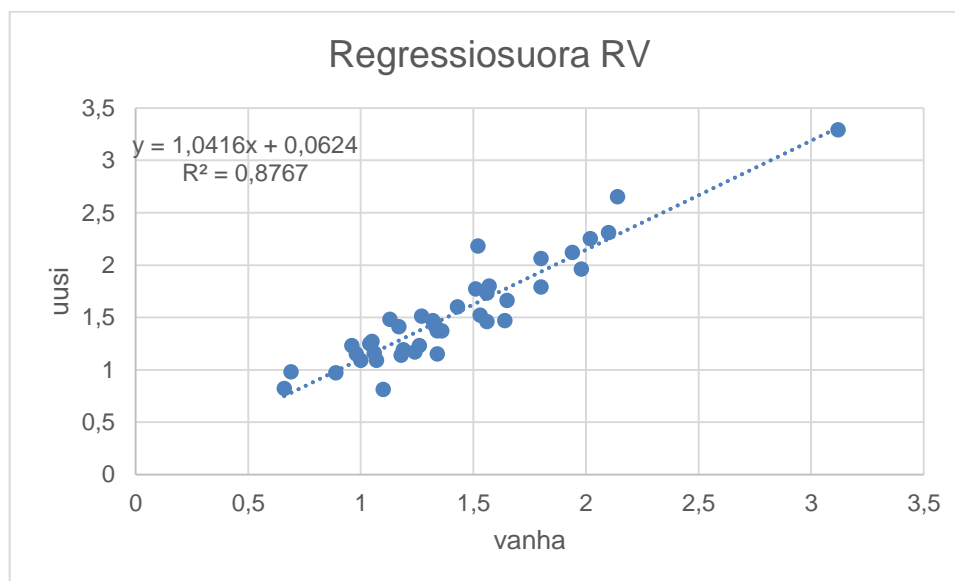
6.8 Jäännöstilavuus RV

Jäännöstilavuuden ero prosentit ovat kohtalaisia kaikissa ryhmissä ja ryhmässä 4 ero prosentti on suurin. Keskihajonnat ovat kaikissa ryhmissä melko pieniä. Uusi laite näyttää antavan korkeampaa tulostasoa kuin vanha. Lukuarvot ovat esitetty taulukossa 13.

Taulukko 13. Jäännöstilavuuden keskiarvo, keskihajonta, CV -prosentit ja ero prosentit kaikkien ryhmien ja koko aineiston osalta.

RV	Ryhmä1		Ryhmä2		Ryhmä3		Ryhmä4		Kaikki	
	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi	vanha	uusi
ka	1,322	1,428	1,701	1,851	1,124	1,177	1,503	1,679	1,413	1,534
sd	0,304	0,345	0,625	0,645	0,244	0,276	0,417	0,487	0,461	0,512
CV%	23,015	24,152	36,719	34,859	21,725	23,446	27,755	29,023	32,612	33,412
ero%	8,10 %		10,78 %		5,66 %		13,04 %		9,39 %	

Regressiosuoralla (kuvio 15) muuttujien välillä on positiivinen lineaarinen yhteys. RV:n regressiosuoran selitysaste (R^2) on 0,8767 eli vanhalla laitteella pystytään selittämään 87,67 % uuden laitteen arvoista.



Kuvio 15. Jäännöstilavuuden (RV) regressiosuora koko aineistosta laskettuna.

Koko aineistolle lasketun t-testin korrelaatiokerroin on 0,936 ja sen p-arvo 0,000. Korrelaatiokertoimen ollessa yli 0,7, on tulostasojen välillä voimakas positiivinen korrelaatio. Korrelaation p-arvon ollessa alle 0,05, on korrelaatio merkitsevä. T-testin p-arvo oli 0,000.

Tämän perusteella vastahypoteesi tulee voimaan ja laitteiden tulostasojen välillä on tilastollisesti merkittävää eroa.

Wilcoxonin testin p-arvot olivat seuraavia: Koko aineisto: 0,000. Ryhmä 1 p = 0,016. Ryhmä 2 p = 0,088. Ryhmä 3 = 0,250. Ryhmä 4 p = 0,018. Koko aineiston sekä ryhmien 1 ja 4 p-arvot ovat <0,05, joten vastahypoteesi tulee voimaan ja laitteiden tulostasojen välillä näyttää olevan tilastollisesti merkittävää eroa. Ryhmien 2 ja 3 p-arvot ovat >0,05, joten tilastollisesti merkittävää eroa ei näytä olevan.

6.9 Ylimääräiset tutkimushenkilöt, joilla SentrySuite -asetus käytössä

Neljän tutkimushenkilön mittaustuloksia ei voitu käyttää tilastollisessa vertailussa, koska molemmilla laitteilla ei saatu kahta laadukasta, rinnakkaista puhallusta. Näillä henkilöillä oli käytössä SentrySuite -asetus ”alle 1,5 litraa”. Kuitenkin DLCO:n, DLCOc:n, DLCO/VA:n ja DLCOc/VA:n osalta laskettiin eroprosentit, koska haluttiin nähdä erityisesti SentrySuite -asetuksen vaikutus tulostasoihin (Taulukko 14). Keskimääräiset eroprosentit olivat suuria kaikkien mittaussuureiden osalta. Uusi laite antaa suurempaa tulostasoakin kuin vanha laite.

Taulukko 14. Eroprosentit laskettuna ylimääräisille tutkimushenkilöille, joilla SentrySuite -asetus oli käytössä.

Ero%				
potilas	DLCO	DLCOc	DLCO/VA	DLCOc/VA
1	24,14 %	25,41 %	-2,56 %	0,00 %
3	45,09 %	52,36 %	22,64 %	29,25 %
5	72,60 %	72,43 %	41,28 %	40,19 %
6	67,59 %	67,47 %	51,43 %	50,72 %
Ero%:n ka	52,36 %	54,42 %	28,20 %	30,04 %

7 Johtopäätökset

Tutkimuskysymyksenä työssä oli, minkälaisia eroja Jaeger MasterScreen PFT- ja uuden Jaeger MasterScreen PFT SentrySuite -laitteen tulostasoissa on kunkin mitattavan suureen osalta?

Yhteenvedon tilastollisissa testeissä voitiin osoittaa, että mittaussuureiden osalta tulostasojen yhtenevydessä oli paljon vaihtelua. Joidenkin mittaussuureiden kohdalla myös vertailussa käytettyjen ryhmien välillä oli tilastollista eroa tulostasoissa. Kaikista mittaussuureista laskettujen eroprosenttien perusteella uusi laite näytti antavan vanhaa lai-

tetta korkeampaa tulostasoa sekä koko aineiston, että erillisten ryhmien osalta, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Kaikilla mitattavilla suureilla, laitteiden tulostasojen välillä oli voimakas positiivinen korrelaatio. Korrelaatiokerrointen p-arvojen perusteella korrelaatiokertoimia voitiin pitää merkitsevinä.

Diffuusiokapasiteetin (DLCO), hemoglobiinikorjatun diffuusiokapasiteetin (DLCOc), spesifisen diffuusiokapasiteetin (DLCO/VA) ja hemoglobiinikorjatun spesifisen diffuusiokapasiteetin (DLCOc/VA) tulostasojen eroprosentit koko aineiston ja eri ryhmien osalta noudattivat samaa linjaa. Ryhmällä 1 eroprosentit olivat näiden mittaussuureiden osalta hyvin pienet. Ryhmällä 2 eroprosentit olivat suuremmat kuin ryhmällä 1, mutta pienemmät kuin ryhmillä 3 ja 4. Ryhmillä 3 ja 4 eroprosentit olivat merkittävästi korkeammat kuin ryhmällä 1. T-testi ja Wilcoxonin testi osoitti kaikkien neljän tarkasteltavan suureen osalta tilastollisesti merkittävää eroa koko aineistosta laskettuna. Sen sijaan ryhmille lasketuissa Wilcoxonin testit osoittivat eroavaisuuksia ryhmien tulostasoiissa. Kaikkien mittaussuureiden osalta ryhmässä 1 ei ollut osoitettavissa tilastollisesti merkittävää eroa vanhan ja uuden laitteen tulostasoiissa. Ryhmissä 2, 3 ja 4 tilastollisesti merkittävää eroa oli osoitettavissa lukuun ottamatta DLCO/VA ja DLCOc/VA -suureiden p-arvoja ryhmässä 2, jossa yhteneväisyys on kohtalaista. Tilastollisten testien tulokset olivat yhteneviä tulostasojen eroprosenttien kanssa. Tilastollinen eroavaisuus kasvoi tulostasojen eroprosentin kasvaessa. Eroprosentteja pistediagrammeista (liite 2) oli havaittavissa, että erityisesti ryhmän 1 keskimääräisen eroprosentin ollessa pieni, pisteet sijoituivat nollan molemmin puolin melko tasaisesti. Muissa ryhmissä pisteet sijoituvat sitä enemmän nollan yläpuolella, mitä suurempi keskimääräinen eroprosentti ryhmällä oli.

Eryisesti SentrySuite -asetuksen ollessa käytössä, uusi laite näytti antavan selkeästi korkeampaa tulostasoa kuin vanha laite. Tulee kuitenkin ottaa huomioon että otoskoko oli pieni ylimääräisillä tutkimushenkilöillä, joilla oli SentrySuite -asetus käytössä (n=4).

Kokonaiskapasiteetin (VC) ja sisäänhengitystilavuuden (VIN) osalta vanhan ja uuden laitteen tulostasot olivat hyvin yhteneviä sekä koko aineiston, että jokaisen ryhmän kohdalla. Suoritetut tilastolliset testit eivät osoittaneet tilastollisesti merkittävää eroa ja pisteet regressiosuoralla sijoituivat hyvin lähelle suoraa.

Suurimmat eroprosentit olivat uloshengityksen varatila (ERV) -suureella. Pienillä mitta-usrvoilla mittausten väliset erot yksittäisellä tutkimushenkilöllä olivat suurimmillaan

650 %, ja ryhmissä 3 ja 4 keskimääräinen eroprosentti oli yli 100 %. Ero terveiden verrokkien (ryhmä 1) keskimääräiseen eroprosenttiin on huomattava ryhmiin 3 ja 4 verrattuna. Mitattavan mittausravon pienentyessä eroprosentti kasvaa selkeästi, kuten kuvista 5 on havaittavissa. Uloshengityksen varatilaa mitataan lepo hengityksen perusteella, joten voidaan arvella, että tämän mittaussuureen osalta yksittäisten puhallusten välillä voi olla suurta eroa teknisestä suorituksesta johtuen. Kuitenkin ryhmästä riippumatta uusi laite antaa selkeästi korkeampaa tulostasoa, jolloin voidaan olettaa eron johtuvan osittain myös laitteesta.

Alveolaarisen tilavuuden (VA) ja kokonaiskapasiteetin (TLC) tulostasojen eroprosentit olivat pieniä ja tulostasojen välillä oli voimakas korrelaatio. Siitä huolimatta koko aineistolle tehdyn t -testin ja Wilcoxonin testin mukaan tulostasojen välillä oli tilastollisesti merkittävää eroa. Wilcoxonin testin perusteella ryhmien välillä oli eroa tilastollisessa merkittävydessä ilman selkeää selittävää tekijää.

Toiminnallisen jäännöskapasiteetti (FRC) ja jäännöstilavuuden (RV) tulostasojen eroprosentit olivat kohtalaisia. FRC:n kohdalla ryhmällä 1 eroprosentti oli selkeästi pienempi kuin muilla ryhmillä, kun taas ryhmien 3 ja 4 eroprosentit olivat muita korkeampia, yli 20 %. T-testi ja Wilcoxonin testi osoittivat, että vanhan ja uuden laitteen tulostasojen välillä oli tilastollisesti merkittävää eroa FRC:n osalta koko aineistolla sekä erillisten ryhmien kohdalla. RV:n kohdalla Wilcoxonin testi osoitti koko aineistolla ja ryhmillä 1 ja 4 tilastollisesti merkittävää eroa, kun taas ryhmillä 2 ja 3 eroa ei ollut. Tilastollisen merkittävyyden vaihtelulle eri ryhmissä ei löytynyt selkeää selittävää tekijää.

8 Pohdinta ja tulosten luotettavuuden arviointi

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa uuden Jaeger MasterScreen PFT SentrySuite -laitteen tulostaso. Yleisesti tilastollisissa vertailuissa saatiin selville, että uusi, Jaeger MasterScreen PFT SentrySuite -laite antaa korkeampaa tulostasoa kuin vanha, Jaeger MasterScreen PFT -laite. Tämä oli osittain odotettavissa, koska uuden SentrySuite -laitteen menetelmä eroaa osittain vanhan, käytössä olevan laitteen menetelmästä. Ennen opinnäytetyötä kliinisen fysiologian yksikössä suoritetuissa alustavissa mittauksissa uusi SentrySuite -laite näytti antavan korkeampaa tulostasoa terveillä verrokeilla SentrySuite -asetuksen ollessa käytössä. Korkeampi tulostaso on selitettävissä SentrySuite -laitteen mittausmenetelmällä, joka suhteuttaa näytetilavuuden potilaan keuhko-

tilavuuteen. Käytössä olevassa, vanhassa laitteessa näytetilavuus on vakio potilaan keuhkotilavuudesta riippumatta. Tilastollisen vertailun jälkeen kävi ilmi, että niiden tutkimushenkilöiden mittaustulokset, joilla oli SentrySuite -asetus käytössä, olisi ollut hyvä olla vertailussa omana ryhmänään. Tehdyssä vertailussa mittaustulokset, joissa SentrySuite -asetusta käytettiin, olivat muiden mittaustulosten joukossa vertailuryhmissä lukuunottamatta ylimääräisten tutkimushenkilöiden mittaustuloksia. Aikataulun takia uuden vertailun tekeminen ei kuitenkaan ollut enää mahdollista.

Lähtökohtaisena oletuksena oli, että SentrySuite soveltuu paremmin erityisesti pienille keuhkotilavuuksille (erityisesti ryhmä 4), joten tämä jo osittain selittää suuremman tulostason diffuusiokapasiteetin ja spesifisen diffuusiokapasiteetin osalta. Terveillä verrokkeilla (ryhmä 1) tilastollisesti merkittävää eroa ei ollut. Joillakin tutkimushenkilöillä (liite 3) diffuusiokapasiteetin mittaaminen onnistui vain uudella SentrySuite -laitteella. Näitä tuloksia ei käytetty tilastollisessa vertailussa, koska toisen laitteen tulos oli puutteellinen. Näiden mittaustulosten osalta laskettiin kuitenkin eroprosentit DLCO:n, DLCOc:n, DLCO/VA:n ja DLCOc/VA:n osalta. Myös näillä tutkimushenkilöillä uusi laite antoi vanhaa laitetta korkeampaa tulostasoa ja puhallusten onnistuminen SentrySuite -laitteella tuki oletusta, että uusi menetelmä on soveltuvampi kuin vanha menetelmä. Muiden mitattavien suureiden osalta tulokset olivat hajanaisempia. Erojen selittämiseen ei aina löytynyt selkeitä selittäviä tekijöitä.

Tulosten tarkastelussa ja luotettavuuden arvioinnissa on otettava huomioon, että puhallustutkimusten puhalluksia on vaikea vakioida ja rinnakkaistenkin puhallusten erot voivat olla suuria. Tässä opinnäytetyössä mittaustulokset keräsi sama henkilö, mikä paransi puhallusten yhtenevyyttä ja luotettavuutta sekä varmisti sen, että puhallutukset ohjattiin samalla tavalla. Puhallustutkimuksissa puhalluttajan rooli on tärkeä puhalluksen laadun kannalta. Tulee myös ottaa huomioon, että terveitä verrokkeja (ryhmä 1) lukuun ottamatta, kaikilla muilla tutkimushenkilöillä on diagnoosi jostakin keuhkosairaudesta, mikä voi vaikeuttaa jo kahden laadukkaan, rinnakkaisen puhalluksen saamista. Sairaat tutkimushenkilöt puhaltavat myös keskimäärin pienempiä mittaustuloksia ja pienemmillä lukuarvoilla prosentuaaliset erot kasvavat helposti suuremmiksi kuin suuremmilla lukuarvoilla. Tämä tulee ottaa huomioon tulostasojen eroprosentteja tarkastellessa. Tilastollisten testien luotettavuuden arvioinnissa on otettava huomioon, että aineisto ($n = 40$) oli tilastolliseen vertailuun pieni, etenkin ryhmien sisäisen vertailun kannalta ($n = 10$). Koska rinnakkaisten puhallusten vakiointi on haastavaa, olisi otoskoon

pitänyt olla suurempi, jotta tilastollisten testien tuloksista olisi voinut tehdä luotettavia johtopäätöksiä. Nyt tulokset olivat lähinnä suuntaa antavia.

Opinnäytetyö tuotti tietoa Jaeger MasterScreen PFT SentrySuite -laitteen tulostasosta, joka voidaan ottaa huomioon SentrySuite -laitteella tehtyjen potilasmittaustulosten tarkastelussa ja mahdollisissa jatkotutkimuksissa. Niiden tutkimushenkilöiden lukumäärä, joilla SentrySuite -asetusta oli käytetty, jäi pieneksi eikä tilastollista vertailua omana ryhmänään voitu tehdä. Jatkotutkimusaiheena voisi olla SentrySuite -asetuksella kerättyjen mittaustulosten vertaileminen vanhan Jaeger MasterScreen PFT- laitteen mittaustuloksiin. Mahdollisena jatkotutkimusaiheena voisi olla myös tilastollisten vertailujen tekeminen suuremmalla aineistolla kaikille ryhmille, jolloin tilastollisten menetelmien luotettavuus paranee ja sattuman vaikutus vähenee.

Haastetta opinnäytetyössä tuotti aikataulu. Projekti aloitettiin tammikuussa 2014 ja alustavien tulosten piti olla saatavilla toukokuussa 2014. Tästä aikataulusta jäätin jälkeen noin 5 kuukautta. Uuden SentrySuite -laitteen käyttöönotossa oli ongelmia, joten mittaustulosten keräämistä ei voitu aloittaa ajallaan. Työsuunnitelmaa muutettiin useaan kertaan projektin aikana. Tästä johtuen mittaustulokset saatiin käyttöön tilastollista vertailua varten syyskuun 2014 lopussa, jolloin aikaa mittaustulosten käsittelyyn jäi alle kuukausi. Kliinisen fysiologian yksiköllä ei ole olemassa tarkkaa validointiprosessia uuden laitteen käyttöönottoon, joten tulosten merkityksen pohtiminen oli haastavaa ilman tarkkoja raja-arvoja. Opinnäytetyössä saatuja tuloksia ei siten voinut verrata ennalta määriteltäviin raja-arvoihin.

Eettisestä näkökulmasta opinnäytetyön aihe valittiin potilaiden parhaan mahdollisen hoidon ja tulosten luotettavuuden takaamiseksi. Aihe valittiin työn toimeksiantajan pyynnöstä ja tulostasojen vertailulle oli tarve. Opinnäytetyölle myönnettiin tutkimuslupa ja tutkimushenkilöt allekirjoittivat suostumuslomakkeen, jossa tutkimushenkilöille kerrottiin opinnäytetyöstä, sen tarkoituksesta ja tavoitteesta, opinnäytetyön tekijöistä ja tietosuojaan toteutumisesta. Osallistuminen opinnäytetyön tutkimushenkilöksi oli vapaaehtoista. Saadut tulokset esitettiin rehellisesti ja tarkasti.

Opinnäytetyöprosessi kehitti prosessiosaamista ja syvensi tietoa diffuusiokapasiteetti-tutkimuksesta ja sen indikaatioista sekä teorian että käytännön osalta. Toinen opinnäytetyön tekijöistä oli työelämäharjoittelussa kliinisen fysiologian yksikössä Hyvinkäällä opinnäytetyöprosessin aikana ja saatuja oppeja voitiin hyödyntää opinnäytetyön toteut-

tamisessa. Opinnäytetyön tekeminen opetti sopivan lähdemateriaalin etsimistä työtä varten, sekä tarkastelemaan kriittisesti eri lähteitä. Opinnäytetyö opetti ryhmätyötaitoja niin työn eri osapuolien kuin työparin kanssa työskennellessä. Kokonaisuudessaan opinnäytetyöprosessin voi katsoa onnistuneen, omat oppimistavoitteet täyttyivät ja tulokset sekä raportti saatiin ajallaan valmiiksi.

Lähteet

Antó, J.M – Vermeire, P – Vestbo, J – Sunyer, J. 2001. Epidemiology of chronic obstructive pulmonary disease. *European respiratory journal* 1(17) 5 982-994.

Campbell, Neil – Reece, Jane. 2008. *Biology*. Pearson Benjamin Cummings. 8. painos. 132.

CareFusion MasterScreen PFT –laitemanuaali. (Luettu 20.6.2014)

CareFusion MasterScreen PFT -esite. (Luettu 28.9.2014)

Carefusion MasterScreen PFT SentrySuite -esite. (Luettu 28.9.2014)

Cholendra, A – Mohan, SK – Premanand, R – Chandrasekar, A – Badhareenadhudu, B – Kanala, KR. 2013. Oxidative stress and antioxidant enzyme activity in South Indian male smokers with chronic obstructive pulmonary disease. *Respirology* 18 1069–1075.

de Torres, JP – Campo, A – Casanova, C – Aguirre-Jaime, A, – Zulueta J. 2006. Gender and chronic obstructive pulmonary disease in high-risk smokers *Respiration*. 73 (3) 306-10.

Haapalahti, P – Piirilä, P – Karhumäki, L. Diffuusiokapasiteetti. Menetelmäohje. Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede. HUS Kuvantaminen. (Luettu 5.8.2014)

Huslab ohjekirja. Diffuusiokapasiteetti, single breath menetelmä, tavallinen perusmittaus. Verkkodokumentti. (Luettu 30.7.2014)

Jansons, H – Fokkens, J.K – Van Der Tweel, I – Kreukniet, J. 1998. Re-breathing vs single-breath TLC0 in patients with unequal ventilation and diffusion. *Respiratory Medicine* (1998) 92 18-24

Kaarteenaho, Riitta – Hodgson, Ulla – Myllärniemi, Marjukka. 2011. Idiopaattinen keuhkofibroosi – edistystä näköpiirissä. *Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim* 127(24) 2639-45. Verkkootikkeli.

<http://www.duodecimlehti.fi.ezproxy.metropolia.fi/web/guest/haku?p_p_id=Article_WAR_DL6_Articleportlet&p_p_lifecycle=0&_Article_WAR_DL6_Articleportlet_hakusana=kauhkofibroosi&_Article_WAR_DL6_Articleportlet_p_frompage=haku&_Article_WAR_DL6_Articleportlet_viewType=viewArticle&_Article_WAR_DL6_Articleportlet_tunnus=duo99961> (Luettu 27.7.2014)

Kinnula, Vuokko. 2012. Keuhkohtaumatauti (COPD) Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim 128(8) s. 899-902. Verkkoartikkeli.

<http://www.duodecimlehti.fi.ezproxy.metropolia.fi/web/guest/haku?p_p_id=Article_WAR_DL6_Articleportlet&p_p_lifecycle=0&_Article_WAR_DL6_Articleportlet_hakusana=kauhkohtaumatauti%C2%A8&_Article_WAR_DL6_Articleportlet_p_frompage=haku&_Article_WAR_DL6_Articleportlet_viewType=viewArticle&_Article_WAR_DL6_Articleportlet_tunnus=duo10216> (Luettu 5.8.2014)

Kinnula, Vuokko – Tukiainen, Pentti. 2005. Teoksessa Kinnula, Vuokko – Brander, Pirkko E. – Tukiainen, Pentti (toim.) Keuhkosairaudet. Duodecim. 3. painos. 480.

Käypä hoito -suositus. Keuhkohtaumatauti. 2014. Duodecim.

<<http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituksset/suositus?id=hoi06040>>(Luettu 11.8.2014)

Mustajoki, Pertti. 2013. Keuhkofibroosi. Lääkärikirja Duodecim. Verkkodokumentti. <http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00644>(Luettu 27.7.2014)

Piirilä, Päivi – Sovijärvi, Anssi R.A. 2006. Keuhkojen diffuusiokapasiteettimittaus keuhkokudoksen toiminnan arvioinnissa. Suomen lääkäri-lehti. (61) 6 565-569. (Luettu 15.2.2014)

Pocock, Gillian – Richards, Christopher D. 2001. Human physiology: The basis on medicine. Oxford University Press. 325-330.

Salorinne, Yrjö 2003. Kaasujenvaihdunnan tutkiminen levossa. Teoksessa Sovijärvi, Anssi – Ahonen, Aapo – Hartiala, Jaakko – Länsimies, Esko – Savolainen, Sauli (toim.) Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede. Helsinki. Duodecim. 1. painos. 201-208

Sand, Olav – Sjaastad, Øystain V – Haug, Egil – Bjålie, Jan G. 2011. Ihminen – Fygiologia ja anatomia. WSOYpro Oy. 356- 376.

Sørheim, IC1 – Johannessen, A – Gulsvik, A – Bakke, PS – Silverman, EK – DeMeo, DL. 2010. Gender differences in COPD: are women more susceptible to smoking effects than men? Thorax 65(6) 480-5.

Sovijärvi, Anssi R.A. – Salorinne, Yrjö. 2005. Keuhkojen fysiologiaa ja patofysiologiaa. Teoksessa Kinnula, Vuokko – Brander, Pirkko E. – Tukiainen, Pentti (toim.) Keuhkosairaudet. Duodecim. 3. painos. 23-480.

Liitteet

Liite 1 - Suostumuslomake

Hei,

Olemme kaksi bioanalyttikko-opiskelijaa Metropolia Ammattikorkeakoulusta Helsingistä. Teemme opinnäytetyötä yhteistyössä HUS Kuvantamiseen kuuluvan Meilahden sairaalan kliinisen fysiologian yksikön kanssa. Opinnäytetyömme tarkoituksena on verrata kahden menetelmiltään osittain eroavan diffuusiokapasiteettilaitteen mittaustuloksia keskenään. Lisäksi tarkoitus on varmistaa suunniteltujen mittauskäytäntöjen toimivuus käytännön potilasmittauksissa. Lisäksi tuloksien avulla saadaan kartoitetuksi uuden diffuusiokapasiteettilaitteen tulostaso, jotta vertailu aikaisempiin, nykyisellä laitekannalla tehtyihin mittauksiin voitaisiin tehdä luotettavasti.

Vertailun suorittamista varten tarvitsemme mittaustuloksia myös potilailta. Mittaus suoritetaan kertahengitysmenetelmällä nykyisin rutiinikäytössä olevalla diffuusiokapasiteettilaitteella, sekä uudella laitteella, joka otetaan rutiinikäyttöön myöhemmin näiden vertailujen jälkeen. Kaikki mitaukset tekee Meilahden sairaalan kliinisen fysiologian yksikön vakinainen henkilökunta. Mittaustulokset toimitetaan opinnäytetyön tekijöille anonyymeina, joten tutkittavien henkilöllisyys ei tule ilmi missään vaiheessa opinnäytetyössä.

Opinnäytetyön tekijät:

Sonja Husso

Metropolia Ammattikorkeakoulu

sonja.husso@metropolia.fi

Anni Kelkka

Metropolia Ammattikorkeakoulu

anni.kelkka@metropolia.fi

Ohjaava opettaja

Riitta Lumme

riitta.lumme@metropolia.fi

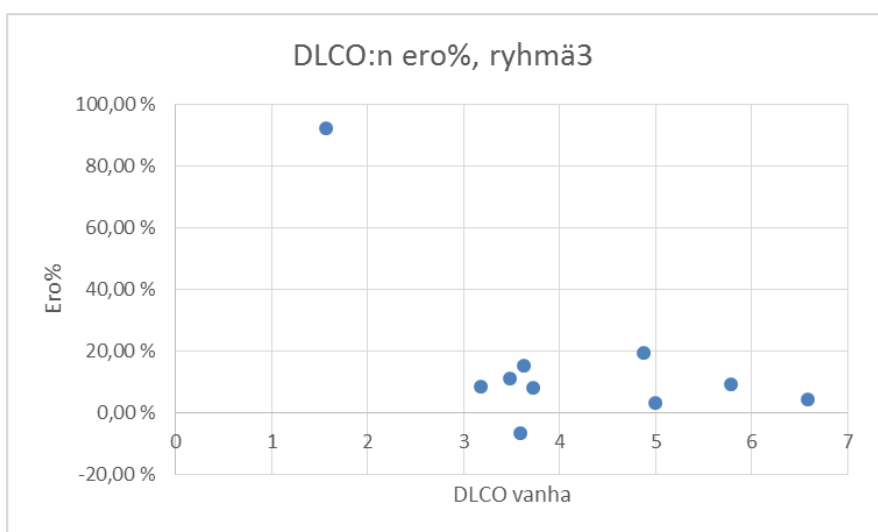
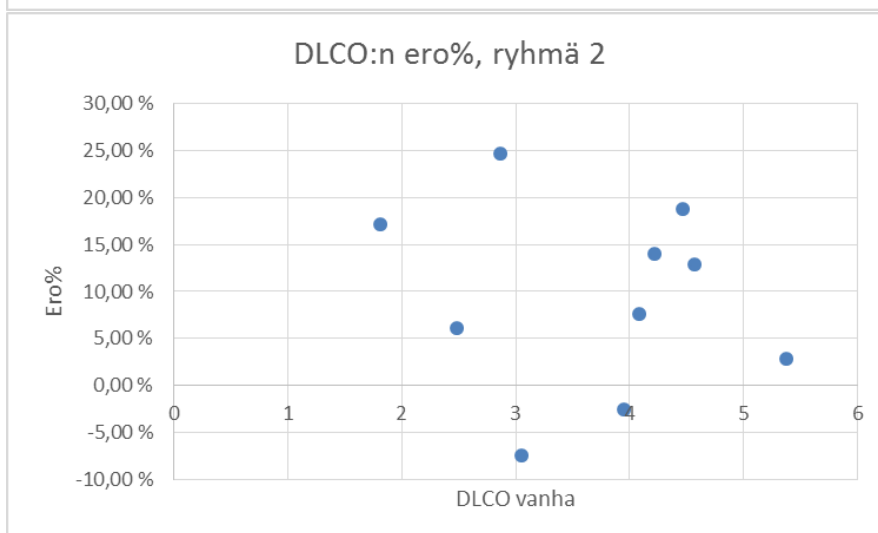
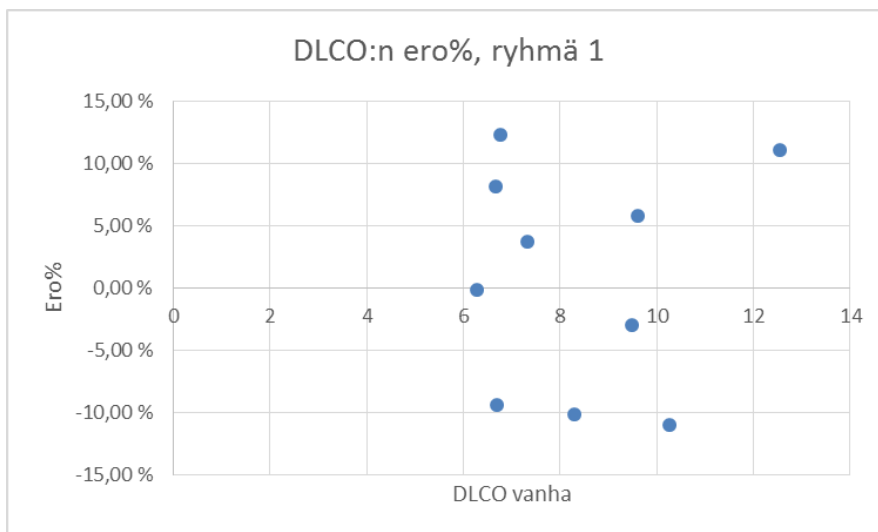
Olen tietoinen, että osallistuminen opinnäytetyön tutkimushenkilöksi on vapaaehtoista. Voin keskeyttää osallistumiseni koska tahansa opinnäytetyön aikana syytä ilmoittamatta. Keskeyttäminen ei vaikuta jatkohoitooni. Olen tietoinen, että minusta kerättyjä tietoja käytetään opinnäytetyön tutkimusmateriaalina.

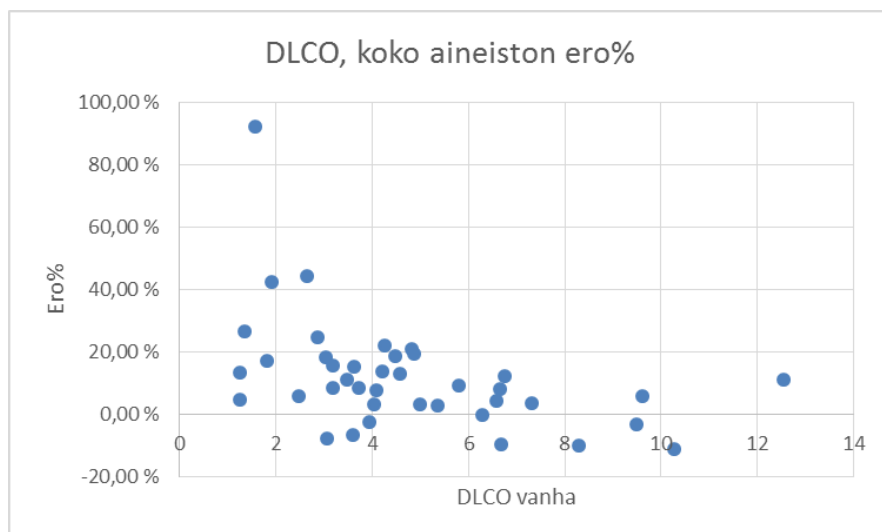
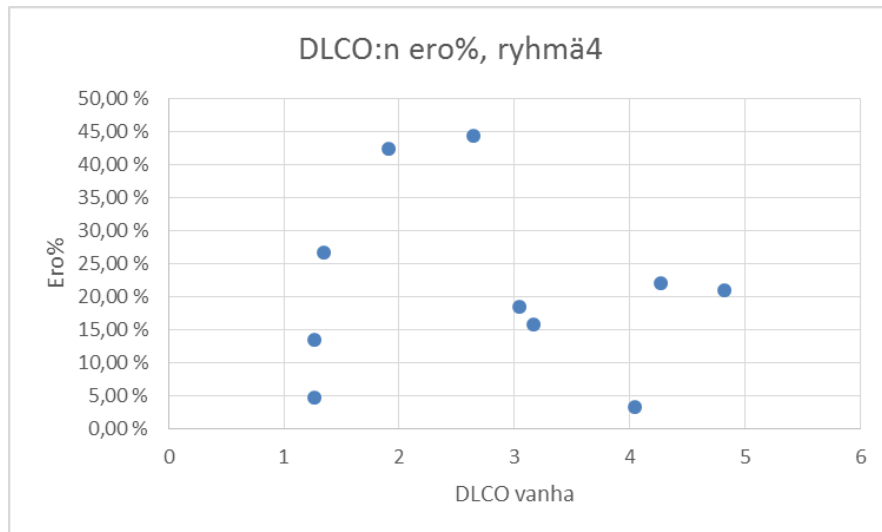
Allekirjoituksellani vahvistan osallistumiseni opinnäytetyön tutkimushenkilöksi.

Allekirjoitus ja nimen selvennys

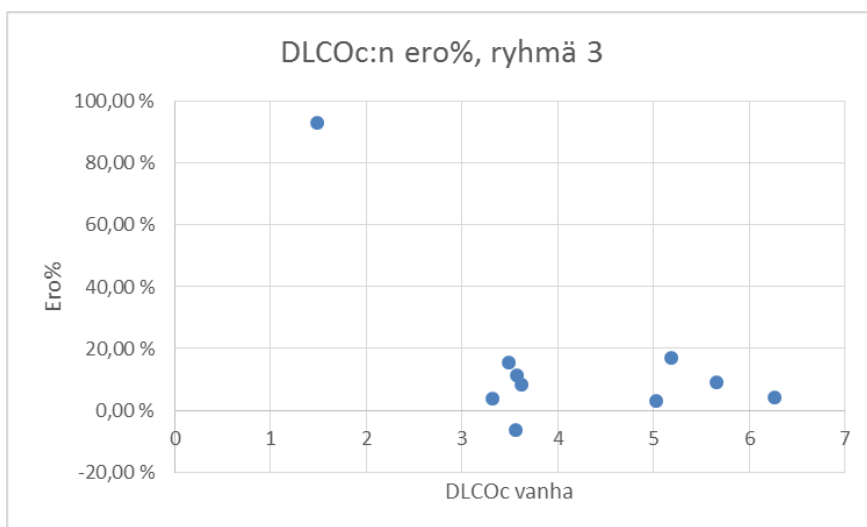
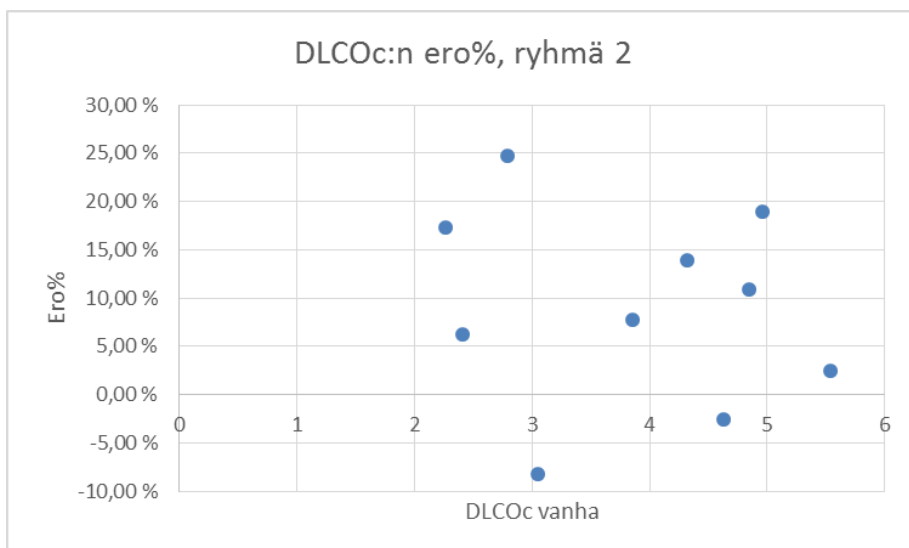
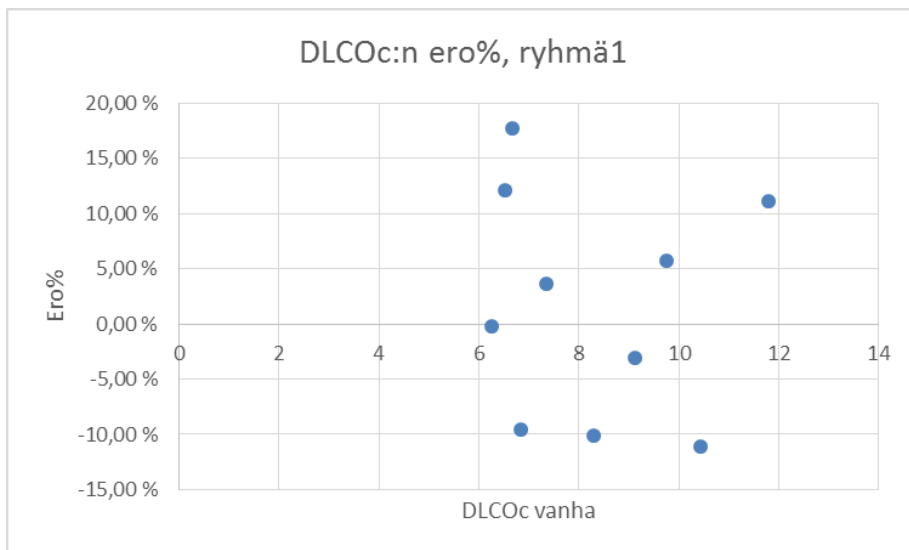
Päiväys

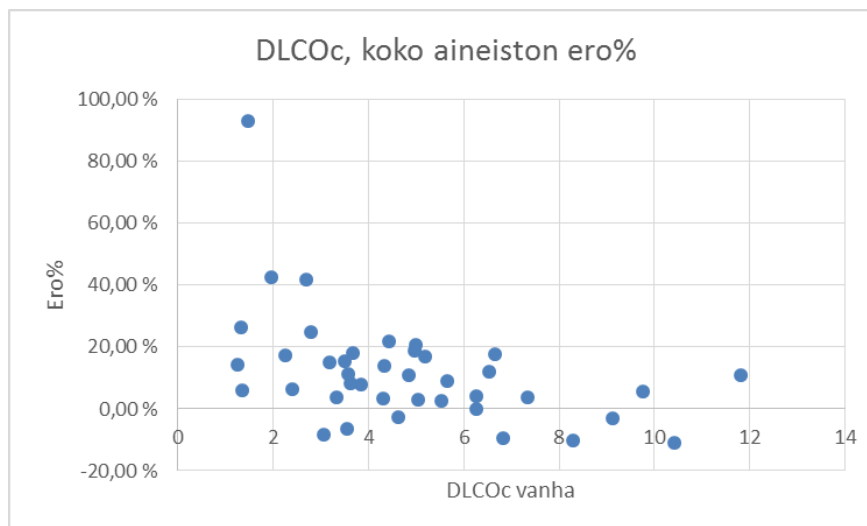
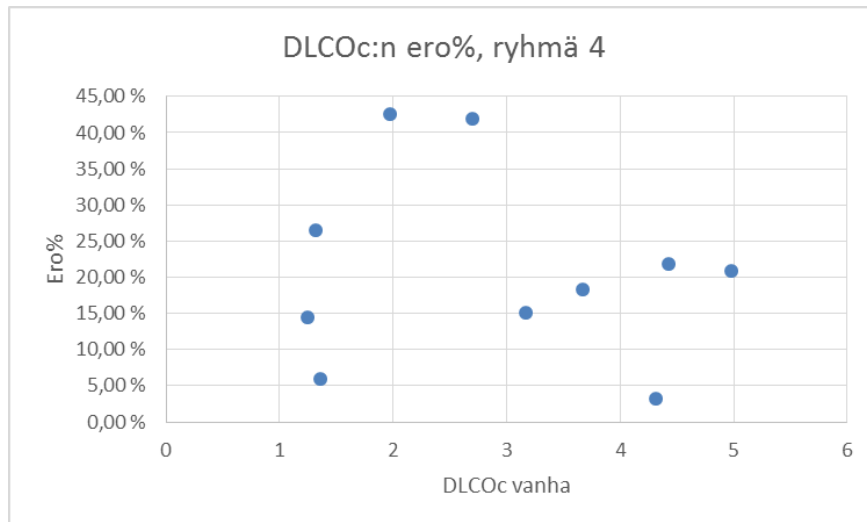
Liite 2 - Eroprosenttien pistekaaviot diffuusiokapasiteettisuureiden osalta
DLCO:n eroprosentti pistekaaviot



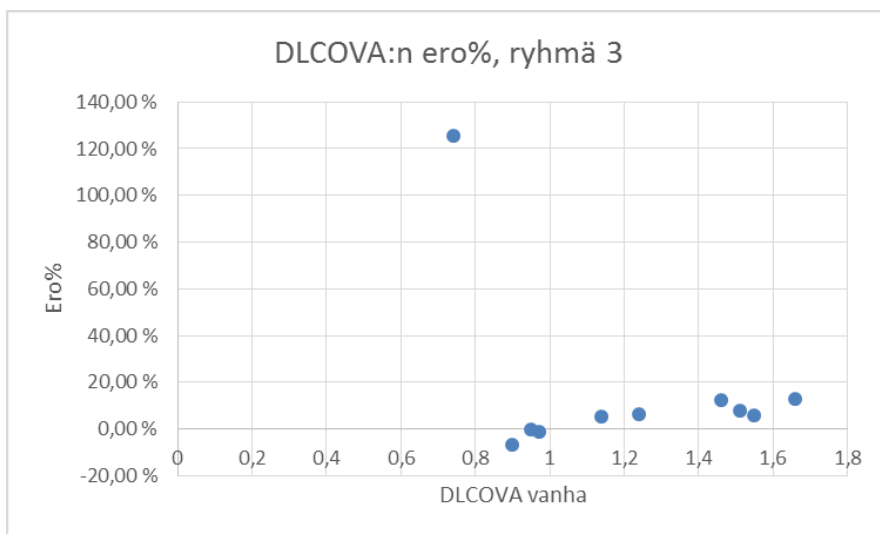
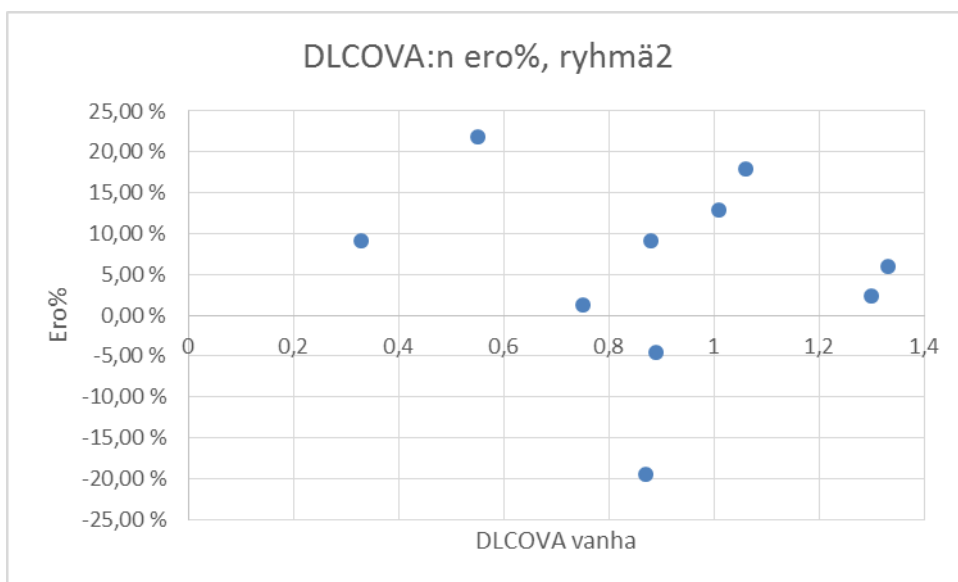
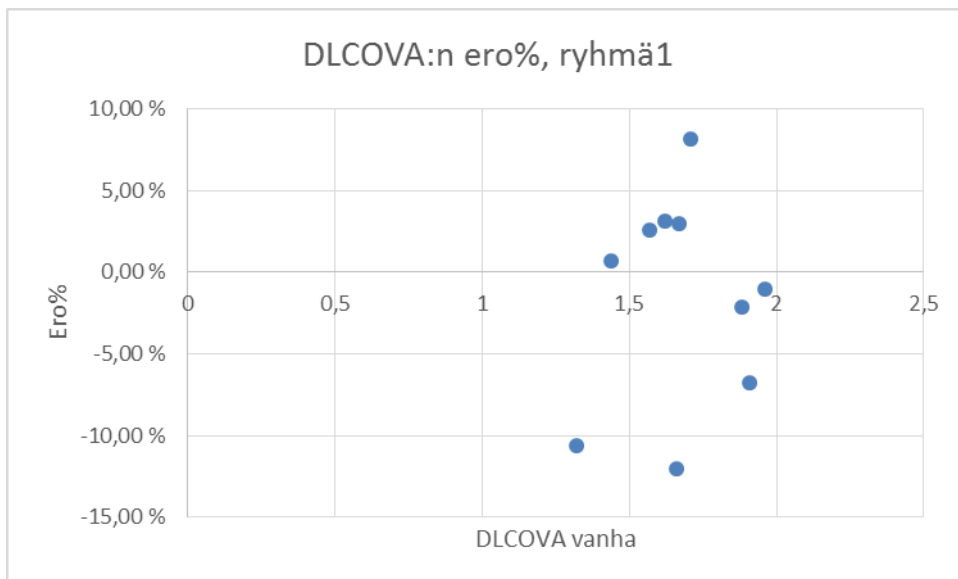


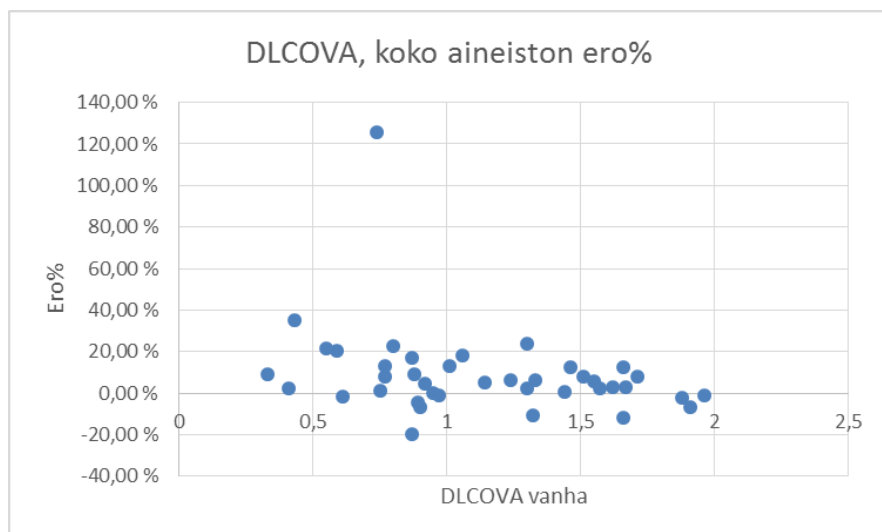
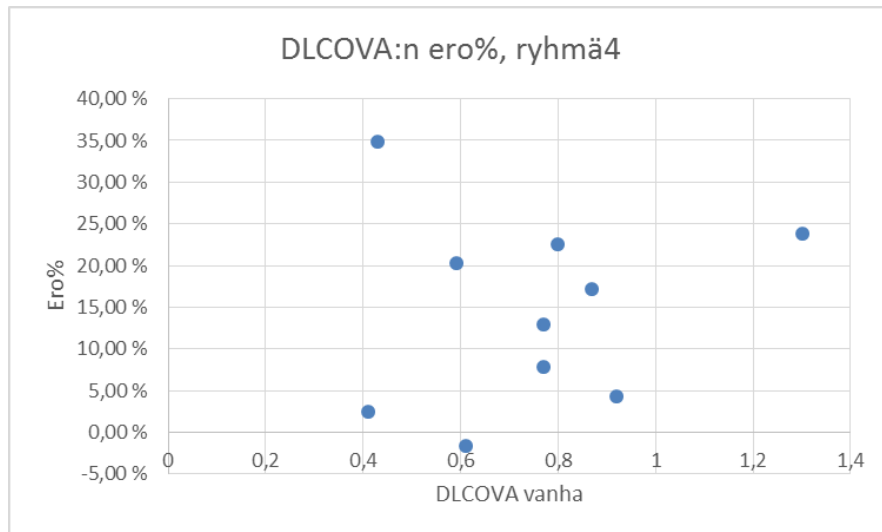
DLCOc:n eroprosenttien pistekaaviot



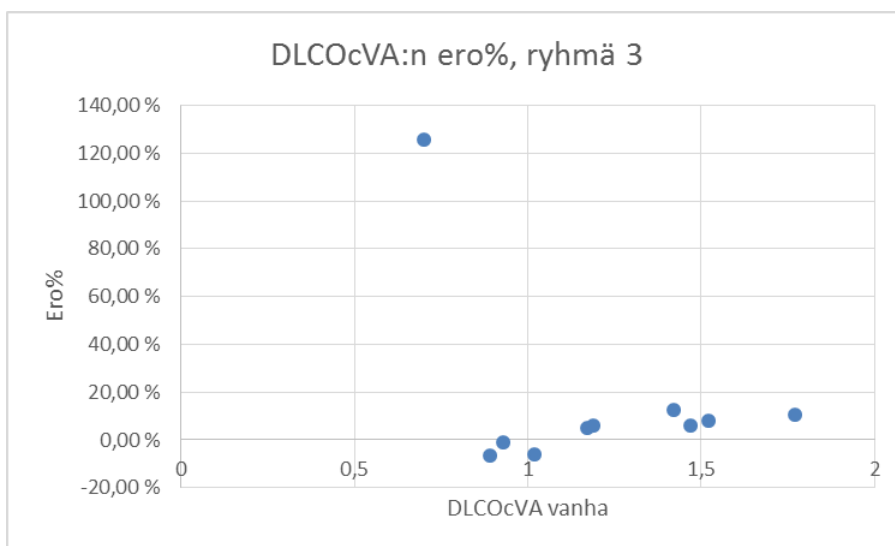
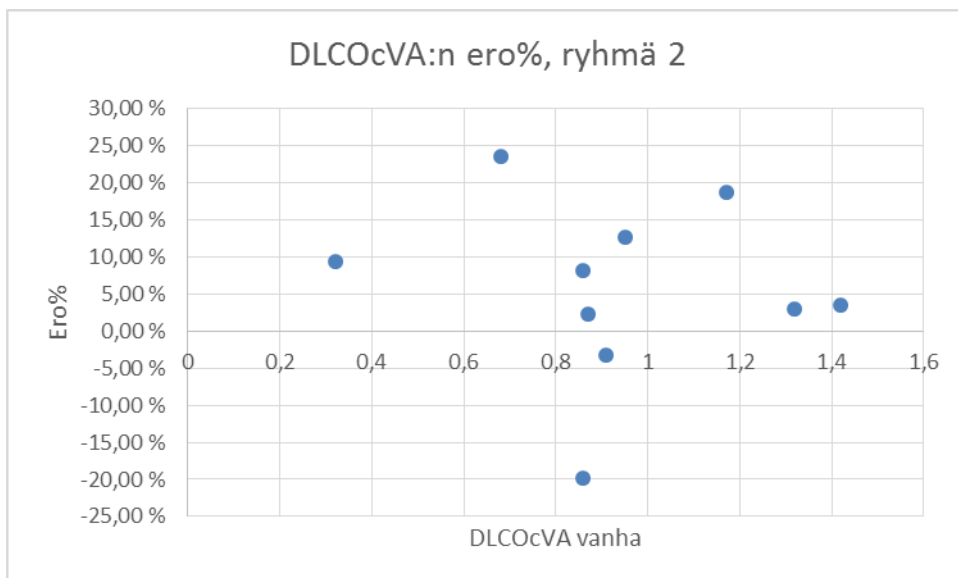
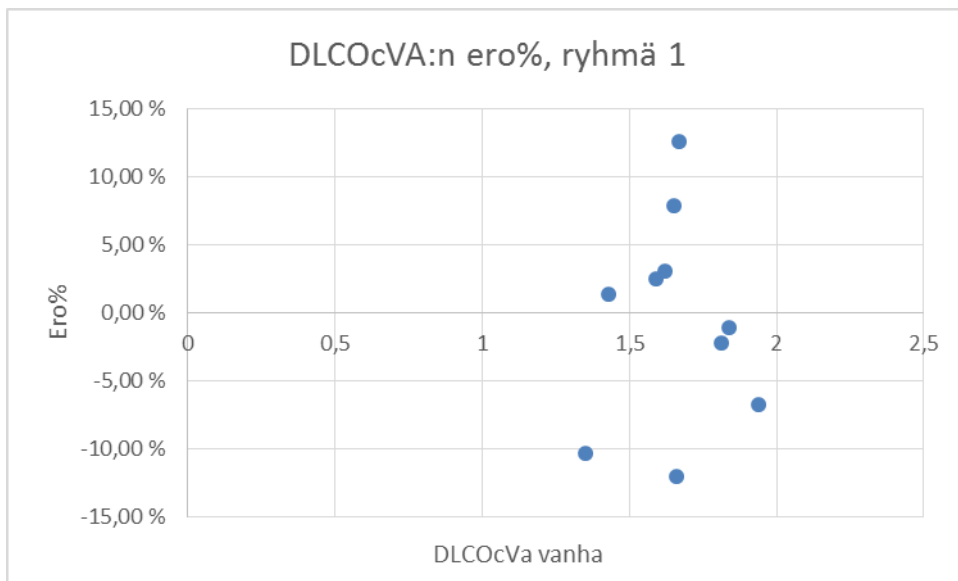


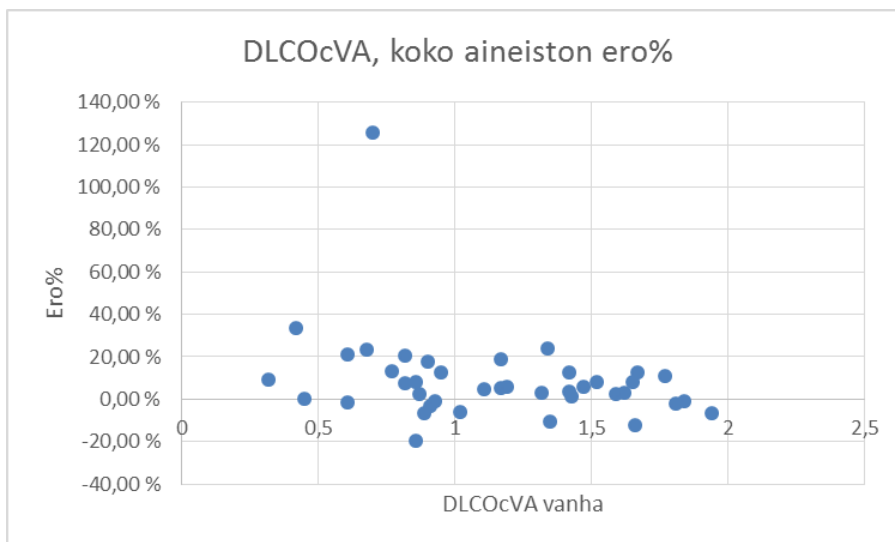
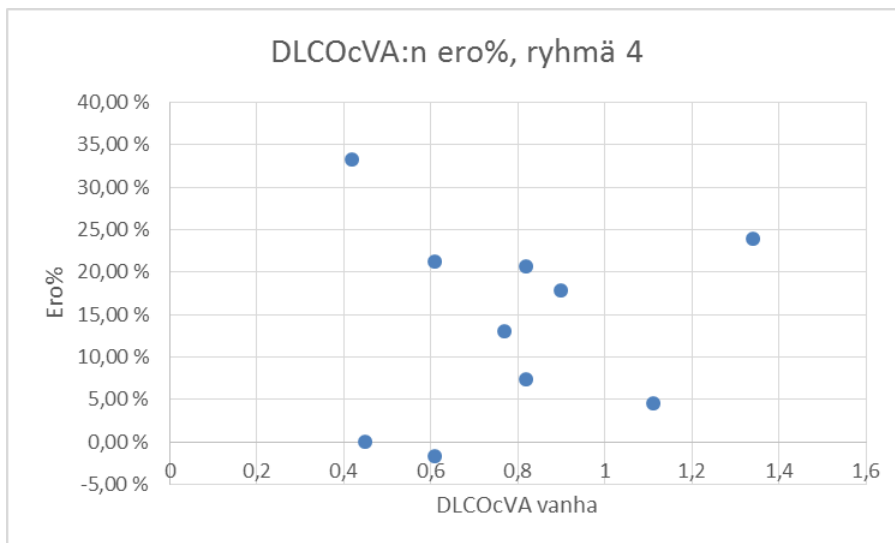
DLCO/VA:n ero prosenttien pistekaaviot





DLCOc/VA:n eroprosenttien pistekaaviot





Liite 3 - Kuvaileva aineisto tutkimushenkilöistä

Potilas	ryhmä	Tutkimushenkilöt:		yleiset tiedot			spirometria			vanha laite			uusi laite					
		ryhmä	dg	ikä	sukup.	paino	pituus	FVC	FVC%	FEV1	FEV1%	TA	SV(L)	DV(L)	BHT	SV(L)	DV(L)	muuta
1	1	terve		29	N	68	171	3,69	84	3,14	83	10,65	0,6	0,75	11,09	0,6	0,77	
2	1	terve		25	N	75	165	4,73	114	4,09	112	10,7	0,6	0,75	10,66	0,6	0,77	
3	1	terve		54	N	58	157	3,69	110	2,95	109	11	0,6	0,75	10,8	0,59	0,78	
4	1	terve		37	M	73	174	5,2	97	4,15	95	10,5	0,6	0,75	10,6	0,6	0,77	
5	1	terve		58	N	84	169	2,67	82	2,29	83	10,9	0,6	0,75	10,98	0,59	0,77	
6	1	terve		30	M	71	182	5,35	91	4,63	95	10,75	0,6	0,75	11,18	0,6	0,76	
7	1	terve		27	N	60	167	4,4	103	3,69	100	11,05	0,6	0,75	10,56	0,61	0,77	
8	1	terve		24	N	57	169	4,14	95	3,21	84	10,65	0,6	0,75	10,88	0,59	0,76	
9	1	terve		34	N	50	160	4,17	108	3,6	110	10,95	0,6	0,75	11,06	0,6	0,76	
10	1	terve		38	N	75	156	3,83	107	2,69	89	10,85	0,6	0,75	11,44	0,6	0,76	
11	2	astma,COPD		61	N	89	161	1,97	63	1,51	60	10,95	0,6	0,75	10,92	0,59	0,77	
12	2	COPD		70	M	61	172	4,12	110	2,32	69	11,15	0,6	0,75	10,57	0,6	0,75	
13	2	COPD,fibr.		71	M	79	160	2,59	75	1,99	68	11,35	0,6	0,75	11,43	0,59	0,76	
14	2	COPD		76	M	71	175	3,64	94	1,29	41	11,95	0,6	0,75	11,57	0,6	0,76	
15	2	COPD,tuumori		71	N	75	158	1,94	74	1,43	69	11,7	0,6	0,75	12,02	0,59	0,76	
16	2	COPD		66	M	79	170	2,65	65	1,29	39	10,95	0,6	0,75	10,85	0,59	0,76	
17	2	COPD-epäily		69	M	78	178	2,04	47	1,33	38	11,45	0,6	0,75	11,73	0,6	0,75	
18	2	COPD		77	M	62	164	1,99	59	1,12	40	11,85	0,6	0,75	11,38	0,59	0,76	
19	2	COPD		68	M	62	168	2,99	76	1,09	34	10,85	0,6	0,75	11,62	0,6	0,86	SS
20	2	astma,COPD		64	N	79	170	2,59	79	1,09	42	12,3	0,6	0,75	12,52	0,6	0,75	
21	3	sarkoidoosi		48	N	65	162	2,1	58	1,75	59	11,85	0,6	0,75	11,99	0,6	0,75	
22	3	NSIP-fibroosi		82	N	71	167	2,45	99	1,9	98	11,55	0,6	0,75	11,68	0,59	0,77	
23	3	NSIP-muutoks.		67	M	90	175	2,71	64	2,27	66	11,25	0,6	0,75	11,06	0,59	0,77	

Kuvaileva aineisto tutkimushenkilöistä 1-23.

Taulukossa TA ja BHT = hengityksen pidätysaika (s). SV = näyttilavuus.

DV = hukkatilavuus. SS = SentrySuite -asetus käytössä.

24	3	CREST	67	N	59	144	1,58	70	0,99	54	12,05	0,6	0,75	11,11	0,59	0,76	
25	3	infiltr. selvittely	29	M	46	164	1,98	46	1,58	43	11,15	0,6	0,75	11,02	0,59	0,76	
26	3	kollagenoosi/nsip	20	M	72	180	3,46	64	3	66	11	0,6	0,75	10,93	0,59	0,77	
27	3	fibroosi,astma	41	M	81	178	3,48	64	2,75	62	10,5	0,6	0,75	10,44	0,57	0,81	SS
28	3	sarkoidoosi	76	N	69	163	1,31	51	0,88	43	11,6	0,6	0,6	11,33	0,22	0,6	SS
29	3	CTEPH	57	N	50	160	2	63	1,37	53	11,25	0,6	0,75	11,73	0,6	0,75	
30	3	fibroosi	65	M	81	175	3,21	73	2,58	73	10,6	0,6	0,75	10,83	0,6	0,78	
31	4	ilm. COPD	72	N	61	167	1,65	58	1	44	12,2	0,6	0,75	12,07	0,59	0,76	
32	4	COPD	68	N	56	155	1,96	76	0,99	48	12,7	0,6	0,75	11,52	0,59	0,76	
33	4	COPD	66	M	77	173	2,05	48	0,8	23	11,3	0,6	0,75	11,4	0,6	0,76	
34	4	COPD	71	N	58	152	1,84	77	0,63	33	12	0,6	0,75	12,8	0,6	0,75	
35	4	COPD, tuumori	70	N	65	157	1,62	63	0,85	41	11,6	0,6	0,75	11,52	0,54	0,87	SS
36	4	COPD	69	M	85	178	3,31	76	0,94	27	12,4	0,6	0,75	11,59	0,6	0,75	
37	4	ilm. COPD	68	N	59	160	1,62	59	0,63	29	11,9	0,6	0,75	12,99	0,6	0,75	
38	4	COPD	67	N	51	168	1,83	59	0,58	23	12	0,6	0,6	11,95	0,6	0,49	SS
39	4	COPD	62	M	104	172	1,62	37	0,81	23	10,65	0,6	0,75	11,73	0,59	0,75	
40	4	COPD, tuumori	71	N	50	156	1,6	64	0,87	43	11,2	0,6	0,75	11,25	0,59	0,42	SS
1	2(ylim.)	emfyseema, fibr.	76	N	49	162	2,11	82	1,75	87	10,55	0,6	0,6	10,73	0,6	0,75	SS
2	3 (ylim.)	sklerodema	46	M	71	166	3,39	84	2,75	82	11,95	0,6	0,75	11,77	0,6	0,76	
3	3 (ylim.)	fibroosi	66	N	144	161	1,48	52	0,91	40	11,25	0,6	0,6	11,04	0,59	0,47	SS
4	3 (ylim.)	infiltraatit	54	N	71	154	2,55	84	1,99	80	11,5	0,6	0,75	11,15	0,58	0,78	
5	4(ylim.)	keuhkonsiirto	69	M	76	169	1,56	40	0,82	25	6,85	0,6	0,6	7,51	0,47	0,75	SS
6	4(ylim.)	COPD	68	N	76	160	1,98	71	0,76	34	11,25	0,6	0,6	11,85	0,59	0,71	SS

Kuvaileva aineisto tutkimushenkilöistä 24-40 ja ylimääräiset tutkimushenkilöt 1-

6.

Taulukossa TA ja BHT = hengityksen pidätysaika (s). SV = näytetilavuus. DV = hukattilavuus. SS = SentrySuite -asetus käytössä.

